

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

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**ESTUDIO SOBRE EL EFECTO DE LA MEDICACIÓN INTRADUCTO CON
ÓXIDO DE GRAFENO EN LA PENETRACIÓN DEL CEMENTO AH PLUS EN LA
OBTURACIÓN RADICULAR**

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

PRESENTA

C.D. FERNANDA MICHELLE VARGAS MACHADO

PRESIDENTE

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARILLO VÁRGUEZ

SINODAL

MC. OSCAR RENE BOLAÑOS

SINODAL

DRA. HAYDEE GÓMEZ LLANOS JUÁREZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

AGOSTO 2021

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 28 de Junio del 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **“Estudio sobre el efecto de la medicación intraconducto con oxido de grafeno en la penetración del cemento AH plus en la obturación radicular”**.

Propuesto por el **C.D. Fernanda Michelle Vargas Machado** fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

A T E N T A M E N T E



Dra. Eva Viviana Sarmiento Gutiérrez

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 28 de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **“Estudio sobre el efecto de la medicación intraconducto con oxido de grafeno en la penetración del cemento AH plus en la obturación radicular”**.

Propuesto por el **C.D. Fernanda Michelle Vargas Machado**, 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 CARILLO VÁRGUEZ
SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 28 de Junio del 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **"Estudio sobre el efecto de la medicación intraconducto con oxido de grafeno en la penetración del cemento AH plus en la obturación radicular"**.

Propuesto por el **C.D. Fernanda Michelle Vargas Machado** fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



MC. OSCAR RENE BOLAÑOS
SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 28 de Junio del 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **“Estudio sobre el efecto de la medicación intraconducto con oxido de grafeno en la penetración del cemento AH plus en la obturación radicular”**.

Propuesto por el **C.D. Fernanda Michelle Vargas Machado** fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

A T E N T A M E N T E



DRA. HAYDEE GÓMEZ LLANOS JUÁREZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

**ESTUDIO SOBRE EL EFECTO DE LA MEDICACIÓN INTRACONDUCTO CON
ÓXIDO DE GRAFENO EN LA PENETRACIÓN DEL CEMENTO AH PLUS EN LA
OBTURACION RADICULAR**

PRESENTA

C.D. FERNANDA MICHELLE VARGAS MACHADO

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)



DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODALES





DRA. ANA GABRIELA CARILLO
VÁRGUEZ

MC. OSCAR RENE BOLAÑOS



DRA. HAYDEE GÓMEZ LLANOS JUÁREZ

Tijuana, Baja California, 28 de Junio del 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento eterno a mis papás por su apoyo incondicional para alcanzar mis metas, a mis hermanos por la motivación para superarme personalmente, a mi novio por darme fortaleza y apoyarme en esta nueva etapa profesional en mi vida y por ultimo a Dios que siempre está conmigo.

Quiero dedicar este trabajo a mi primo Marco Machado, que ya no se encuentra con nosotros, por darme la fuerza necesaria para alcanzar este logro.

Agradezco a la doctora Gabriela Carrillo por su tiempo, dedicación y sus enseñanzas, al igual que a todos los docentes que participaron en mi formación y por brindarme el conocimiento necesario para poder ejercer esta especialidad.

A mi directora de tesis la Dra. Viviana Sarmiento por su paciencia, sus consejos profesionales, y su tiempo invertido para poder realizar esta investigación. Al igual agradezco a mis sinodales por el apoyo y la dedicación.

A mis 13 compañeros por aguantarme tantas horas haciendo proyectos y tareas juntos. Esta etapa fue difícil, ya que vivimos una pandemia, pero siempre nos ayudamos y nos apoyamos para salir adelante como un equipo.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Un especial agradecimiento a CONACYT por la beca otorgada con el número CVU: 1008225.

A la Universidad Autónoma de Baja California mi alma mater por permitirme realizar mis estudios como especialista.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	1
2.1. ENDODONCIA.....	1
2.2. ANATOMIA PULPAR Y RADICULAR.....	1
2.2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONDUCTO	1
2.3. MICROBIOLOGÍA EN ENDODONCIA.....	3
2.3.1. BIOFILM.....	4
2.4. INFECCIÓN ENDODÓNTICA.....	5
2.5. DIAGNÓSTICO PULPAR	6
2.6. TRATAMIENTO PULPAR.....	7
2.6.1. TRATAMIENTO EN PULPA VITAL	7
2.6.2. TRATAMIENTO EN PULPA NECRÓTICA	8
2.7. MEDICACIÓN INTRACONDUCTO	9
2.7.1. OXIDO DE GRAFENO	10

2.8. OBTURACION RADICULAR.....	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
IV. JUSTIFICACIÓN	18
V. HIPÓTESIS.....	19
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	19
5.2. HIPÓTESIS NULA	19
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	19
VI. OBJETIVOS	20
6.1. OBJETIVO GENERAL	20
6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	20
VII. VARIABLES	21
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	21
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	21
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	22
8.1. TIPO DE ESTUDIO.....	22
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO.....	22
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL	22
8.4. METODOLOGÍA	23
8.4.1. INSTRUMENTACIÓN	24

8.4.2. COLOCACIÓN DE MEDICACIÓN INTRACONDUCTO CON GRAFENO....	25
8.4.3. ELIMINACIÓN DE MEDICACION INTRACONDUCTO	26
8.4.4. OBTURACIÓN	26
8.4.5. PRUEBA DE FILTRACIÓN CON AZUL DE METILENO	28
8.4.6 EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS DE FILTRACIÓN POR MEDIO DE AZUL DE METILENO AL 2%.	29
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
IX. RESULTADOS	32
9.1. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS DE FILTRACION CON AZUL DE METILENO AL 2%.....	32
X. DISCUSIÓN	35
XI. CONCLUSIONES.....	38
XII. RECOMENDACIONES	39
XIII. BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cemento AH PLUS	14
Figura 2 Premolares recolectados para la evaluación.....	23
Figura 3 Remoción de la corona clínica	23
Figura 4 A) Conductometría, B) Trabajo biomecánico con sistema rotatorio Protaper Next.....	24
Figura 5. Irrigación manual.....	24
Figura 6. Polvo-liquido grafeno y solución salina.	25
Figura 7. A) Porta amalgama con grafeno. B) Condensación	25
Figura 8. Eliminación de medicación con ultrasonido.....	26
Figura 9. Obturación con técnica de condensación lateral.	27
Figura 10. Tubo eppendorf con agua bidestilada	27
Figura 11. Separación de muestras	28
Figura 12. Muestra con azul de metileno al 2%.....	28
Figura 13. Muestras en incubación.	29
Figura 14. Muestras: A-Control, B- GRC, C- GR.....	29
Figura 15. Calibración de la imagen en μm	30
Figura 16. A) Medición apico coronal. B) Medición cemento-dentina.....	30
Figura 17. Grafica de promedio de microfiltración apical, donde la diferencia significativa ($p < 0.05$) es marcada con un asterisco (*).	33
Figura 18. Grafica de promedio de microfiltración horizontal donde la diferencia significativa ($p < 0.05$) es marcada con un asterisco (*).	34

LISTA DE ABREVIATURAS

NaOCl	Hipoclorito de sodio
Ca(OH) ₂	Hidróxido de calcio
GO	Óxido Grafeno
GOCa	Óxido Grafeno calcio
°C	Centígrados

I. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial grado de interferencia de derivados de grafeno, cuando se aplican como medicamentos intraconductos, en la capacidad de penetración de los cementos: AH Plus

Como metodología se utilizaron 36 premolares uniradiculares que se decoronaron y se instrumentaron con Protaper Next hasta la lima X3, después los conductos se medicaron con los derivados de grafeno durante 7 días en una incubadora a 37 grados. Se retiraron para eliminar la medicación mediante un protocolo activación ultrasónica con NaOCL al 5.25%, después fueron obturados con el cemento AH Plus utilizando la técnica de condensación lateral. Para la prueba de filtración las muestras se sumergen en azul de metileno al 2% durante 7 días, los dientes se seccionaron de forma longitudinal para poder ser evaluados en el programa Image J. Los datos fueron analizados mediante pruebas no paramétricas ANOVA y Tuckey donde el valor de $p > 0.05$.

Los resultados obtenidos fueron que no se encontró diferencia significativa en la filtración de los derivados de grafeno con el grupo control de forma apico coronal, sin embargo de forma horizontal si se observó diferencia significativa entre el grupo de grafeno calcio con el grupo control.

En conclusión todas las muestras se observó filtración de azul de metileno sin embargo en la muestra donde se utilizó medicación intraconducto con grafeno calcio se mostró una diferencia significativa respecto a los otros grupos.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es la disciplina de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y tejidos perirradiculares (1).

Se ha postulado que el éxito de un tratamiento de conductos se basa en la triada endodóntica compuesta por: desbridamiento, desinfección y obturación. Para poder realizar dicho tratamiento se debe tener profundo conocimiento de varios temas como lo son: componentes del sistema de conducto, anatomía radicular, anatomía apical, bacterias existentes en dichos conductos, materiales de medicación intraconducto, protocolos de irrigación y materiales para la obturación (2).

El propósito de un tratamiento de endodoncia es erradicar la infección del sistema de conductos radiculares y prevenir una mayor contaminación. Estos objetivos deben cumplirse con una cuidadosa preparación quimiomecánica, desinfección y con el uso de diques de goma e instrumentación adecuada (3).

2.2. ANATOMIA PULPAR Y RADICULAR

2.2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONDUCTO

El sistema de conducto radicular se define como el espacio dentro de la dentina que contiene pulpa dental. Este se divide en dos porciones: cámara pulpar y conductos radiculares. También se presentan ciertas características morfológicas como: cuernos pulpares, conductos accesorios, laterales, deltas apicales, y forámenes apicales (2).

La cámara pulpar contiene un tejido muy importante llamado pulpa esta se define como un tejido conjuntivo laxo de origen mesenquimatoso rodeado por paredes de dentina que la protege y con la que constituyen una unidad llama el complejo dentino-pulpar (4).

Anatómicamente en los dientes anteriores la cámara pulpar y el conducto radicular son continuos, pero en los dientes posteriores el piso de la cámara pulpar separa a estos dos componentes. En premolares y molares es de forma cuadrada y sus partes son: el piso, el techo y sus cuatro paredes axiales (mesial, distal, bucal y lingual). El techo de la cámara pulpar suele presentar proyecciones hacia las cúspides llamados cuernos pulpares (5).

Histológicamente la pulpa contiene células (macrófagos, fibroblastos, linfocitos), fibras colágenas y reticulares, sustancia fundamental amorfa, liquido tisular, vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, otra característica importante es que en la superficie de la pulpa existe una capa de odontoblastos, estos se encargaran de producir dentina para proteger a la pulpa de agentes agresores (bacterias) (4,6).

Cuando la dentina está en constante exposición de agentes agresores, la capa de células odontoblasticas seguirá produciendo dentina secundaria y terciaria a lo largo de la vida del paciente, esto provocara disminución de las dimensiones del espacio pulpar, conduciendo a que nuestros conductos se calcifiquen (5).

La dentina es un tejido mineral que va a proteger a la pulpa de los agentes agresores y está compuesto del 70% de hidroxapatita, 20% de fibras colágenas y 10% de agua, otro de sus componentes son los túbulos dentinarios estos abarcan el 1% de la dentina superficial al 30% de la dentina profunda, estos miden entre 1 y 2,5 micras de diámetro, son cónicos con la porción más ancha hacia la pulpa (2,6).

El conducto radicular es el espacio dentro de la raíz del diente, limitada por la cámara pulpar y el foramen que sigue el contorno externo de la raíz, este se puede subdividir en dos componentes: el conducto principal y los componentes laterales compuestos por itsmos y conductos accesorios (5).

Otro tejido importante es el periodonto de inserción con 3 componentes: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. La unión metabólica del ligamento periodontal hacia la región del ápice radicular recibe el nombre de tejidos periapicales(7).

Para poder diagnosticar si nuestro órgano dentario está afectado (vital o necrótico) debemos revisar todas las estructuras descritas: complejo dentino-pulpar, así como los tejidos periapicales. Las herramientas auxiliares de diagnóstico como la revisión clínica y radiográfica marcaran la pauta para abordar el tejido pulpar y realizar un buen tratamiento de conductos (8).

2.3. MICROBIOLOGÍA EN ENDODONCIA

Los microorganismos en la enfermedad endodóntica se han establecido durante 55 años descrito por Kakeshi en 1965. Cuando el esmalte y la dentina están intactos, protegen a la pulpa, si esta protección se rompe, algunas microorganismos pueden penetrar hasta ella. Aunque existen diversas formas para que los microorganismos lleguen a la pulpa, la más frecuente es la caries (4,9).

La infección microbiana va a producir una inflamación en los tejidos periapicales que va a provocar una restricción sanguínea a la pulpa, debilitando su capacidad para poder responder, lo que conduce a daño pulpar irreversible y necrosis pulpar. Este grado de inflamación va a depender de la cantidad de células microbianas existentes en el conducto radicular, de su virulencia y la respuesta del huésped. La virulencia es la capacidad de los microorganismos de causar daño al huésped, algunas de las características de estos factores de

virulencia son: toxinas, enzimas hidrolíticas y diversas proteínas, otro factor importante es la capacidad de formar biopelículas (3).

2.3.1. BIOFILM

El biofilm o biopelocula se describe como agregados microbianos adheridos a una superficie viva o no viva incrustada dentro de sustancias poliméricas extracelulares de origen bacteriano (10).

Las biopelículas celulares se encuentran en el 74% al 80% de los dientes con periodontitis apical, la característica más importante del biofilm es la producción de sustancia polimérica extracelular que protege a la célula microbiana de agresiones ambientales. Para poder sobrevivir ellas se comunican produciendo pequeñas moléculas que les permitan detectar la densidad de población a su alrededor llamado quorum sensing, esta forma de comunicación va ayudar a las células regulando su metabolismos y fisiología, aumentando su producción de toxinas y de sustancia polimérica extracelular. Por lo tanto para poder destruir esta tipo de infecciones por biopelículas se debe llevar a cabo mediante preparación mecánica (3,10).

Las biopelículas celulares se forman sobre la pared del conducto radicular, pero algunas células pueden penetrar los tubulos dentinarios, estas bacterias pueden llegar a penetrar dos tercios de grosor de la dentina. Existen más tubulos dentinarios en la parte coronal y media de la raíz sin embargo, en la parte apical existen diversos conductos adicionales como los delta apicales que serán difícil de instrumentar e irrigar, por consecuente la preparación biomecánica tiene como objetivo ensanchar el conducto para reducir la carga infecciosa y permitir el acceso de nuestros irrigantes al túbulo infectado (10).

2.4. INFECCIÓN ENDODÓNTICA

Determinar la composición microbiana y la diversidad microbiana en la infección endodóntica es esencial para desarrollar un enfoque terapéutico que pueda mejorar los resultados clínicos. La flora observada en la infección primaria es de origen polimicrobiano con bacterias gram positivas y gram negativas dominadas por anaerobios obligados. En la infección persistente o secundaria se observan anaerobios facultativos gram positivos (9).

La infección primaria es la infección del tejido necrótico de la pulpa, donde los microorganismos participantes pueden ser desde la primera invasión (caries) que ha culminado en la inflamación provocando una necrosis pulpar. Las bacterias predominantes en esta infección son: gram negativas (*Fusobacterium*, *Dialister*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Tannerella*, *Treponema*, *Campylobacter* y *Veillonella*) y grampositivas (*Parvimonas*, *Filifactor*, *Pseudoramibacter*, *Olsenella*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus*, *Streptococcus*, *Propionibacterium* y *Eubacterium* (2,3)

La infección secundaria o persistente es aquella donde los microorganismos han resistido a los procedimientos microbianos dentro del conducto y sobrevivido en un conducto tratado. Algunas de las bacterias que se pueden encontrar en esta infección son: *Streptococcus*, *P. micra*, *Actinomyces*, *Propionibacterium*, *P. alactolyticus*, *Lactobacillus*, *E. faecalis*, *Olsenella uli* y *Candida Albicans* (2,7).

Se han realizado pruebas de muestreo microbiológico para detectar que bacterias existen en las infecciones persistentes. Ciertas especies microbianas como *E. faecalis*, *Enterobacteriaceae* y *C. albicans* se asocian con infecciones persistentes. Su persistencia puede explicarse por su tolerancia a los antimicrobianos y su capacidad para sobrevivir en un ambiente deficiente en nutrientes (3).

Una de las bacterias más importantes, persistentes y utilizada en estudios de endodoncia es el *E. faecalis*, este es un coco gram positivo facultativo

anaerobio, tiene una alta capacidad para invadir los tubulos dentinarios, tiene una alta resistencia al estrés alcalino y puede afectar las respuestas inflamatorias (9).

Otro hallazgo importante en estas infecciones persistentes es que existen varias especies de hongos como: *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. guilliermondii*, *C. tropicalis* y *C. krusei*, siendo la más predominante la *C. albicans*. Este patógeno fúngico puede interactuar con diferentes bacterias en una variedad de formas (9). Se ha demostrado que la *E. faecalis* se incorpora a las biopelículas de *C. albicans*, adhiriéndose tanto a las formas de levadura como las de hifas, facilitando su penetración a los tubulos dentinarios (11).

2.5. DIAGNÓSTICO PULPAR

La Asociación Americana de Endodoncia publicó en el 2009 la terminología diagnóstica pulpar y periapical de manera oficial para una mejor aplicabilidad clínica (1).

Pulpa normal.

Características clínicas: libre de síntomas, responde positivamente dentro de parámetros normales a las pruebas de sensibilidad. Características radiográficas: sin alteración periapical (1).

Pulpitis reversible.

Características clínicas: no existen antecedentes de dolor espontáneo, dolor transitorio provocado por estímulos: frío, calor y dulce, pruebas de sensibilidad positiva. Características radiográficas: no presenta cambios (1).

Pulpitis irreversible sintomática.

Características clínicas: dolor a los cambios térmicos, dolor referido, dolor que disminuye con el frío y aumenta con el calor, pruebas de sensibilidad positivas, dolor permanece después de retirar el estímulo, dolor a la percusión.

Características radiográficas: engrosamiento del ligamento periodontal, zona radiolúcida de la corona compatible con caries (1).

Pulpitis irreversible asintomática.

Características clínicas: no hay síntomas clínicos, exposición pulpar por caries, pruebas de sensibilidad positiva con respuesta anormal prolongada. Características radiográficas: sin alteración periapical (1).

Necrosis pulpar

Características clínicas: no responde a pruebas de sensibilidad, cambio de color coronal, puede presentar movilidad y dolor a la percusión, puede encontrarse el conducto abierto hacia la cavidad oral. Características radiográficas: ensanchamiento del ligamento periodontal, radiolucidez de la corona compatible con caries (1).

Previamente tratado

Características clínicas: indica diente tratado endodónticamente. Características radiográficas: no existen cambios en los tejidos de soporte, conducto radicular obturado (1).

Previamente iniciado

Características clínicas: indica que el diente ha sido iniciado previamente con una pulpotomía o pulpectomía. Características radiográficas: no existen cambios en tejido de soporte (1).

2.6. TRATAMIENTO PULPAR

2.6.1. TRATAMIENTO EN PULPA VITAL

El tratamiento de elección cuando se presenta una pulpitis irreversible sintomática o asintomática es la pulpectomía. Este procedimiento se realiza

principalmente para prevenir el desarrollo de un curso destructivo de la inflamación pulpar, el cual puede provocar infección en el conducto radicular (7).

La pulpectomia consta de tres pasos principales: remoción del tejido pulpar, preparación biomecánica y obturación del espacio obtenido en el conducto radicular (2,7).

El uso de instrumentos rotatorios y manuales acompañados de irrigación va mejorar la disolución de tejidos orgánicos e inorgánicos. La instrumentación tiene como objetivo perturbar físicamente las biopelículas microbianas, eliminar la dentina infectada, proporcionar una forma que permita la penetración de los irrigantes y la colocación del material de obturación radicular (9).

Existen diversos agentes irrigantes que nos ayudaran a la desinfección del conducto. Uno de los irrigantes más utilizados en endodoncia es el hipoclorito de sodio por su buena actividad antimicrobiana, capacidad de disolución de tejidos y actividad frente a las biopelículas bacterianas, otro auxiliar es el hidróxido de calcio como medicación intraconducto y para la degradación de tejido inorgánico se utiliza el ácido etilendiaminotetraacético (3,12).

Otro factor importante es la activación de nuestro irrigante, esto se puede lograr manualmente o mediante activación sónica o ultrasónica, desinfección fotoactivada o irrigación activada con láser. En general, está ampliamente aceptado que la activación del irrigante mediante agitación da como resultado una mayor reducción de la carga microbiana en comparación con la irrigación manual utilizando aguja convencional (9).

2.6.2. TRATAMIENTO EN PULPA NECRÓTICA

El tratamiento en pulpa necrótica se inicia para eliminar la infección del conducto radicular, aliviando así las lesiones inflamatorias del tejido periapical. Los objetivos de este tratamiento es eliminar las bacterias residentes del conducto radicular y proporcionar medidas para que la infección del conducto radicular no recurra (7).

Se comenzara realizando una pulpectomia pero cuando se presenta necrosis con o sin patología periapical, el contenido microbiano y toxico van a determinar la elección de sustancias antisépticas como la mediación intraconducto (2).

2.7. MEDICACIÓN INTRACONDUCTO

La medicación intraconducto se define como el procedimiento de colocación de un fármaco en el interior de la cavidad pulpar entre sesiones necesarias para la conclusión del tratamiento de conductos. Al seleccionar el tipo de medicación intraconducto es necesario considerar: cantidad para ejercer el efecto necesario y que no dañe los tejidos circundantes, localización para realizar el efecto deseado y tiempo de aplicación para saber que tanto tiempo dura la sustancia activas (4).

El medicamento de elección ideal es el Hidróxido de Calcio introducido para su uso en endodoncia por B. W. Herman en 1920, este se describe como un polvo blanco y alcalino poco soluble en agua, se utiliza por su gran poder antiséptico y por su propiedad para estimular la reparación. Su mecanismo de acción es por contacto directo a las paredes dentinarias, con presencia de agua se va producir la ionización del hidróxido de calcio y va crear un ambiente alcalino que va tornar inadecuado el ambiente para la supervivencia de las bacterias (7).

Estrela menciona en el 2003 que el mecanismo de acción del hidróxido de calcio sobre los microorganismos puede explicarse por la influencia del pH en el crecimiento, el metabolismo y la división celular bacteriana. Este va a producir una inactivación enzimática bacteriana irreversible en algunas bacterias como: *S. mutans*, *E. faecalis*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, *C. albicans* (13).

Pero nuevos estudios realizados han descubierto que aunque el hidróxido de calcio tiene efectos antimicrobianos estos se reducen significativamente en la presencia de *E. faecalis* y *C. albicans*, estos efectos pueden mejorarse incorporando diferentes compuestos, por ejemplo se demostró que utilizando

hidróxido de calcio y gel de clorhexidina, otra combinación sería una mezcla de pasta de hidróxido de calcio con partículas de quitosano y por último la combinación de hidróxido de calcio con nanopartículas de plata (9).

Otro estudio realizado por Evans y cols. busco aclarar los mecanismos que permiten a la *E. faecalis* sobrevivir al alto pH del hidróxido de calcio, ellos encontraron que la supervivencia de *E. faecalis* en hidróxido de calcio parece no estar relacionada con la síntesis de proteínas inducida por estrés, pero una bomba de protones en funcionamiento es fundamental para la supervivencia de *E. faecalis* a un pH alto (14).

La combinación del hidróxido de calcio con otros componentes ha creado un nuevo horizonte en la medicación intraconducto, la utilización de los derivados de grafeno en combinación con el hidróxido de calcio puede llegar a ser un candidato prometedor para odontológica (15).

2.7.1. OXIDO DE GRAFENO

La aplicación y el desarrollo de nuevos biomateriales así como los avances en la biología de la pulpa, han logrado proponer nuevas ideas para la preservación de la pulpa dental, una de ellas es la terapia regenerativa con la aplicación de óxido de grafeno (16).

En la historia se sostenía la teoría que los materiales bidimensionales (2D) eran muy inestables y que no podían existir por su inestabilidad termodinámica, desde 1849 a 1958 comenzó el estudio del óxido de grafeno por Hummers y Brodie, en 1986 fue introducido por Boehm et al el término "grafeno" para describir capas individuales de grafito, fue hasta el 2004 que Geim y Novoselov aíslan una sola capa de grafeno mediante exfoliación mecánica y reciben en el 2010 el premio nobel por el descubrimiento (15).

El grafeno proveniente del carbón es el material más delgado y resistente que existe, es un nanocarbono bidimensional que posee láminas de menos de

10nm de espesor, estas láminas están formadas por átomos de carbono hibridados sp² que están unidos en una red tipo panal (17),

Este nanocarbono posee varias propiedades como: biocompatible en la cavidad oral, estimulación celular (células madres mesenquimales), actividad antibacteriana y biodegradable (18).

El óxido de grafeno se obtiene mediante oxidación por diferentes técnicas: exfoliación, deposición química de vapor y técnicas basadas en productos químicos. Este óxido también contiene varios grupos funcionales (p. Ej., Grupos hidroxilo, carboxilo y epoxi) que se pueden usar para combinar varias biomoléculas y materiales (15).

Las excelentes propiedades biomecánicas del óxido de grafeno han llevado a los científicos a usarlo en la investigación dental y de odontología restauradora, sin embargo este material de un solo compuesto no puede trabajar por sí solo, pero se puede combinar con una variedad de nanopartículas metálicas y moléculas bioactivas para dotarlo de funciones específicas (19).

En un estudio realizado por Mokkaapati y cols, estudio la respuesta bacteriana del óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido integrada en placas de nutrientes a base de agar sólido. Se utilizaron cepas de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* para probar el crecimiento bacteriano. Observamos que el óxido de grafeno reducido integrado en placa de agar mostró una fuerte actividad antibacteriana contra ambas especies. Por el contrario, el óxido de grafeno integrado en placa de agar fue inofensiva para ambas bacterias, en conclusión la respuesta de las bacterias va a depender del tipo de material de grafeno utilizado, así como puede variar drásticamente de una cepa bacteriana a otra (20).

En este estudio realizado por Gurunathan y cols, investigo el efecto antibacteriano del óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido contra *P. aeruginosa*. El óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido mostraron actividad antibacteriana dependiente de la dosis contra las células de *P. aeruginosa* a través de la generación de especies reactivas de oxígeno, lo que condujo a la muerte celular. Los datos presentados son novedosos porque demuestran que el óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido son agentes bactericidas efectivos contra *P. aeruginosa*, que se utilizaría como un futuro agente antibacteriano (21).

Otro estudio realizado por Yang y cols. se prepararon nanocompuestos de óxido de grafeno reducido con óxido de cobre con actividades antibacterianas a largo plazo reduciendo el sulfato de cobre soportado en óxido de grafeno utilizando ácido ascórbico como agente reductor en presencia de polietilenglicol (PEG) e hidróxido de sodio a temperatura ambiente. Ellos encontraron que el efecto sinérgico de la liberación sostenida de iones de cobre, la elevada capacidad de producción de especies reactivas de oxígeno y la dispersión uniforme de los nanocompuestos de óxido de grafeno reducido con óxido de cobre dieron como resultado las excelentes actividades antibacterianas contra *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) que se mantuvieron alrededor del 70% y 65% y se incrementaron en un 40% y 35% en comparación con el uso solamente de óxido de cobre después de sumergir 30 días en soluciones de fosfato salino (22).

2.8. OBTURACION RADICULAR.

Es el paso final de nuestra triada endodóntica y consiste en el llenado de la porción conformada del conducto con materiales inertes o antisépticos que promuevan un sellado tridimensional y estimulen el proceso de reparación o no interfieran con este (4).

Los objetivos de la obturación son: detener la filtración coronal, detener el flujo tisular periapical, detener la liberación de elementos bacterianos y sepultar las bacterias sobrevivientes (7).

Grossman describe las propiedades que debe tener el material ideal de obturación: fácil de manipular, dimensionalmente estable sin tendencia a contraerse después de ser insertado, no causar irritación de los tejidos periapicales, impermeable a la humedad y no poroso, Inhibir el crecimiento bacteriano, ser radioopaco y fácil de observar en las radiografías, no teñir la estructura dental, ser estéril y ser fácil de extraer del interior del conducto, si es necesario (2).

El material central más utilizado en la obturación es la gutapercha, este es un material semirigido compuesto de: 20% de gutapercha, 65% óxido de zinc, 10% de sulfato de bario y 5% de resinas/ceras. Al momento de utilizarse presenta dos fases llamadas: Alfa y Beta. La primera fase es beta esta es rígida y estable a temperatura ambiente, en el momento que se plastifica a los 60 grados centígrados y se convertirá en estado alfa, donde la gutapercha es más flexible, pegajoso y fluido, pero tiene la desventaja que se contrae al enfriarse (4).

Los cementos selladores son otro material de obturación indispensable para la obturación radicular, existen diferentes tipos como: a base de óxido de zinc y eugenol, a base de hidróxido de calcio, a base de ionómero de vidrio, a base de resinas y biocerámicos (2).

Los cementos selladores más populares son las mezclas de óxido de cinc-eugenol, el hidróxido de calcio, los ionómeros de vidrio y las resinas. Con independencia del cemento sellador seleccionado, todos ellos resultan tóxicos

hasta que fraguan. Por esa razón se debe evitar su extrusión en los tejidos perirradiculares (2).

Este estudio se basara en un cemento sellador:

1. A base de resina epóxica: AH Plus

CEMENTO A BASE DE RESINA EPÓXICA

Los cementos selladores de resina se utilizan desde hace mucho tiempo, proporcionan adhesión y no contienen eugenol. El AH-26 es una resina epoxi de fraguado lento que libera formaldehído al fraguar. El AH Plus es una fórmula modificada del AH-26 que no libera formaldehído.

AH Plus

DENTSPLY



Figura 1. Cemento AH PLUS

Resina epóxica de la casa comercial Dentsply, su presentación es pasta-pasta(23).

Pasta A: (epóxica) Diglicidil-bisphenol-A-ether, tungsteno de calcio, óxido de Zirconio, aerosoles, óxido de hierro (23).

Pasta B: (amina) amia adamantada-1, N, N-dibenzil-5-oxanoandiamine-1,9, TCD-diamine, tungsteno de calcio, óxido de zirconio, óxido de silicona (23).

Tiempo de trabajo: 3 horas.

Tiempo de fraguado 20 horas.

Para este estudio se pretende analizar si los residuos de la medicación intraconducto con óxido de grafeno afecta el sellado de los cementos selladores utilizados.

En un estudio realizado por Wanees Amin y cols. estudió el efecto de la medicación intraconducto con Hidróxido de Calcio sobre la adhesión de diferentes cementos selladores: AHPlus, iRoot SP y MTA Fillapex. Encontrando que el cemento sellador AH Plus y el iRoot SP mostraron una resistencia de adhesión similar y mejor que el MTA Fillapex. Pero los cementos selladores a base de silicato de calcio pueden mostrar menos resistencia al desplazamiento que un sellador de resina epoxi cuando se utiliza el hidróxido de calcio (24).

En otro estudio realizado por Ozyurek y cols. estudió el efecto del hidróxido de calcio como medicación intraconducto en la penetración de los túbulos dentinarios con el cemento sellador a base de resina epoxi (AH 26) y el cemento a base de silicato tricálcico (BioRoot RCS). Los resultados que encontraron fueron que la activación ultrasónica pasiva y la irrigación abundante fueron insuficientes para eliminar el hidróxido de calcio de los conductos radiculares.

Los restos de hidróxido de calcio disminuyeron tanto la profundidad de penetración del túbulo dentinario como el porcentaje de penetración del sellador sin embargo; BioRoot RCS a base de silicato de calcio presentó una mayor penetración en el túbulo dentinario que AH 26 a base de resina epoxi incluso en presencia de residuos de hidróxido de calcio (25).

Es importante considerar que al momento de colocar medicación intraconducto esta pueda afectar las propiedades de los cementos como en este estudio de Vavassori de Freitas y cols. se evaluó el efecto de las sustancias residuales derivadas de soluciones de irrigación y medicamentos intraconductos sobre las propiedades reológicas (viscosidad y tiempo de fraguado) de un cemento sellador a base de vidrio bioactivo, silicona y gutapercha (GuttaFlow Bioseal) en comparación con un cemento sellador a base de resina epoxi (AH Plus).

Encontraron que los contaminantes no alteraron el tiempo de fraguado de GuttaFlow Bioseal en comparación con los controles; sin embargo, el CHX y el hidróxido de calcio disminuyeron su viscosidad compleja. El tiempo de fraguado de AH Plus se incrementó con agua destilada, Clorhexidina, ácido cítrico y EDTA. El agua destilada y NaOCl al 3% no alteró ninguna propiedad reológica de GuttaFlow Bioseal (26).

Una de las técnicas para poder estudiar la filtración de los cementos en los tubulos dentinarios es el uso de azul de metileno ya que posee ciertas características que ayudan a estudiar la filtración: es fácilmente detectable bajo luz visible, altamente soluble en agua y puede difundirse fácilmente, otra propiedad es que no es absorbido por la matrix dentinal de cristales de apatita (27).

El propósito de este estudio será:

Demostrar si los residuos de los derivados de grafeno como mediación intraconducto influye en la penetración del cemento sellador AHPlus para la obturación radicular.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso de un tratamiento de conductos la obturación forma una parte fundamental para lograr un sellado apical, así como el uso de la medicación intraconducto como complemento.

Resulta complicado para el endodoncista el saber si el uso de la medicación intraconducto con derivados de grafeno interfiere en la capacidad de penetración de los cementos seleccionados para este estudio y siendo la obturación una de las piezas claves para el éxito del tratamiento de endodoncia.

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Los derivados de grafeno como medicación intraconducto interfieren en la penetración de los cementos de obturación?

IV. JUSTIFICACIÓN

La medicación intraconducto con derivados de grafeno es una aplicación novedosa que proporciona beneficios para la realización de un tratamiento endodóntico. Es importante que el endodoncista utilice materiales de obturación compatibles con los derivados de grafeno.

El presente estudio pretende demostrar si el uso de los derivados de grafeno como medicación intraconducto interfiere en la penetración de los cementos de obturación.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La aplicación intraconducto de los derivados de grafeno, óxido de grafeno y óxido de grafeno con calcio, no interfiere, en la capacidad de penetración del cemento AH Plus.

5.2. HIPÓTESIS NULA

El uso de los derivados de grafeno como medicación intraconducto interfiere con la penetración del cemento AH PLUS en la obturación radicular

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Algún tipo de los derivados de grafeno utilizados como medicación intraconducto interfiere con la penetración del cemento AH Plus.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial grado de interferencia de derivados de grafeno, cuando se aplican como medicamentos intraconductos, en la capacidad de penetración de los cementos: AH Plus

6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Recolectar, instrumentar órganos dentarios permanentes uniradiculares.
3. Valorar el grado de penetración de la medicación intraconducto del cemento AH Plus después de la obturación radicular.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Medicación de los derivados de grafeno y grafeno calcio.

Cementos sellador AH Plus.

Irrigantes: NaOCL y Solución fisiológica.

7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Capacidad de penetración del cemento en los tubulillos dentinarios después de la medicación intraconducto con los derivados de grafeno.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

A los cementos objetos de estudio se les determinara la capacidad de penetración en los tubulillos dentinarios. Para su análisis el cemento será preparado siguiendo las recomendaciones del fabricante. Se realizaran comparaciones estadísticas sobre los resultados de los datos de filtración del azul de metileno utilizando análisis de varianza de un factor (ANOVA) para cada uno de los grupos. Los datos obtenidos se analizarán mediante el software GraphPad Prism 3.0 (San Diego, CA, EE. UU).

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

- Experimental

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

- 36 premolares uniradiculares de reciente extracción.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Para la decoronación de los dientes se utilizara micro-motor dental (Sunburst, Korea) y un disco de diamante de 0.20 mm de grosor, para el trabajo biomecánico se utilizara limas tipo K #10 (Kerr, Sybron endo) y rotatorios Protaper Next (Dentsply, Maillefer), endo stand (Dentsply, Mailefer), endo block (Dentsply, Mailefer), como agentes irrigantes se utilizara NaOCL 5.25% (Cloralex,) y solución fisiológica (Pisa, México), jeringa de plástico de 10 ml (BD Plastipak), aguja (Endo-Eze, Ultradent),se utilizara como medicación intraconducto el óxido grafeno y oxido grafeno calcio, para prepararlo se colocara en una loseta de vidrio utilizando una espátula metálica, para condensarlo se utilizara porta amalgama (Arain), condensadores (BL condenser) y cemento provisional (Provisit) se realizara todo esto en una campana de flujo laminar (LABCONCO PURIFIER CLASS II BIOSAFETY CABINET) y las muestras se pondrán en una incubadora a 37 C (THELCO,CGA/PRECISION SCIENTIFIC), para la remoción del material intraconducto se utilizara ultrasonido (NSK Varios 370) con los agentes irrigantes ya mencionados, para la obturación se secura con puntas de papel #30 (Hygenic, Coltene), cono de gutapercha 30/0.6 (Hygenic, Coltene), gutaperchas accesorias MF (Hygenic, Coltene) , espaciador MA 57 (Hu-Friedy) y cemento sellador AH Plus (Dentsply), para su análisis se utilizara, barniz de uñas transparente, azul de metileno al 2%, cámara fotográfica (CANON), hoja milimétrica y Software GraphPad Prism 3.0 (San Diego, CA, EE. UU).

8.4. METODOLOGÍA

Para este estudio in vitro se utilizaron 36 premolares uniradiculares de reciente extracción, los cuales se mantuvieron hidratados en solución salina hasta su uso. Se obtuvieron imágenes radiográficas para asegurar que los órganos dentarios cumplieran con los criterios de inclusión.



Figura 2 Premolares recolectados para la evaluación

Para la estandarización de los premolares se les removió la corona clínica a nivel de la unión amelocementaria utilizando un micro-motor y un disco de diamante de 0.20 mm de grosor (Figura 3)



Figura 3 Remoción de la corona clínica

8.4.1. INSTRUMENTACIÓN

Para patentizar los conductos se utilizó una lima tipo K #10 hasta visualizarse su salida del foramen apical y se le resto 1 mm para establecer su longitud de trabajo (Figura 4A). Los conductos fueron preparados con rotatorios Protaper Next según la secuencia del fabricante y se ensacharon hasta la lima X3 (30/07), utilizamos endo bloc para medir la longitud entre cada instrumento (28) (Figura 4B).

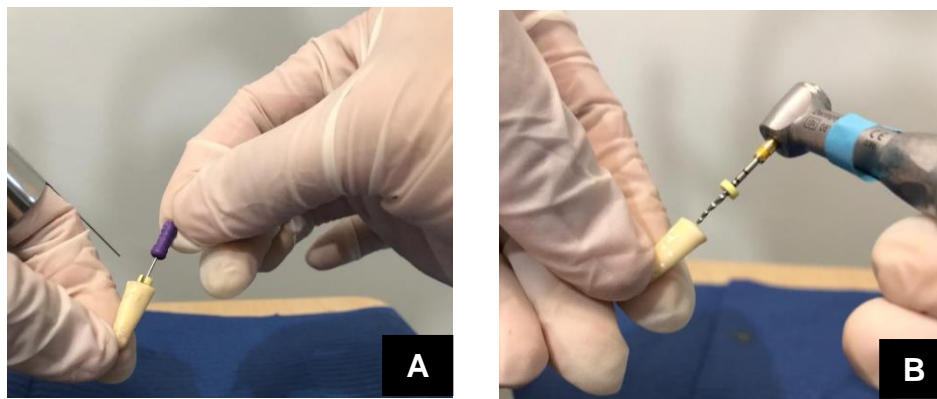


Figura 4 A) Conductometría, B) Trabajo biomecánico con sistema rotatorio Protaper Next.

Los conductos se irrigaron de forma manual con 1ml de hipoclorito al 5.25% entre cada instrumento rotatorio con una jeringa de 10 ml y aguja de irrigación endodóntica (Figura 5).



Figura 5. Irrigación manual

8.4.2. COLOCACIÓN DE MEDICACIÓN INTRACONDUCTO CON GRAFENO

Para la colocación de la medicación, los conductos se secaron con puntas de papel # 30, para después colocar óxido de grafeno cálcico y óxido de grafeno, los cuales se sintetizaron, esterilizaron y almacenaron en temperatura ambiente previa a su uso. Se dividirán en 3 grupos para la colocación de medicación:

Grupo GCA (n=12): Medicación grafeno cálcico

Grupo GO (n=12): Medicación con óxido de grafeno

Grupo C (n=12): Sin medicación (Control)

Para crear la pasta de medicación de los derivados de grafeno se utilizó solución fisiológica sobre una loseta de vidrio y una espátula metálica, esto se mezcló hasta crear una pasta de consistencia cremosa (Figura 6).

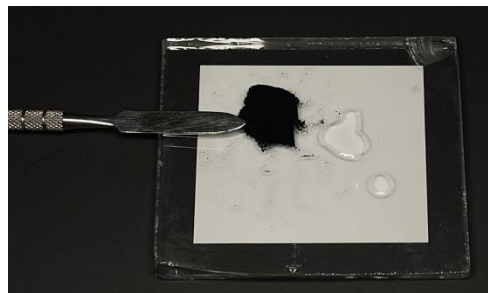


Figura 6. Polvo-liquido grafeno y solución salina.

Esta pasta se colocó dentro del conducto utilizando un porta amalgama y condensadores según el grupo correspondiente (Figura 7), después todos los conductos por la parte coronal se sellaron con un cemento provisional y se dejaron en la incubadora a 37 °C por 7 días.

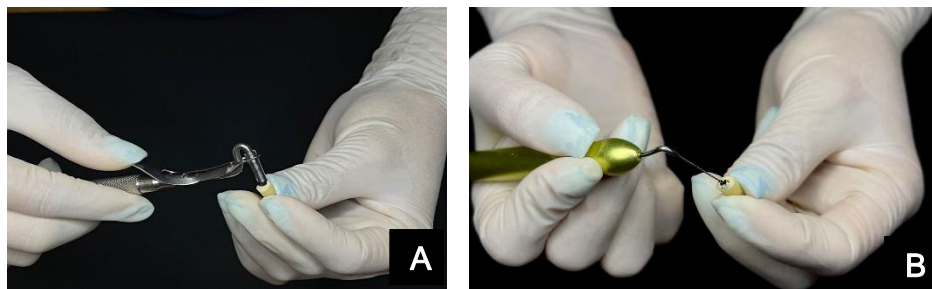


Figura 7. A) Porta amalgama con grafeno. B) Condensación

8.4.3. ELIMINACIÓN DE MEDICACION INTRA CONDUCTO

Se retiraron los especímenes de la incubadora, para después eliminar la medicación intraconducto utilizando ultrasonido (Figura 8).



Figura 8. Eliminación de medicación con ultrasonido.

Se comenzó retirando el cemento provisional con una espátula metálica, después se realizó el protocolo de irrigación utilizando 1ml NaOCL al 5.25% con 3 ciclos de 20 segundos, después se lavó con solución salina para retirar el hipoclorito y poder colocar EDTA al 17%, se volvió a lavar con solución, se colocó hipoclorito de nuevo y se finalizó la irrigación con solución salina.

8.4.4. OBTURACIÓN

Después de la eliminación de la medicación intraconducto se llevó a cabo la obturación que fue realizada por un solo operador. Los especímenes se dividieron en 3 grupos:

- Grupo GCA (n=12): obturación con cemento AH Plus.
- Grupo GO (n=12): obturación con cemento AH Plus.
- Grupo C (n=12): sin medicación con obturación.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Para comenzar los conductos secaron con puntas de papel #30, se colocaron conos de gutapercha 30/0.6 utilizando la técnica de condensación lateral con el espaciador MA 57, agregando gutaperchas accesorias de calibre FF utilizando cemento AH PLUS en todos nuestros conductos (Figura 9), para recortar y condensar se utilizara un glick.

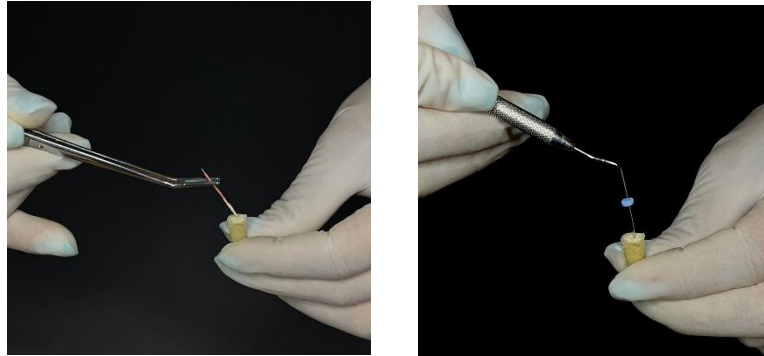


Figura 9. Obturación con técnica de condensación lateral.

Para asegurar el fraguado del cemento, todas las muestras se colocaron en tubos eppendorf de 1.5 ml con agua bidestilada en una incubadora a 37° C por 7 días (Figura 10).

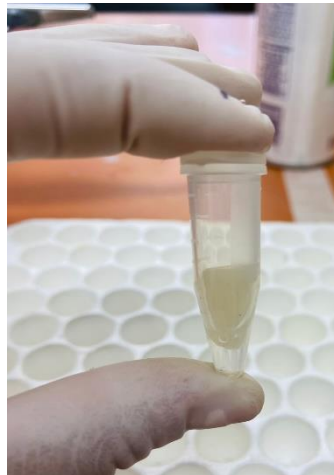


Figura 10. Tubo eppendorf con agua bidestilada

Después de los 7 días los especímenes fueron sacados de los tubos, se secaron con aire y se impermeabilizaron las raíces con barniz de uñas a excepción del milímetro apical, se dejaron secar por 4 horas.

8.4.5. PRUEBA DE FILTRACIÓN CON AZUL DE METILENO

Se retiraron los especímenes de la incubadora, se seleccionaron 12 especímenes para cada grupo (Figura 11).

Grupo GCA: medicación con grafeno calcio y obturación

Grupo GO: medicación con grafeno y obturación

Grupo C: sin medicación, con obturación.

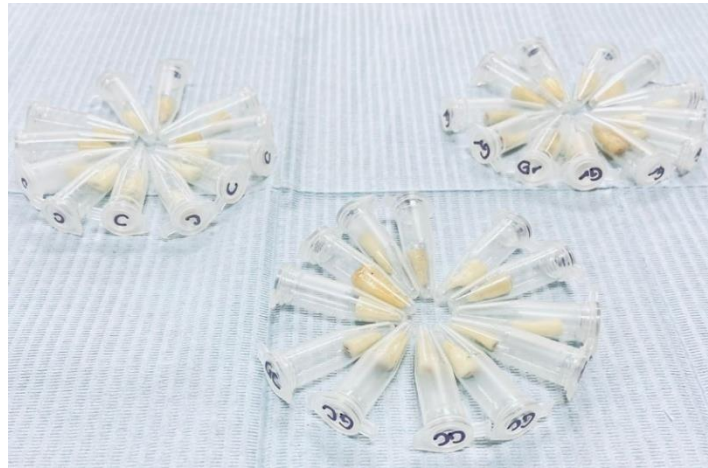


Figura 11. Separación de muestras

Todos los especímenes se retiraron de los tubos para retirar el agua bidestilada, los especímenes se volvieron a colocar en los tubos vacíos para introducir el azul de metileno al 2% (Figura 12) cuidadosamente con una jeringa hipodérmica hasta el tercio medio de la raíz, se colocaran en una incubadora a 37 C ° por 7 días (28) (Figura 13).

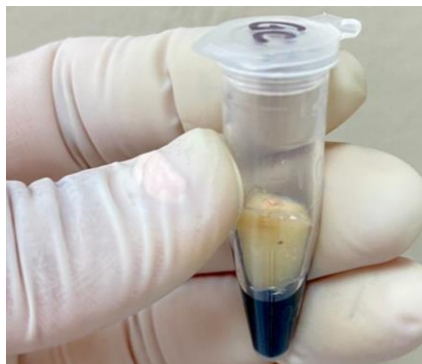


Figura 12. Muestra con azul de metileno al 2%.



Figura 13. Muestras en incubación.

Al pasar los 7 días los especímenes se retiraron de la incubadora y se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de azul de metileno. Después se realizó el corte longitudinal de la raíz con micro motor y disco de diamante de 0.20 mm sin irrigación, para evitar el deslavado del azul de metileno (27,28).

8.4.6 EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS DE FILTRACIÓN POR MEDIO DE AZUL DE METILENO AL 2%.

Para evaluar el grado de filtración las muestras se colocaron sobre una hoja milimétrica bajo aumento máximo de lente macro (Tokina AT-X 100 mm f/2.8) colocado en cámara fotográfica (Nikon 3100), para observar el plano sagital de la muestra. Se capturo una imagen de cada muestra en formato JPG para mantener su alta definición, las imágenes obtenidas se evaluaron en el software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EE. UU.)(Figura 14).

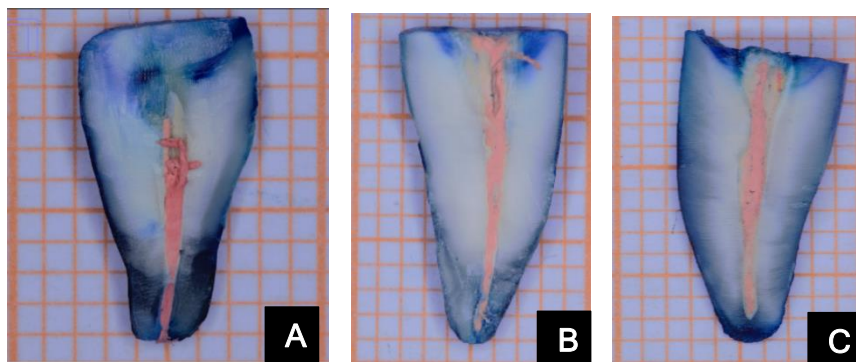


Figura 14. Muestras: A-Control, B- GRC, C- GR.

Al importar las imágenes al software la evaluación se hizo de la siguiente manera: Para calibrar la imagen se establece una escala en micrómetros (μm), después se procede a las mediciones.

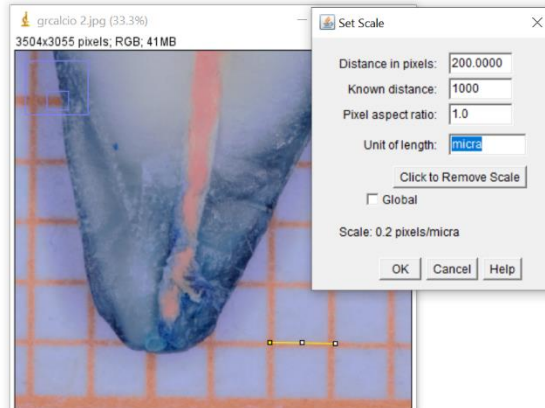


Figura 15. Calibración de la imagen en μm .

La primera medición se traza una línea vertical desde el ápice hasta el último punto de filtración de azul de metileno a lo largo del conducto (Figura 16A). En la segunda medición se trazaron 10 líneas de forma horizontal entre cemento y la filtración de azul de metileno, todas se realizaron con un aumento del 50% de la imagen a la misma altura (Figura 16B).

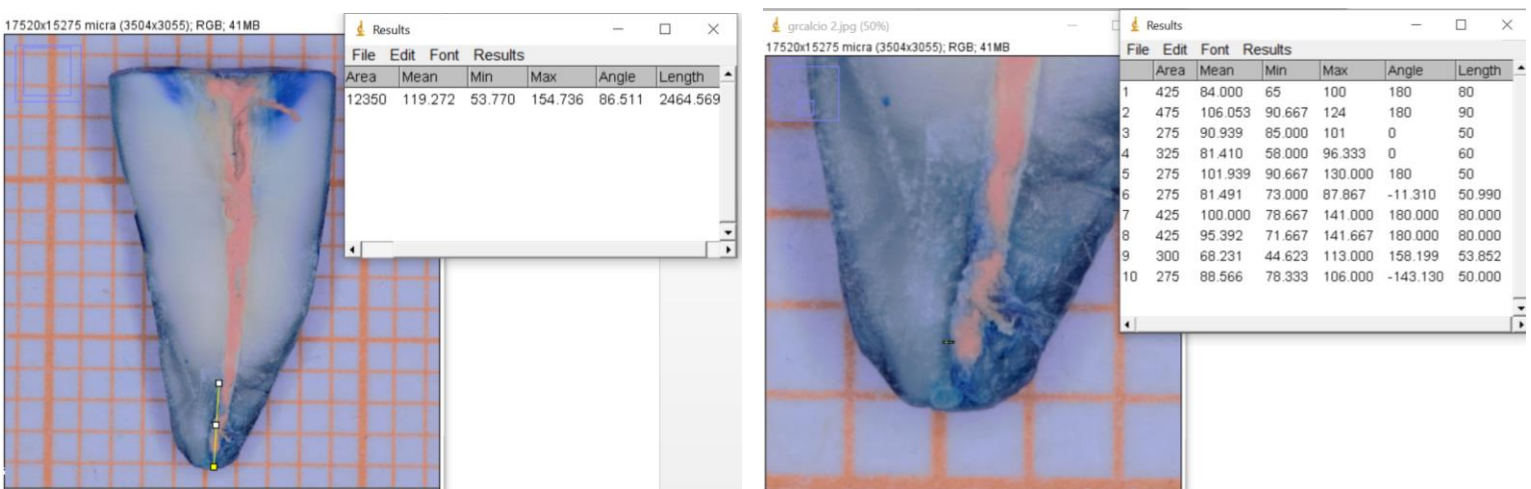


Figura 16. A) Medición apico coronal. B) Medición cemento-dentina

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las comparaciones estadísticas sobre los resultados de los datos de filtración del azul de metileno se realizaron utilizando pruebas no paramétricas: análisis de varianza de un factor (ANOVA) y prueba de Tuckey para cada uno de los grupos, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Los datos obtenidos se analizaron mediante el software GraphPad Prism 3.0 (San Diego, CA, EE. UU).

IX. RESULTADOS

A continuación se describirán los resultados obtenidos después de 7 días de incubación de los especímenes con azul de metileno, que fueron evaluados mediante imágenes en el programa Image J.

9.1. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS DE FILTRACION CON AZUL DE METILENO AL 2%.

Tabla 1. Resultados pruebas de filtración apico-coronal en milímetros.

Muestra	Filtración mm	Muestra	Filtración mm	Muestra	Filtración mm
Control 1	2.549	Gr Ca 1	2.971	Gr 1	3.913
Control 2	2.313	Gr Ca 2	2.755	Gr 2	3.090
Control 3	2.544	Gr Ca 3	3.147	Gr 3	4.902
Control 4	3.320	Gr Ca 4	2.851	Gr 4	3.687
Control 5	3.638	Gr Ca 5	2.219	Gr 5	3.945
Control 6	2.550	Gr Ca 6	2.796	Gr 6	3.254
Control 7	3.330	Gr Ca 7	2.803	Gr 7	3.459
Control 8	2.315	Gr Ca 8	2.614	Gr 8	3.533
Control 9	3.340	Gr Ca 9	2.884	Gr 9	3.297
Control 10	3.350	Gr Ca 10	3.853	Gr 10	3.546
Control 11	2.660	Gr Ca 11	2.762	Gr 11	1.942
Control 12	3.324	Gr Ca 12	2.363	Gr 12	2.378
Promedio:	2.93	Promedio:	2.83	Promedio:	3.41

Analizando los resultados de las primeras mediciones de forma apico coronal por medio de la prueba de ANOVA en múltiples comparaciones se demostró que el uso de la medicación con grafeno y grafeno con calcio en comparación al grupo control no se encontró diferencia estadísticamente significativa, sin embargo comparando el grupo grafeno y grafeno con calcio si se demostró diferencia estadísticamente significativa como se muestra en la Figura 17.

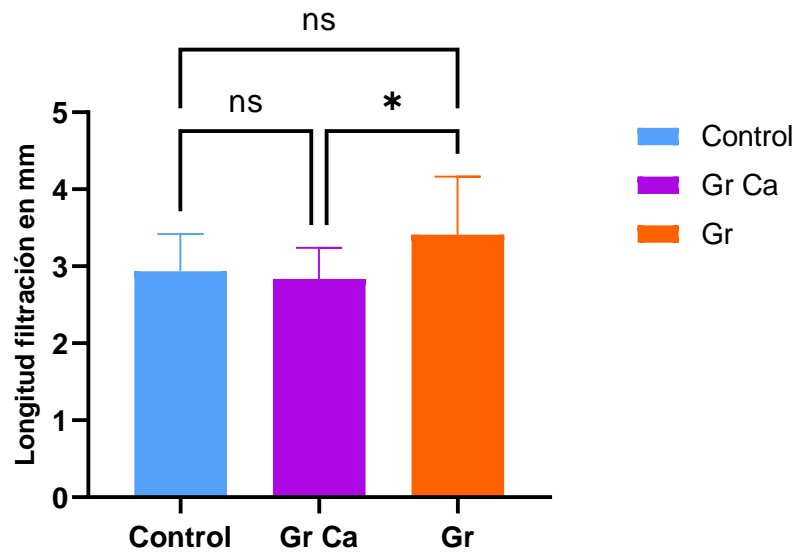


Figura 17. Gráfica de promedio de microfiltración apical, donde la diferencia significativa ($p < 0.05$) es marcada con un asterisco (*).

Muestra	Filtración μm	Muestra	Filtración μm	Muestra	Filtración μm
Control 1	62.60	Gr Ca 1	67.72	Gr 1	90.3
Control 2	76.65	Gr Ca 2	61.42	Gr 2	78.07
Control 3	70.26	Gr Ca 3	61.11	Gr 3	88.38
Control 4	70.81	Gr Ca 4	47.73	Gr 4	90.40
Control 5	74.61	Gr Ca 5	42.59	Gr 5	60.05
Control 6	72.50	Gr Ca 6	53.12	Gr 6	76.43
Control 7	77.60	Gr Ca 7	57.39	Gr 7	65.10
Control 8	71.81	Gr Ca 8	59.25	Gr 8	94.79
Control 9	75.60	Gr Ca 9	54.32	Gr 9	72.37
Control 10	80.26	Gr Ca 10	80.68	Gr 10	58.88
Control 11	76.70	Gr Ca 11	64.05	Gr 11	49.90
Control 12	71.60	Gr Ca 12	69.32	Gr 12	38.96
Promedio:	73.41	Promedio	59.89	Promedio	71.96

Tabla 2. Resultados prueba de filtración de forma horizontal.

Analizando los resultados de las segundas mediciones de forma horizontal por medio de la prueba de ANOVA en múltiples comparaciones se demostró que el uso de la medicación intraconducto con grafeno en comparación al grupo control no se encontró diferencia estadísticamente significativa, sin embargo comparando el grupo grafeno con calcio y el grupo control si se demostró diferencia estadísticamente significativa, cómo se muestra en la Figura 18.

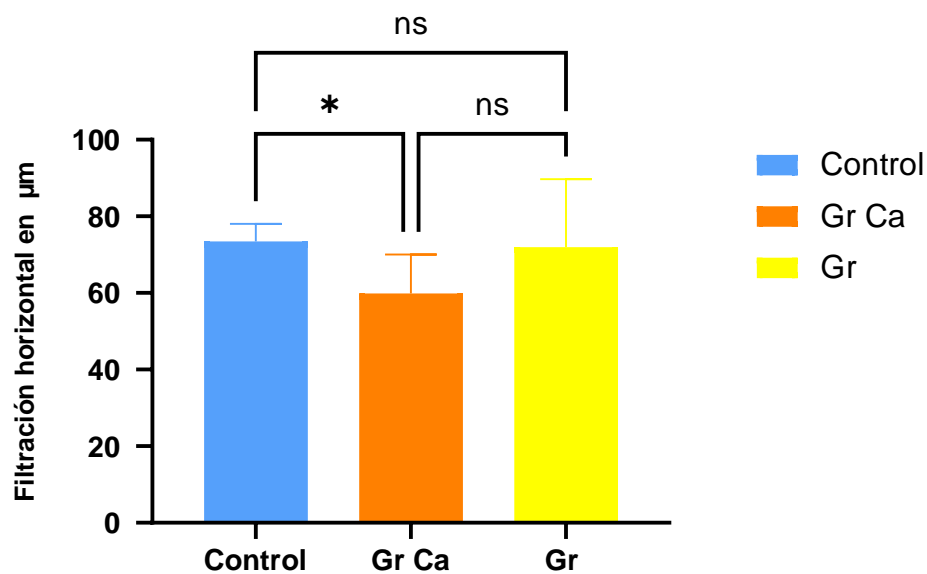


Figura 18. Grafica de promedio de microfiltración horizontal donde la diferencia significativa ($p < 0.05$) es marcada con un asterisco (*).

X. DISCUSIÓN

La medicación intraconducto se define como el procedimiento de colocación de un fármaco en el interior de la cavidad pulpar entre sesiones necesarias para la conclusión del tratamiento de conductos (24). El medicamento de elección que se utiliza es el hidróxido de calcio, este se describe como un polvo blanco y alcalino poco soluble en agua (7).

En este estudio se utilizó el óxido de grafeno como medicación intraconducto ya que en recientes investigaciones este nanocarbono posee varias propiedades como: ser biocompatible, realizar estimulación celular, posee actividad antibacteriana y biodegradable. Este nuevo material para ser incorporado debe ser evaluado en comparación con materiales similares para establecer una predictibilidad clínica (18).

El propósito del presente estudio *in vitro* fue demostrar si los residuos de los derivados de grafeno como mediación intraconducto influye en la penetración del cemento sellador AHPlus para la obturación radicular, para este estudio se utilizaron premolares uniradiculares de reciente extracción ya que la morfología del conducto radicular puede afectar la aplicación y eliminación de la medicación, así como la obturación del conducto, como se menciona en el estudio realizado por Kim y cols. en el 2002 (29).

El protocolo utilizado para cada muestra fue el mismo para evitar sesgos, se comenzó por decoronación e instrumentación tal como se mencionan en el estudio de Kumar y cols. en el 2012 (27), y que también coincide con el estudio realizado por Wang y cols. en el 2018 (30).

Para poder eliminar la medicación intraconducto en este estudio se utilizó irrigación de forma ultrasónica con un protocolo 1ml NaOCL al 5.25% con 3 ciclos de 30 segundos, después se lavó con solución salina para retirar el hipoclorito y poder colocar EDTA al 17%, se volvió a lavar con solución, se colocó hipoclorito de nuevo y se finalizó la irrigación con solución salina, este protocolo también se utilizó en el

estudio de Donnermeyer y cols. realizado en el 2019, ellos compararon la activación de irrigación sónica, ultrasónica y mecánica, para la eliminación de la medicación con hidróxido de calcio en 90 incisivos uniradiculares y comprobaron que la irrigación de forma sónica y ultrasónica fue significativamente más efectiva que solo realizarla de forma manual (31).

Es importante establecer que en este estudio se utilizó la prueba de azul metileno al 2%, ya que es la más utilizada, así como la más antigua, como se menciona en el estudio de Caliskan y cols en 1998 (32), dicha prueba se ha modificado a través de los años, en una revisión sistémica de Jafari y cols. en el 2017 se menciona que esta técnica es práctica y fácil de usar, los dientes se seccionan de forma longitudinal o transversalmente para después evaluar la penetración del tinte de forma lineal (33).

Para evaluar la profundidad de penetración en este estudio se utilizó una cámara fotográfica NIKON 3100 con lente macro Tokina AT-X 100 mm f/2.8 tomando foto a cada muestra en una hoja milimetrada y calibrada en el software Image J, tal como se realizó en el estudio de Dos Santos y cols. en el 2014 (34).

En el presente estudio los conductos medicados con grafeno no mostraron una filtración significativa en comparación al grupo control, sin embargo los conductos medicados con grafeno calcio si mostraron una filtración mayor en comparación al grupo control, esto se debe a que el calcio no es tan fácil de eliminar del conducto radicular.

En un estudio *in vitro* sobre la influencia de la medicación intraconducto con hidróxido de calcio en el sellado apical, donde se demostró que los conductos medicados con hidróxido de calcio mostraron significativamente mayor filtración de tinta china que los conductos no medicados (29).

En otro estudio *in vitro* sobre evaluación del efecto de tres medicamentos intraconducto basados en hidróxido de calcio sobre la capacidad de sellado apical con AH Plus, donde ellos utilizaron 100 dientes uniradiculares que se dividieron en 6

grupos: grupo 1 control positivo (obturado con gutapercha sin sellador), grupo 2 control negativo (obturado con gutapercha y sellador), grupo 3 (experimental), grupo 4 (Hidróxido de calcio con solución salina), grupo 5 (Hidróxido de calcio con 2% de CHX) y grupo 6 con Vitapex. Ellos concluyeron que se observó filtración apical en todos los grupos con o sin medicación, sin embargo se observó que en ausencia de medicación intraconducto la filtración fue menor, entonces ellos concluyeron que el vehículo utilizado en la pasta del hidróxido también puede influir en la capacidad de sellado apical de los conductos obturados con AH Plus (35).

En otro estudio de Cruz y cols. en el 2017 se estudió la influencia de la medicación intraconducto en la penetración del túbulo dentinario de dos cementos selladores, se colocó medicación intraconducto durante 15 días. Las obturaciones se realizaron con condensación lateral en combinación con uno de los cementos selladores probados. El porcentaje de penetración del cemento en las paredes del conducto radicular y el porcentaje de área de dentina impregnada en las secciones transversales se obtuvieron mediante microscopía de barrido láser confocal y ellos concluyen que la medicación intraconducto con hidróxido de calcio no interfiere en la penetración apical sin embargo si disminuye la penetración tubular en el tercio medio con el cemento AH Plus (36).

XI. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones que presenta este estudio, se intentó estandarizar los procesos y métodos de medicación intraconducto, así como las pruebas de filtración para cada muestra, teniendo esto claro podemos concluir lo siguiente:

1. En lo que respecta a los resultados no existe diferencia significativa entre el grupo grafeno, grafeno calcio con el grupo control de forma apico coronal utilizando la prueba de filtración con azul de metileno al 2%
2. En cambio sí existe diferencia significativa del uso de medicación con grafeno calcio respecto al grupo control que se evaluó de forma horizontal (cemento sellador y pared del conducto).
3. Este nuevo material podría ser una nueva alternativa para la medicación intraconducto aunque se deben realizar más estudios para poder utilizarse de manera in vivo.

XII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el estudio con un mayor número de muestras y con órganos dentarios con una mayor complejidad anatómica.
2. Se recomienda utilizar una muestra con medicación de hidróxido de calcio para realizar comparaciones con los derivados de grafeno.
3. Se recomienda evaluar la interfase con microscopio de electrónica de barrido.
4. Otra recomendación es realizar cortes de forma transversal de forma apical media y coronal para poder tener una mejor observación de la microfiltración.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Louis H. Berman C, Scott L. Doyle MA, Gary G. Goodell, , M.S. MA, Keith V. Krell, ., M.S. MA, Mark A. Odom, D.D.S. BL. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms [Internet]. ninth. 2015; Available from: aae.org
2. Kenneth M. Hargreaves SC. Vias de la Pulpa. 10 ma edic. Vol. 53, ELSEVIER MOSBY. 2013. 1689-1699 p.
3. Sakko M, Tjäderhane L, Rautemaa-Richardson R. Microbiology of Root Canal Infections. Prim Dent J. 2016;5(2):84-9.
4. Soares IJ. Goldberg F GME. Endodoncia Técnica y fundamentos. primera ed. 2006. 417 p.
5. Versiani, Marco A., Bettina Basrani MDS-N. The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition. Vol. 227, British dental journal. Switzerland: Springer International Publishing AG; 2019. 178 p.
6. Estrela C. Ciencia Endodontica. primera ed. Ltda EAM, editor. 2005.
7. Claes Reit, Gunnar Bergenholtz PH-B. Endodoncia. 2da. edici. Mexico MM 2011, editor.
8. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. J Endod. 2014;40(12):1932-9.
9. Abusrewil S, Alshanta OA, Albashaireh K, Alqahtani S, Nile CJ, Scott JA, et al. Detection, treatment and prevention of endodontic biofilm infections: what's new in 2020? Crit Rev Microbiol [Internet]. 2020;46(2):194-212. Available from:

<https://doi.org/10.1080/1040841X.2020.1739622>

10. Luis E. Chavez de Paz CMS, Anil K. The Root Canal Biofilm. 9th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, editor.
11. Fox EP, Cowley ES, Nobile CJ, Hartooni N, Newman DK, Johnson AD. Anaerobic bacteria grow within candida albicans biofilms and induce biofilm formation in suspension cultures. *Curr Biol* [Internet]. 2014;24(20):2411-6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.08.057>
12. Becker TD, Woollard GW. Endodontic irrigation. Vol. 49, *General dentistry*. 2001. 272-276 p.
13. Estrela C, Holland R. Calcium hydroxide: study based on scientific evidences. *J Appl Oral Sci*. 2003;11(4):269-82.
14. Evans M, Davies JK, Sundqvist G, Figdor & D. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J*. 2002;35:221-228.
15. Tahriri M, Del Monico M, Moghanian A, Tavakkoli Yarak M, Torres R, Yadegari A, et al. Graphene and its derivatives: Opportunities and challenges in dentistry. *Mater Sci Eng C*. 2019;102(April):171-85.
16. Nizami MZI, Takashiba S, Nishina Y. Graphene oxide: A new direction in dentistry. *Appl Mater Today* [Internet]. 2020;19:100576. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2020.100576>
17. Zhu Y, Murali S, Cai W, Li X, Suk JW, Potts JR, et al. Graphene and graphene

- oxide: Synthesis, properties, and applications. *Adv Mater*. 2010;22(35):3906-24.
18. Xie H, Cao T, Rodríguez-Lozano FJ, Luong-Van EK, Rosa V. Graphene for the development of the next-generation of biocomposites for dental and medical applications. *Dent Mater* [Internet]. 2017;33(7):765-74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.04.008>
 19. Yogesh GK, Shuaib EP, Roopmani P, Gumpu MB, Krishnan UM, Sastikumar D. Synthesis, characterization and bioimaging application of laser-ablated graphene-oxide nanoparticles (nGOs). *Diam Relat Mater* [Internet]. 2020;104:107733. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2020.107733>
 20. Mokkaapati VRSS, Pandit S, Kim J, Martensson A, Lovmar M, Westerlund F, et al. Bacterial response to graphene oxide and reduced graphene oxide integrated in agar plates. *R Soc Open Sci*. 2018;5(11).
 21. Gurunathan S, Han JW, Abdal Dayem A, Eppakayala V, Kim JH. Oxidative stress-mediated antibacterial activity of graphene oxide and reduced graphene oxide in *Pseudomonas aeruginosa*. *Int J Nanomedicine*. 2012;7:5901-14.
 22. Yang Z, Hao X, Chen S, Ma Z, Wang W, Wang C, et al. Long-term antibacterial stable reduced graphene oxide nanocomposites loaded with cuprous oxide nanoparticles. *J Colloid Interface Sci*. 2019;533:13-23.
 23. Dentsply Maillefer. Dentsply Ah Plus [Internet]. Available from: www.dentsply.com.mx
 24. Wanees Amin SA, Seyam RS, El-Samman MA. The effect of prior calcium hydroxide intracanal placement on the bond strength of two calcium silicate-based

- and an epoxy resin-based endodontic sealer. *J Endod* [Internet]. 2012;38(5):696-9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.007>
25. Uzunoglu-Özyürek E, Erdoğan Ö, Aktemur Türker S. Effect of Calcium Hydroxide Dressing on the Dentinal Tubule Penetration of 2 Different Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. *J Endod*. 2018;44(6):1018-23.
 26. de Freitas JV, Ebert J, Mazzi-Chaves JF, de Sousa-Neto MD, Lohbauer U, Baratto-Filho F. Do Contaminating Substances Influence the Rheological Properties of Root Canal Sealers? *J Endod*. 2020;46(2):258-63.
 27. Kumar R, Shruthi C. Evaluation of the sealing ability of resin cement used as a root canal sealer: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2012;15(3):274-7.
 28. Colán Mora PM, García-Rupaya CR. Microfiltración apical in vitro de tres cementos utilizados en la obturación de conductos radiculares. *Rev Estomatológica Hered*. 2014;18(1):9.
 29. Kim SK, Kim YO. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J*. 2002;35(7):623-8.
 30. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *PLoS One*. 2018;13(2):1-11.
 31. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *J Endod*. 2019;45(3):322-6.

32. Çalışkan MK, Türkün M, Türkün LŞ. Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. *Int Endod J.* 1998;31(3):173-7.
33. Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(6):e812-9.
34. Dos Santos GL, De Andrada Beltrame APC, Triches TC, Ximenes-Filho M, Baptista D, Bolan M. Analysis of microleakage of temporary restorative materials in primary teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2014;32(2):130-4.
35. Sokhi RR, Margasahayam SV, Shenoy VU, Bodhwani MA. Effect of calcium hydroxide based intracanal medicaments on the apical sealing ability of resin based sealer and guttapercha obturated root canals. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(1):ZC75-9.
36. Cruz ATG, Grecca FS, Piasecki L, Wichnieski C, Westphalen VPD, Carneiro E, et al. Influence of the calcium hydroxide intracanal dressing on dentinal tubule penetration of two root canal sealers. *Eur Endod J.* 2017;2(1):4-9.

