UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA

TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

PRESENTA
C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ

PRESIDENTE
DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

SINODAL
M.C. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL
DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL
DR. MANUEL ALATORRE MEDA

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO JUNIO 2022

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 01 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA.**

Propuesto por la C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ, 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. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 01 de Junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA.**

Propuesto por la C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ, 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

M.C. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 01 de Junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA.**

Propuesto por la C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ, 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. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 01 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA.**

Propuesto por la C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ, 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

DR. MANUEL ALATORRE MEDA
SINODAL

Ccp.- Archivo.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REMOCIÓN DE DEBRIS DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULAR EMPLEANDO DOS DISPOSITIVOS DE IRRIGACIÓN CON ACTIVACIÓN SÓNICA

PRESENTA

_____

C.D. NADIA NAHOMI BELTRÁN SÁNCHEZ

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

_____

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

SINODALES

(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)

_____ _____

M.C. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

_____

DR. MANUEL ALATORRE MEDA

Tijuana, Baja California, 30 de mayo de 2022

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a mis padres, por siempre brindarme su apoyo incondicional y creer en mi en todo momento, incluso en los que yo dudaba de mi misma, a ellos dedico cada uno de mis logros. A mis hermanos, que por sus sonrisas y humor elevaban mis ánimos en los momentos más difíciles de este trayecto. A mi mejor amigo y novio por siempre darme palabras de aliento y por acompañarme a lo largo de este proceso de formación. A mis abuelos y tíos por siempre apoyarme. También quiero agradecer a mi odontopediatra por brindarme una gran compañía este año y medio.

Agradezco a mi Directora de tesis, Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez por apoyarme en cada fase del desarrollo de nuestro proyecto de tesis, por guiarme y siempre aconsejarme, agradezco profundamente la atención que me brindo sin importar el día o la hora, siempre estaba dispuesta a ayudarme y resolver mis dudas. También quiero agradecer a mi Co-director, Dr. Manuel Alatorre Meda y a mi Co-director Dr. Luis Hernán Carrillo Várguez por su interés en este proyecto de investigación y su asesoría en cada una de las etapas.

Un agradecimiento muy especial a la Dra. Ana Gabriela Carrillo Várguez por permitirme formar parte de una de las especialidades de endodoncia más importantes a nivel nacional y de esta forma continuar mi formación profesional.

Por último, agradezco a cada uno de mis docentes por compartirme su conocimiento y siempre estar dispuestos a resolver con sus consejos cada una de mis dudas, agradezco la formación profesional que en mí depositaron.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones:

A CONACyT por la beca otorgada CON No. CVU: 1082674

A la Universidad Autónoma de Baja California por abrirme las puertas de su institución para completar mi formación como especialista.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS ..... **i**

CONTENIDO ..... **iii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **vi**

LISTA DE ABREVIATURAS ..... **vii**

I. RESUMEN **1**

II. INTRODUCCIÓN **2**

2.1. ENDODONCIA **2**

2.1.1. OBJETIVO DE ESTUDIO DEL TRATAMIENTO ENDODÓNTICO 2

2.1.2. OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS 3

2.2. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS **3**

2.2.1. DIAGNÓSTICO 4

2.2.2. PREPARACIÓN DE LA CAVIDAD DE ACCESO 7

2.2.3. LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES 9

2.3. TÉCNICAS DE IRRIGACIÓN Y DESINFECCIÓN **15**

2.3.1. IRRIGACIÓN CONVENCIONAL CON AGUJA ENDODÓNTICA 15

2.3.2. DESINFECCIÓN POR FOTOACTIVACIÓN 16

2.3.3. DESINFECCIÓN POR LUZ ULTRAVIOLETA 17

2.2.4. ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA 17

2.4. DISPOSITIVOS PARA LA ACTIVACIÓN DE IRRIGANTES **20**

2.4.1. WATERPIK FLA- 220 20

2.4.2. ENDOACTIVATOR 21

2.5. SECUENCIA PROPUESTA PARA LA IRRIGACIÓN FINAL 22

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 24

IV. JUSTIFICACIÓN 25

V. HIPÓTESIS 26

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO 26

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0) 26

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1) 26

VI. OBJETIVOS 27

6.1. OBJETIVO GENERAL 27

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 27

VII. VARIABLES 28

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 28

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE 28

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES 28

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS 29

8.1. TIPO DE ESTUDIO 29

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO 29

8.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN 29

8.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN 29

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL 30

8.4. METODOLOGÍA 31

8.4.1. PREPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTALES 31

8.4.2. PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN FINAL 33

8.4.3. TINCIÓN CON AZUL DE METILENO AL 1% 34

8.4.4. SECCIÓN DE MUESTRAS 35

8.4.5. EVALUACIÓN DE LA ELIMINACIÓN DE DEBRIS 35

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 36

IX. RESULTADOS 37

9.1. PORCENTAJE DE REMANENTE DE DEBRIS EN CONDUCTOS RADICULARES 37

X. DISCUSIÓN 39

XI. CONCLUSIONES 41

XII. RECOMENDACIONES 42

XIII. BIBLIOGRAFÍA 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tratamiento endodóntico terminado. 4

Figura 2. Diente con aislamiento absoluto. 8

Figura 3. Cavidad de acceso en órgano dental. 9

Figura 4. Hipoclorito de sodio. 13

Figura 5. Ácido etolediaminotetraacético (EDTA). 14

Figura 6. Irrigación del conducto radicular con aguja endodóntica. 15

Figura 7. Waterpik FLA-220. 20

Figura 8. Endoactivator. 21

Figura 9. Punta activadora de EndoActivator. 22

Figura 10. Colocación de barniz en porción radicular. 32

Figura 11. Conformación del conducto radicular. 32

Figura 12. Activación de agentes irrigantes con puntas de EndoActivator. 33

Figura 13. Tinción de conducto radicular. 34

Figura 14. Sección de órgano dental. 35

Figura 15. Análisis de eliminación de debris. 36

Figura 16. Porcentaje de debris remanente en los conductos radiculares después del tratamiento con los dispositivos de irrigación con activación sónica. 38

LISTA DE ABREVIATURAS

ADN	Ácido desoxirribonucleico
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
Hz	Hertz
ISA	Irrigación sónica activada
IU	Instrumentación ultrasónica
IUA	Irrigación ultrasónica activada
IUP	Irrigación ultrasónica pasiva
kHz	Kilohertz
LT	Longitud de trabajo
m^2	Metros cuadrados
min	Minuto
NaOCl	Hipoclorito de sódio

nm	Nanómetros
O.D.	Órgano dental
PSI	Libra de fuerza por pulgada cuadrada
s	Segundo
UV	Ultravioleta
V	Voltios

I. RESUMEN

Introducción: La completa remoción del debris es esencial para asegurar el éxito del tratamiento de conductos, para ello es fundamental el uso de dispositivos que faciliten su remoción a través de la activación de los agentes irrigantes.

Objetivo: Comparar la eficacia de la remoción de debris utilizando el dispositivo sónico Waterpik operando con puntas activas del EndoActivator y el dispositivo EndoActivator.

Metodología: 33 órganos dentales (O.D.) fueron decoronados e instrumentados con sistema ProTaper Universal. Las muestras se dividieron aleatoriamiente en 3 grupos (n=11), Grupo 1 (O.D. sin tratamiento), Grupo 2 (O.D. tratados con el dispositivo Waterpik operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y Grupo 3 (O.D. tratados con el dispositivo EndoActivator). Después los Grupos 2 y 3 fueron tratados con los dispositivos objeto de estudio. Todos los conductos fueron secados y teñidos con azul de metileno al 1%, los O.D. fueron seccionados de forma vertical con disco de diamante. Todas las muestras fueron fotografiadas y analizadas en el software Image J. El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo empleando el método ANOVA de una vía en conjunto con los métodos de post hoc Bonferroni y Tukey. La diferencia estadística fue considerada como singnificativa a $p < 0.05$.

Resultados: El Grupo 1 presentó 27% remanente de debris, el Grupo 2 presentó un 18% y por último el Grupo 3 presentó un 16% de remanente de debris**.** No se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al comparar el Grupo 2 con el Grupo 3 ($p > 0.05$), demostrando que el uso de dispositivo Waterpik confeccionado con puntas activas del dispositivo EndoActivator y el dispositivo EndoActivator remueven el debris de los conductos radiculares de una forma muy similar.

Conclusiones: El uso del dispositivo Waterpik para la activación de agentes irrigantes aumenta significativamente la eliminación de debris remanente en el conducto radicular de forma muy similar al dispositivo EndoActivator.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

Endodoncia proviene del griego “endodontología” y puede traducirse como “el conocimiento de lo que se encuentra dentro del diente”(1). La endodoncia, como conjunto de conocimientos metódicamente formado y ordenado, constituye una ciencia integrada en el conjunto de las ciencias de la salud (2). Está es la especialidad de la odontología dedicada al estudio, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y lesiones de la pulpa dental y sus probables secuelas (3).

Dentro de esta ciencia podemos encontrar tratamientos conservadores los cuáles nos permitirán mantener la pulpa vital, por otro lado, terapias más radicales las cuáles consisten en el retiro de la pulpa dental y de esta forma brindarnos mejores condiciones para preservar la pieza dental en boca (4).

2.1.1. Objetivo de estudio del tratamiento endodóntico

La endodoncia se ocupa de los procesos que se llevan a cabo principalmente dentro de la cámara pulpar. Es decir, su objetivo es el estudio de la estructura, la morfología, la fisiología y la patología de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares (2).

En su ámbito integral las ciencias básicas y clínicas que se ocupan de la biología de la pulpa, así como la etiopatogenia, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades y lesiones de la misma y de los tejidos perirradiculares asociados. El ámbito de la endodoncia incluye el diagnóstico diferencial y el tratamiento del dolor bucofacial de origen pulpar y periapical. Para lograr decidir que tratamiento será realizado en cada caso, según su diagnóstico, la Asociación Americana de Endodoncia publicó en el año 2009, una guía de diagnóstico clínico para patologías pulpares y periapicales llamada “Consensus Conference Diagnostic Terminology” (5); los tratamientos para mantener la vitalidad de la pulpa; los tratamientos de conductos radiculares cuando es inviable conservar su vitalidad o cuando existe necrosis de la pulpa, con o sin complicación periapical; los tratamientos de endodoncia regenerativa;

los tratamientos quirúrgicos para eliminar los tejidos periapicales inflamatorios consecuencia de patología pulpar, así como la resección apical, la hemisección y la redicectomía; tratamiento de la afección de la pulpa consecutiva a traumatismos, así como reimplante de dientes avulsionados; blanqueamiento de dientes con alteraciones de color; retratamiendo de dientes que presentan un fracaso de un tratamiento endodóncico previo, y restauración de la corona dental mediante procedimientos que implican postes y muñones situados en la zona antes ocupada por la pulpa (3).

2.1.2. Objetivo del tratamiento de conductos

Las consecuencias de las reacciones inflamatorias en la pulpa y los tejidos periapicales han atormentado a la humanidad por miles de años. Por lo tanto, el papel principal del tratamiento endodóntico ha sido curar el dolor dental causado por lesiones inflamatorias de la pulpa (pulpitis) y tejidos periapicales (periodontitis apical) (1). Constituyendo parte medular de la endodoncia, el tratamiento de conductos tiene como objetivo eliminar o reducir sustancialmente la población bacteriana, destruir el biofilm y evitar la re-contaminación del conducto mediante un sellado hermético y tridimensional del sistema de conductos (6).

2.2. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

La endodoncia consta de una serie de etapas, entre las cuales se incluyen: i) diagnóstico pulpar y periradicular, ii) administración de anestesia local, iii) aislamiento y apertura del conducto radicular, iv) preparación biomecánica, v) irrigación/desinfección y vi) obturación (6).

Figura 1. Tratamiento endodóntico terminado

En la figura se observa la radiografía de un canino superior con tratamiento endodóntico concluido (1).

2.2.1. Diagnóstico

El propósito del diagnóstico en endodoncia es determinar cuál es el problema del paciente y la razón de que lo padezca. Finalmente, el diagnóstico guardará una relación directa con el tratamiento hasta haber contestado todos los “porqués”. Por lo tanto, es de suma importancia que este proceso de investigación utilice una estrategia planificada, metódica y sistemática (7).

El proceso del diagnóstico puede dividirse en cinco etapas (6):

1) El paciente le cuenta al clínico porqué ha pedido una consulta.

2) El clínico le pregunta sobre sus síntomas y por los antecedentes que le condujeron a su consulta.

3) El clínico realiza una serie de pruebas clínicas objetivas.

4) El clínico correlaciona los datos objetivos con los detalles subjetivos y plantea un diagnóstico diferencial provisional.

5) El clínico formula un diagnóstico definitivo.

2.2.1.1. Clasificación clínica de las enfermedades pulpares y periapicales

Las enfermedades clínicas se clasifican según su estado pulpar y periapical de la siguiente forma(4):

1) Pulpa normal: los dientes con pulpas normales no muestran síntomas espontáneamente. La pulpa responderá a las pruebas complementarias, y los síntomas generados por dichas pruebas son leves, no resultan molestos y dan lugar a una sensación transitoria que revierte en cuestión de segundos. Radiográficamente, el grado de calcificación pulpar puede ser variable pero sin datos de reabsorción, caries o exposición pulpar mecánica.

2) Pulpitis reversible: cuando la pulpa esta irritada de modo que su estimulación resulta incómoda para el paciente pero revierte rápidamente después de la irritación, se dice que existe una pulpitis reversible. Entre los factores etiológicos están las caries, la dentina expuesta, los tratamientos dentales recientes y las restauraciones defectuosas. La eliminación conservadora del factor irritante resolverá los síntomas.

3) Pulpitis irreversible: cuando la afección pulpar evoluciona hacia una pulpitis irreversible es necesario instaurar un tratamiento para eliminar el tejido enfermo y esta clasificación se divide en sintomática y asintomática:

-Pulpitis irreversible sintomática: estos dientes muestran un dolor intermitente o espontáneo. La rápida exposición de los dientes de este grupo a drásticos cambios de temperatura aumentará y prolongará los episodios de dolor incluso después de eliminar el estímulo térmico.

-Pulpitis irreversible asintomática: en ocasiones, una caries profunda no dará lugar a ningún síntoma, incluso aunque clínica y radiográficamente la caries haya avanzado hasta la pulpa.

4) Necrosis pulpar: la vascularización pulpar es inexistente y los nervios pulpares no son funcionales. Esta afección es posterior a la pulpitis irreversible. Cuando la pulpa

esta totalmente necrosada, el diente suele estar asintomático hasta que aparecen síntomas por extensión de la enfermedad a los tejidos perirradiculares.

5) Tejidos apicales normales: el paciente está asintomático y el diente responde normalmente a la percusión y a la palpación. En la radiografía, la lámina dura y el espacio del ligamento periodontal alrededor de todos los ápices radiculares están intactos.

6) Periodontitis apical sintomática: exhibirá una respuesta dolorosa al morder o a la percusión. La respuesta a las pruebas de vitalidad pulpar es variable, y a la radiografía mostrará generalmente un espacio del ligamento periodontal ensanchado y puede existir o no una radiolucidez apical asociada a una o todas las raíces.

7) Periodontitis apical asintomática: un diente con este padecimiento se presenta normalmente sin síntomas clínicos. Este diente no responde a las pruebas de vitalidad pulpar y la radiografía muestra una radiolucidez perirradicular. Suele ser insensible a la presión al morder pero el paciente puede mostrarlo diferente a la percusión.

8) Absceso apical agudo: este órgano dental se presentará con dolor a la presión, al morder, a la percusión y a la palpación. No responderá a ninguna de las pruebas de vitalidad pulpar y exhibirá grados de movilidad variables. La radiografía puede evidenciar desde un ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal hasta una radiolucidez perirradicular. El pliegue mucobucal y los tejidos faciales próximos al diente casi siempre mostrarán cierto grado de tumefacción.

9) Absceso apical crónico: un diente con un absceso apical crónico no presentará normalmente síntomas clínicos. Este diente no responderá a las pruebas de vitalidad pulpar y la radiografía revelará una radiolucidez perirradicular. El diente mostrará una supuración intermitente a través del tracto sinusal asociado.

2.2.2. Preparación de la cavidad de acceso

La apertura cameral es el primer paso al momento de realizar un tratamiento endodóntico. El correcto acceso a la cámara de la pulpa facilitará una maniobra idónea ante el resto de la contigüidad de los siguientes pasos para el tratamiento. La remoción del techo de la cámara pulpar además de desgastes que compensen la remoción de la pulpa coronaria ayudará a mantener un acceso directo hacia los conductos radiculares. Esto varía dependiendo de la anatomía dental y por supuesto de las diversas anomalías entre cada órgano dentario, tal como lo son las dilaceraciones entre las raíces anatómicas así como las raíces accesorias (6).

2.2.2.1. Aislamiento del diente

El uso del dique de hule es imprescindible en el tratamiento del conducto radicular, diseñado para aislar los dientes de obstáculos (*e.g.* saliva, lengua) que puedan interferir con el procedimiento. El dique de hule se usa en endodoncia por las siguientes razones (6):

1) Proteger al paciente frente a la posibilidad de aspiración o deglución de instrumentos, residuos, medicamentos y soluciones de irrigación.

2) Protege al clínico frente a litigios por aspiración o deglución de una lima endodóntica. La colocación sistemática del dique de hule se considera una norma de cuidado de rutina.

3) El campo operatorio quirúrgicamente limpio queda aislado de saliva, sangre y otros fluidos corporales. El dique reduce el riesgo de contaminación cruzada del conducto radicular, y proporciona una barrera excelente contra la diseminación potencial de agentes infecciosos. Es un componente requerido para cualquier programa de control de la infección.

4) Protege y separa los tejidos blandos.

5) Mejora la visibilidad debido a que proporciona un campo de trabajo seco y reduce la nebulosidad del espejo.

6) Aumenta la eficiencia debido a que minimiza la conversación del paciente durante el tratamiento, y la necesidad de enjuagados frecuente.

Figura 2. Diente con aislamiento absoluto.

En la figura se observa un molar inferior previamente aislado con dique de hule y grapa dental (3)***.***

2.2.2.2. Cavidad de acceso

El acceso es la primera y posiblemente la fase más importante del tratamiento de conductos radiculares no quirúrgico. Una preparación del acceso bien diseñada resulta esencial para conseguir un buen resultado endodóntico. Sin un acceso adecuado, los instrumentos y los materiales se convierten en difíciles de manipular correctamente dentro del sistema de conductos radiculares, altamente complejo y variable. El acceso en línea recta es la mejor opción para desbridar todo el espacio del conducto y reduce el riesgo de fractura de la lima. Si se ha preparado correctamente, la cavidad de acceso permite irrigación, conformación y limpieza completas, y obturación de calidad. La preparación de la cavidad de acceso tiene los siguientes objetivos (6):

1) Eliminar toda la caries.

2) Conservar la estructura dental sana.

3) Abrir totalmente toda la cámara pulpar.

4) Eliminar todo el tejido pulpar coronal (vital o necrótico).

5) Localizar todos los orificios de los conductos radiculares.

6) Lograr el acceso en línea directa o recta al foramen apical o a la curvatura inicial del conducto.

7) Establecer los márgenes de la restauración para minimizar la filtración marginal del diente restaurado.

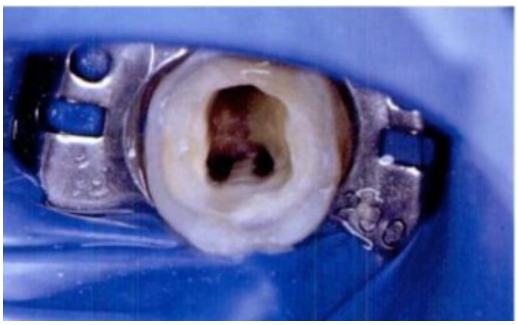

Figura 3. Cavidad de acceso en órgano dental.

En la figura se muestra una fotografía de un acceso pulpar correcto con identificación de la entrada de los conductos radiculares (8)***.***

2.2.3. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares

Para lograr una correcta conformación y limpieza de los conductos radiculares es indispensable la instrumentación e irrigación del sistema de conductos. Los principales objetivos de la instrumentación de los conductos son (6):

1) Proporcionar un entorno biológico (control de la infección) que conduzca a la curación.

2) Modelar el conducto con una forma receptiva para el sellado final.

Históricamente, la mayoría de instrumentos dedicados a remodelar el conducto se diseñaron para usarse manualmente. Recientemente, los instrumentos rotatorios han alcanzado un interés considerable, y la mayoría se emplean en combinación con los instrumentos manuales (9).

Para aumentar la eficacia de la preparación mecánica y la eliminación de bacterias, la instrumentación debe complementarse con soluciones de irrigación activas. Irrigación se define como el lavado de una cavidad o herida corporal con agua o un líquido medicado. Aspiración se define como el proceso de eliminar líquidos o gases del cuerpo por succión (10).

Los objetivos de la irrigación son mecánicos y biológicos. El objetivo mecánico es eliminar residuos, lubricando el conducto y disolviendo tejido orgánico e inorgánico. La función biológica de los irrigantes se relaciona con su efecto antimicrobiano (11).

2.2.3.1. Eliminación del debris en el tratamiento de conductos

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es reducir los microorganismos del sistema de conductos radiculares infectados hasta niveles compatibles con la curación. La instrumentación mecánica puede eliminar la mayor parte del tejido infectado y facilitar la entrada de irrigantes en todo el sistema de conductos radiculares (12).

Un tratamiento endodóntico eficaz requiere la combinación de agentes físicos y químicos para erradicar los restos de tejido blando, la capa de debris y los microorganismos, ya que la acumulación de restos en el sistema de conductos radiculares hace imposible una limpieza y desinfección efectivas (12).

Con el fin de aumentar la tasa de éxito del tratamiento de conductos, es de suma importancia asegurar la penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios. La penetración del sellador se da posterior a una correcta eliminación de debris y de esta forma se evita la repoblación bacteriana y promueve la inactivación de las bacterias remanentes dentro de los túbulos al actuar como agente de bloqueo; además, el sellador mejora la retención mecánica del material de obturación dentro

del conducto radicular. Por lo tanto, la penetración del sellador en los túbulos dentinarios se considera clínicamente relevante en el éxito del tratamiento (13).

2.2.3.2. Contenido del debris

El debris se compone de detritos compactos dentro de la superficie de los túbulos dentinales por la acción de los instrumentos al realizar la conformación del conducto radicular. Se compone de trozos de dentina resquebrajada y de tejidos blandos del conducto. Estos materiales se liberan del hueco de las estrías de los instrumentos ensuciando la superficie del conducto al arrastrar las puntas de los mismos. Dado que el barrillo dentinario está calcificado, la manera más eficaz de eliminarlo es mediante la acción de ácidos débiles y de agentes quelantes (14).

En 1984 Pashely describió la capa de debris como compuesta por dos fases; una fase orgánica, compuesta por residuos de colágeno y glicosaminoglicanos de la matriz extracelular de las células pulpares, que actúa como matriz de una fase inorgánica. Este contenido órgano-mineral está compuesto por dos capas distintas superpuestas. La primera capa cubre la pared del conducto y es poco adherente y fácil de eliminar. La segunda capa, sin embargo, ocluye los túbulos dentinarios y se adhiere fuertemente a las paredes del conducto (14).

Para obtener una eficiente penetración del sellador, es de suma importancia la eliminación del debris mediante la preparación biomecánica, ya que la instrumentación del conducto radicular produce debris que contiene restos de dentina, restos orgánicos como tejido pulpar, procesos odontoblásticos, restos necróticos, eritrocitos y microorganismos y sus productos metabólicos (14).

2.2.3.3. Eliminación del debris mediante irrigación

La irrigación del conducto radicular es un procedimiento esencial en el tratamiento de conductos para la eliminación de debris. Actualmente, se recomienda una irrigación final con productos químicos como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17% y el hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% para eliminar los componentes inorgánicos y orgánicos del debris (14).

La acumulación de restos de tejido duro durante el proceso de limpieza y conformación es un fenómeno bien aceptado. Esta capa de debris puede representar el 6% del volumen total de la raíz después de la instrumentación, y sólo el 50% de estas partículas se eliminan con agentes quelantes fuertes como el EDTA utilizado con NaOCl o con técnicas convencionales de presión apical positiva. Una estrategia alternativa incluye la prevención de la acumulación de restos de tejido duro durante la preparación quimomecánica (15)

La instrumentación mecánica puede eliminar la mayor parte del tejido infectado y facilitar el suministro de irrigantes en todo el sistema de conductos radiculares. El NaOCl sigue siendo la solución más utilizada por su actividad antimicrobiana y su capacidad para disolver el tejido orgánico. La eficacia química depende de su forma de cloro libre, en la que influyen factores como su concentración, el tiempo de exposición, el pH, la temperatura y la interacción con otras sustancias orgánicas o inorgánicas pre enviadas en el espacio del conducto radicular. Una vez introducido en el conducto radicular, el NaOCl reacciona con la materia orgánica, provocando el agotamiento del cloro libre disponible y dando lugar a la degradación de las proteínas, el aumento de la temperatura y los cambios en el pH (12).

Para comprender cómo actúa es de importancia mencionar sus tres mecanismos de acción (16)

1) Saponificación: el irrigante actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grados hacia sales ácidas grasosas (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la tensión superficial de la solución remanente. Este proceso permite la destrucción de las bacterias.

2) Cloraminación: La reacción entre el cloro y el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular, esto significa que el cloro actúa con un oxidante que va a inhibir enzimas esenciales de las bacterias, además que producirá una oxidación irreversible de los grupos sulfhidrillo de las enzimas bacterianas esenciales, las cuáles se encuentran en la pared celular, así como en la membrana citoplasmática. Cuando dichas enzimas son afectadas la bacteria reduce su acción

debido a que éstas son responsables de funciones como metabolismo y crecimiento celular, por tal motivo muere.

3) Neutralización: El NaOCl neutraliza ainoácidos formando agua y sal.

El NaOCl es un excelente antimicrobiano, capaz de disolver tejido necrótico, tejido pulpar vital y los componentes orgánicos de dentina y biopelículas. Esta solución es conocida como “lejía”, se usa a menudo como desinfectante o blanqueador. Es el irrigante de elección en endodoncia, por su eficacia frente patógenos y la digestión de la pulpa (6).

Figura 4. Hipoclorito de sodio.

En la figura se observa una fotografía de la presentación comercial del NaOCl al 5.40% de la casa comercial CLORALEX (9).

El NaOCl satisface muchas de las características ideales de un agente irrigante y desinfectante para el conducto radicular, entre las cuáles destacan que tiene una actividad antimicrobiana de amplio espectro frente a microorganismos y biopelículas endodónticas, incluyendo aquellos difíciles de erradicar de los conductos radiculares, como las especies *Enterococcus faecalis, Actinomyces y Candida albicans*. Durante la terapia endodóntica las soluciones de NaOCl se usan concentraciones variables entre 0.5 y el 6%. En bloques de dentina infectados, una solución de NaOCl al 0.25%

fue suficiente para eliminar a *Enterococcus faecalis* en 15 min; una concentración de NaOCl al 1% requirió 1 h para eliminar a *Candida albicans* (6).

El EDTA se propone a menudo como solución de irrigación porque puede quelar y eliminar la porción mineralizada del barrillo dentinario. Es un ácido poliaminocarboxílico. Este sólido incoloro e hidrosoluble se produce a gran escala para muchas aplicaciones. Su importancia como quelante surge de su capacidad para secuestrar iones metálicos di- y tricatiónicos. Después de ser unidos por EDTA, los iones metálicos están en solución, pero con menor reactividad (6).

Figura 5. Ácido etolediaminotetraacético (EDTA).

En la figura se observa una fotografía de la presentación comercial del EDTA de la casa comercial Meta Biomed (10).

El EDTA solo normalmente no puede eliminar de forma eficaz el debris, debe añadirse un componente proteolítico (*e.g.* NaOCl) para eliminar los componentes orgánicos del barrillo dentinario. Suele utilizarse a una concentración del 17% y puede eliminar el debris cuando contacta directamente con la pared del conducto durante menos de 1 min. El proceso descalcificante es autolimitado. En la preparación de conductos, el EDTA tiene un valor limitado solo como irrigante (6). Es una sustancia muy utilizada para lubricar conductos muy estrechos, así como para desarrollar su capacidad de solución surfactante que permite que se reduzca la

tensión superficial, lo que propiciará mejor penetración y de esta forma promueve la remoción de barrillos dentinarios remanentes en paredes posterior a la conformación de los conductos principales, dicho barrillo será perjudicial en la penetración del NaOCl y posterior obturación tridimensional (19,20).

2.3. TÉCNICAS DE IRRIGACIÓN Y DESINFECCIÓN

Además de la irrigación convencional, se han propuesto y probado otra gran variedad de técnicas para la desinfección en la terapia endodóntica, como sistemas de láser y ozono gaseoso (21).

2.3.1. Irrigación convencional con aguja endodóntica

La eficacia de la irrigación del conducto radicular en cuanto a la eliminación de residuos y erradicación de bacterias depende de varios factores: diámetro del conducto radicular, diámetro interno y externo de la aguja, profundidad de penetración de la aguja, presión de irrigación, viscosidad del irrigante, velocidad del irrigante en la punta de la aguja y tipo y orientación del bisel de la aguja (21).

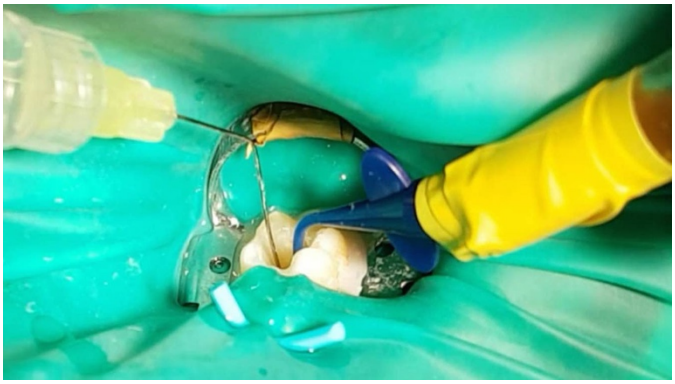

Figura 6. Irrigación del conducto radicular con aguja endodóntica.

En la figura se observa una Irrigación del conducto radicular con jeringa hipodérmica y aguja endodóntica (11).

El tamaño y la longitud de la aguja de irrigación respecto a la dimensión del conducto es fundamental para que la irrigación sea eficaz y adecuada. Si el diámetro externo de la aguja es demasiado grande o rígido, puede impedir la introducción del irrigante en el punto más apical del conducto radicular o en áreas de conductos curvos. Por otra parte, las agujas estrechas necesitan más presión del émbolo y extrudirán el irrigante a mayor velocidad que agujas de gran diámetro. Por lo tanto, el diámetro interno de la aguja se correlaciona con la presión necesaria para mover el émbolo de la jeringa y la velocidad a la que se sale el irrigante (6).

Exponiendo la información anterior, se determinó que la presión menor necesaria para irrigar con agujas de mayor diámetro son de calibre 23 a 24 en comparación con diámetros más pequeños de calibre 24 a 30 (22). Las agujas comunes tienen un diámetro externo de 0.40 mm (calibre 27), pero también existen puntas de irrigación especiales con diferentes diámetros. Para mejorar la seguridad de irrigación y evitar la extrusión apical del irrigante, algunas agujas liberan la solución por aberturas laterales y tienen una punta cerrada y segura (6).

La irrigación con agujas es el método convencional para suministrar los químicos en el conducto radicular, pero para alcanzar toda la longitud, la punta de la aguja debe introducirse a 1 mm de la longitud de trabajo, lo que aumenta el riesgo de extrusión del irrigante desde el foramen apical. Por lo tanto, para mejorar la eficacia y la distribución de los irrigantes, se han desarrollado diferentes técnicas y dispositivos de irrigación (14).

2.3.2. Desinfección por fotoactivación

La terapia fotodinámica o terapia activada por luz puede tener aplicaciones endodónticas por su eficacia antimicrobiana. En principio, la estrategia utiliza un fotosensibilizador acumulado selectivamente o producido endógenamente (compuesto fotoactivo). La activación de moléculas fotosensibilizantes por una longitud de onda de luz específica produce entidades químicas nocivas que destruyen bacterias. El oxidante fuerte generado durante el proceso puede actuar en múltiples dianas de una célula microbiana, provocando daño en la membrana (capa

célular que separa el interior de la célula del ambiente exterior para protegerla), inactivación enzimática y daño de ácido desoxirribonucleico (ADN) genómico y plásmido, provocando la muerte instantánea. Además, la destrucción de bacterias activada por la luz tiene una actividad antimicrobiana de amplio espectro, con una mínima posibilidad de dar lugar a una población microbiana resistente, haciendo que sea un desinfectante ideal. Combatir las infecciones humanas localizadas mediadas por biopelículas es una de las aplicaciones médicas potenciales de la terapia activada por luz (6).

2.3.3. Desinfección por luz ultravioleta

La luz ultravioleta (UV) se utiliza ampliamente como desinfectante. Esta desinfección consiste en un iluminador ultravioleta intraconducto con dimensiones de lima endodóntica, que permite la iluminación circunferencial uniforme de las paredes del conducto radicular con luz UV de 254 nm. El dispositivo se usa como desinfección suplementaria después de irrigar el conducto con NaOCl. Sin embargo, las bacterias de las capas internas de biopelículas gruesas pueden protegerse de la luz UV, que es absorbida por las bacterias en las capas externas (6).

2.2.4. Activación ultrasónica pasiva

Los primeros dispositivos para la activación del irrigante fueron introducidos en endodoncia por Richman. Estos dispositivos funcionan por vibración transversa, configurando un patrón característico de nodos y antinodos en su longitud (6).

Se han descrito dos tipos de irrigación ultrasónica en la literatura médica: uno en el que la irrigación se combina con instrumentación ultrasónica (IU) simultánea y otro sin instrumentación simultánea, llamado irrigación ultrasónica pasiva (IUP). Durante la IU, la lima se pone en contacto intencionadamente con la pared del conducto radicular. Se ha observado que la IU es menos eficaz que la IUP en la eliminación de tejido pulpar de conductos radiculares o el debris dentinario de la pared del conducto. Esto puede deberse a una reducción de la corriente acústica y cavitación. Debido a la compleja anatomía del conducto radicular, el instrumento nunca contactará con

toda la pared del conducto. Por lo tanto, la IU podría efectuar un corte no controlado de la pared, sin una limpieza eficaz (6).

La IUP fue descrita por Weller *et al.* El término pasivo no describe adecuadamente el proceso porque, de hecho, es activo. Al principio, el término pasivo se relacionaba con la acción no cortante de la lima activada ultrasónicamente. La IUP se basa en la transmisión de energía acústica de una lima oscilante o un alambre liso a un irrigante en el conducto radicular. La energía se transmite por ondas ultrasónicas y puede inducir una corriente acústica y cavitación del irrigante. Una vez modelado el conducto a la lima apical maestra, se introduce una lima pequeña en el centro del conducto, hasta la región apical. El conducto radicular se llena con una solución irrigante que se activa con la lima oscilante ultrasónicamente. Dado que el conducto radicular ya se ha conformado, la lima pueden moverse libremente y el irrigante puede entrar más fácilmente en la zona apical del sistema de conductos radiculares, y el efecto de limpieza es más significativo. Con esta metodología no cortante, se reduce al mínimo el potencial de crear formas aberrantes en el conducto radicular. Una lima mayor del #15 o 20 sólo oscilará libremente en un conducto ancho. De hecho, una lima #25 produce menos corriente acústica que una lima 15 y 20. La eficacia de limpieza de la IUP implica la eliminación eficaz de los residuos de dentina, microorganismos y tejido orgánico del conducto radicular. Por la corriente activa del irrigante, aumentará el contacto con una mayor superficie de la pared del conducto (6).

Entre las técnicas de activación ultrasónica pasiva de los agentes irrigantes se encuentran: i) la irrigación sónica activada (ISA), que presenta vibraciones de gran amplitud y baja frecuencia, y ii) la irrigación ultrasónica activada (IUA), que presenta vibraciones de baja amplitud y alta frecuencia. Ambas técnicas tienen como objetivo mejorar la eficacia química y mecánica de los procedimientos de irrigación del conducto radicular. Para ambos métodos se han confirmado que el microflujo acústico y la cavitación hidrodinámica (la formación e implosión de burbujas de vapor) han sido reivindicados como sus mecanismos de funcionamiento (23). Estos dispositivos permiten la entrada del irrigante hasta la longitud de trabajo dando lugar

a zonas más limpias en comparación con la irrigación convencional, aumenta la disolución del tejido y reduce significativamente el número de bacterias presentes en el interior del sistema de conducto radicular (13).

2.2.4.1. Irrigación sónica activada

Los microorganismos tienen la capacidad de sobrevivir y colonizar en zonas inaccesibles a los irrigantes antibacterianos, esto puede explicarse por la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares y las limitaciones asociadas a los procedimientos contemporáneos de desbridamiento e irrigación químico-mecánica. Se han realizado esfuerzos para superar el problema mencionado mediante la introducción de diferentes dispositivos de activación dinámica del irrigante para mejorar la eficacia de la irrigación del conducto (24).

La activación sónica fue utilizada por primera vez por Tronstadt *et al.* en 1985 y fueron los primeros en estudiar un instrumento sónico para el tratamiento endodóntico (25). Se ha informado del desprendimiento del biofilm dentro del espacio del conducto instrumentado utilizando la irrigación con jeringa, la irrigación con láser y los dispositivos de activación sónica y ultrasónica. Entre estas técnicas, se ha informado que los sistemas accionados por sónicos son un método complementario para desalojar las biopelículas de las paredes del conducto mediante un mecanismo de flujo acústico. Este último se refiere al flujo de un fluido impulsado por la absorción de oscilaciones acústicas de gran amplitud. El flujo acústico es uno de los dos mecanismos propuestos para el desprendimiento de residuos y biofilms dentro del espacio del conducto radicular. La cavitación (crecimiento y posterior implosión de burbujas de líquido), el mecanismo complementario a la corriente acústica, sólo se ha identificado con dispositivos de activación ultrasónica. Por lo tanto, es poco probable que este mecanismo se produzca con dispositivos sónicos porque las velocidades y amplitudes de las oscilaciones producidas por estos dispositivos son generalmente demasiado bajas para incitar la implosión de las burbujas (24).

La generación de microflujos oscilatorios mediante dispositivos de irrigación sónicos contemporáneos puede lograrse utilizando limas metálicas con púas, puntas de

aguja convencionales con ventilación lateral o puntas de polímero desechables (*e.g.*, EndoActivator, Dentsply Sirona) (24).

2.4. DISPOSITIVOS PARA LA ACTIVACIÓN DE IRRIGANTES

En la actualidad existen una variedad de dispositivos para la activación de los agentes irrigantes que actúan a través de los mecanismos antes mencionados, entre ellos se encuentran el Sistema de Waterpik, y el dispositivo EndoActivator, los cuales emite ondas sónicas.

2.4.1. Waterpik FLA- 220

Figura 7. Waterpik FLA-220.

En la figura se muestra una imagen del dispositivo Waterpik diseñado para limpieza interproximal (17).

El Waterpik Power Flosser de la casa comercial Waterpik con puntas flexibles de nylon FLA-220 está clínicamente probado como un hilo dental. Cuenta con una punta de nylon flexible, que se desliza entre los dientes para limpiar la placa dental. El Waterpik Power Flosser proporciona 10,000 movimientos suaves por minuto para eliminar la placa dentobacteriana por encima y por debajo de la línea de las encías. La punta de nylon flexible se desliza fácilmente entre los dientes y es lo suficientemente suave como para usarlo todos los días. Su diseño ergonómico del mango facilita su uso con una sola mano, en comparación a la técnica del hilo dental. Las puntas de recambio están disponibles en opciones de blanqueamiento o no (con

sabor a menta). El Waterpik Power Flosser FLA-220 incluye: Unidad Power Flosser, 1 pila AA y 15 puntas flexibles de nylon (17).

2.4.2. EndoActivator

El sistema EndoActivator (Dentsply Sirona), consiste en unas puntas de polímero que efectúan de 2,000 a 10,000 ciclos por min con pequeños movimientos longitudinales de 2 mm (6). El sistema EndoActivator se introdujo para mejorar la fase de irrigación. Se trata de un sistema de irrigación de conductos accionado por sonido que comprende una pieza de mano portátil y 3 tipos de puntas de polímero flexibles desechables de diferentes tamaños que no cortan la dentina radicular (puntas activadoras: calibre 15 pequeñas (#15/0.02), calibre 25 medianas (#25/0.04), calibre 35 grandes (#35/0.04)). Su diseño permite la activación segura de varios reactivos intraconductos y podría producir una agitación vigorosa del líquido intraconducto (27).

Figura 8. Endoactivator.

En la figura se muestra una imagen del dispositivo EndoActivator diseñado para mejorar la fase de irrigación (28)

Se ha demostrado que el sistema EndoActivator es capaz de debridar el barrillo dentinario así como la biopelícula situada dentro de conductos curvos, incluso por su cualidad de generar corriente acústica y cavitación permite la remoción de hidróxido de calcio (29). Así mismo, se comprobó que irriga mejor los conductos laterales situados a 4.5 y 2 mm de la longitud de trabajo en comparación con la irrigación tradicional por aguja, además, elimina la capa de barrillo dentinario utilizada con

agentes desmineralizadores como el EDTA y desplaza grupos de biofilm simulado dentro de los conductos curvos de los dientes (30).

Figura 9. Punta activadora de EndoActivator.

En la figura se muestra una imagen de la punta activadora del dispositivo EndoActivator calibre 25 (16).

2.5. SECUENCIA PROPUESTA PARA LA IRRIGACIÓN FINAL

El proceso de irrigación cumple con varios objetivos, como poseer la capacidad de arrastre, retirar los restos de dentina para evitar el taponamiento del conducto radicular, ser capaz de producir la disolución de agentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular, y dependiendo de las soluciones irrigantes, podemos agregar poseen acción antiséptica o desinfectante y lubricante para los instrumentos cuando trabajan en el interior de los conductos (2).

Por otro lado, sabiendo que la acción de los instrumentos se limita al conducto principal y, en algunos casos, a los conductos colaterales, debemos ayudarnos con sustancias químicas que tengan la posibilidad de alcanzar al resto del sistema de conductos, sean laterales, recurrentes, cavofurcales, etc. Se propuso establecer una secuencia estándar para una irrigación final exitosa para el tratamiento de conductos y de esta forma asegurar un mayor porcentaje de desinfección en los conductos radiculares (2):

1) Solución NaOCl al 2.5-5% acompañado de una agitación pasiva mediante una lima ultrasónica o sónica número 15 a 25, 1 mm más corta que la longitud de trabajo, durante 1 min.

2) Solución quelante: EDTA al 17%, ácido cítrico al 10% o ácido maleico al 7% y agitación pasiva durante 1 min.

3) Solución con sustantividad: clorhexidina al 2%, centrimida al 0.2%, alexidina al 1-2%, suero fisiológico al 0.9% y agitación pasiva durante 30 s.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La completa remoción del debris es esencial para asegurar el éxito del tratamiento de conductos, para ello es fundamental el uso de dispositivos que faciliten su remoción a través de la activación de los agentes irrigantes. Esta activación puede conseguirse con la emisión de ondas sónicas empleando dispositivos de uso profesional, e incluso con múltiples dispositivos de venta al público en general, lo que se traduce en costos más accesibles. Por lo tanto, en el presente estudio se plantea comparar la eficacia de la remoción de debris utilizando el dispositivo sónico Waterpik operando con puntas activas del EndoActivator y el dispositivo EndoActivator.

IV. JUSTIFICACIÓN

La activación de los irrigantes es fundamental para obtener una mejor eliminación de debris del sistema de conductos, sin embargo, el costo de los equipos para su activación es alto. El presente estudio plantea evaluar la eficacia de activación de irrigantes con el dispositivo sónico Waterpik confeccionado con puntas activas del dispositivo EndoActivator. El dispositivo Waterpik es comercializado de forma pública y su costo es inferior que los dispositivos fabricados para uso odontológico exclusivo. De confirmarse la hipótesis planteada en este proyecto se incrementaría significativamente el acceso a dispositivos para la activación de irrigantes y con esto su uso entre la población odontológica.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en este trabajo de investigación nos permitirá identificar diferencias -si las hay- en la eficacia de los dispositivos sónicos Waterpik (operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y el dispositivo EndoActivator en la remoción de debris de órganos dentarios (O.D.) extraídos.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la eficacia de los dispositivos sónicos objeto de estudio en la remoción de debris de O.D. extraídos.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la eficacia de los dispositivos sónicos objeto de estudio en la remoción de debris de O.D. extraídos.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el porcentaje de la remoción de debris del sistema de conductos radicular de los dispositivos Waterpik (operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y Endoactivator en O.D. extraídos.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Instrumentar 33 O.D. extraídos con el sistema Protaper Gold.
2. Remover el debris generado con los sistemas objeto de estudio.
3. Determinar la cantidad de debris removido a través de análisis de imagen.
4. Realizar análisis estadístico de los resultados obtenidos.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Dispositivos de irrigación (Waterpik operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator y EndoActivator).

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Porcentaje de remoción de debris del conducto radicular.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

La eficacia en la remoción de debris de los dispositivos de irrigación objeto de estudio fue evaluada a través de un ensayo *in vitro* en O.D. extraídos. Para ello, 33 O.D. fueron instrumentados con el sistema Protaper Gold y divididos en tres grupos: Grupo 1 (O.D. sin tratamiento), Grupo 2 (O.D. tratados con el dispositivo Waterpik operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y Grupo 3 (O.D. tratados con el dispositivo EndoActivator). Después los Grupos 2 y 3 fueron tratados con los dispositivos objeto de estudio. Posteriormente, en los tres Grupos el debris fue teñido con la solución de azul de metileno al 1% y a continuación las muestras fueron seccionadas longitudinalmente. El porcentaje de remoción de debris se determinó a través de fotografías que fueron analizadas con el software Image J. Finalmente, se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

33 O.D. uniradiculares extraídos divididos en 3 Grupos (n = 11):

Grupo 1: O.D. sin tratamiento.

Grupo 2: O.D. tratados con el dispositivo Waterpik operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator.

Grupo 3: O.D. tratados con el dispositivo EndoActivator

8.2.1. Criterios de inclusión

1. O.D. incisivos superiores
2. O.D. con conductos rectos
3. O.D. con conductos permeables

8.2.2. Criterios de exclusión

1. O.D. con conductos calcificados
2. O.D. con conductos con curvaturas prominentes
3. O.D. con fracturas de raíz
4. O.D. con tratamiento endodóntico previo
5. O.D. con reabsorciones internas y/o externas.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Se emplearon 33 incisivos centrales superiores humanos de reciente extracción, los cuales se rasparon y alisaron mediante una cureta #7/8 (Cureta Satins Steel Gracery Rigid #7/8, Hu-Fiedy). Para decoronar los O.D. se utilizó una pieza de baja velocidad (BORGATTA SL, USA) y un disco de diamante doble cara (SYNDENT Tools Co., Ltd, China). Se confirmó la permeabilidad y morfología del conducto radicular mediante radiografias con Radiovisografo Ecleris RVG 6200 (Carestream Dental, Atlanta, GA. EUA). Se barnizó la raíz del O.D. con un gel coat transparente (DN Dreams Nails Prefessional System). El acceso coronal fue realizado con fresa de bola de diamante (MDT Micro Diamond Technologies Ltd.) y EndoZ (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza), con una pieza de mano de alta velocidad (NSK PANAMAX 2 Dental Korea Co., Ltd., Seú). La localización de los conductos se realizó con el instrumento DG16 (Hu-Friedy Mfg. Co., LLC. European Headquarters Astropark - Lyoner Str. 9 60528 Frankfurt).

Para simular las condiciones *in vivo* a nivel apical se colocó cera para bases toda estación (Filenes). Para la conformación de los conductos se emplearon limas manuales #10 y #15, limas rotatorios ProTaper Universal hasta la lima F3 (Denstply Sirona, Ballaigues, Suiza). Para activar las limas se empleó el motor para rotatorios X-SMART PLUS (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). Los conductos radiculares se irrigaron con NaOCl al 5.25% (Cloralex, Industrias ALEN, S.A DE C.V México), EDTA al 17% SmearClear (Kerr, Orange, California, Estados Unidos) y cloruro de sodio al 0.9% (Solución CS PiSA). Para realizar la irrigación se empleo una jeringa hipodérmica de 5 ml (Becton Dickinson de México, SA de CV, México). Para secar los conductos se usaron puntas de papel número 30 (HYGIENIC Coltène/Whaledent Inc.).

Para el protocolo de activación de los irrigantes se utilizó aguja de irrigación salida lateral calibre 30 (ACMEDENT, Dr #5, Concord, Canadá). Como sistema de activación se emplearon los sistemas de irrigación sónico EndoActivator (Dentsply Maillefer) y Waterpik (Waterpik Power Flosser FLA-220), ambos dispositivos fueron utilizados con puntas de EndoActivator (Dentsply Maillefer) calibre 25. Se tiñeron las

muestras con azul de metileno al 1% (all-Blue, Biomaa, México). Por último, las raíces se seccionaron longitudinalmente con el disco de diamante doble cara y para tener un corte más preciso se utilizó nitrógeno líquido EndoIce (HYGIENIC Coltène/Whaledent Inc.) para congelar la muestra y seccionarla haciendo palanca con una espátula para cemento. Finalmente, se evaluó la eliminación de debris de los conductos radiculares tomando fotografías con cámara Nikon D3200 y lente Macro Nikon 105 mm.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. Preparación de los órganos dentales

Desde el momento de su extracción los O.D. fueron almacenados en cloruro de sodio. Para su uso, se desinfectaron con NaOCl al 5.25% durante 1 h y posteriormente se lavaron con cloruro de sodio al 0.9%. Los O.D. fueron raspados y alisados con una cureta #7/8 y posteriormente decoronados y estandarizados a una longitud de 14 mm en sentido apico-coronal con un disco de diamante doble cara y se tomaron radiografías vestibulares para garantizar la permeabilidad y rectitud del conducto. Se colocaron 3 capas de barniz transparente en la raíz del O.D a 1 mm del ápice, dejando 1 h de secado entre cada capa, y se prosiguió realizando el acceso cameral con una fresa de bola de diamante y se localizó el conducto con el instrumento DG16. Para la longitud de trabajo y exploración del conducto se utilizaron limas #10 y #15 K, hasta que la punta de ésta fue visible a través del foramen apical, se resto 0.5 mm de la longitud total de la raíz.

Figura 10. Colocación de barniz en porción radicular.

En la figura se muestra un órgano dental decoronado y en proceso de colocación de una capa de barniz de uñas transparente.

Para simular las condiciones *in vivo* se colocó cera rosa para bases toda estación en la porción apical. Todos los conductos radiculares se conformaron a su respectiva longitud de trabajo (LT) hasta la lima F3 ProTaper Universal a la velocidad y torque recomendado por el fabricante. Durante el proceso de instrumentación, entre instrumentos, se irrigó con 1 ml de NaOCl al 5.25% a 1 mm de la LT. Finalmente, los O.D se dividieron aleatoriamente en 3 grupos (n = 11).

Figura 11. Conformación del conducto radicular.

En la figura se muestra un órgano dental en proceso de conformación del conducto radicular hasta su lima final F3 ProTaper Universal.

8.4.2. Protocolo de irrigación final

El protocolo de irrigación final para el Grupo 1 (O.D. sin tratamiendo) se llevó a cabo tras finalizar la instrumentación con la lima F3 ProTaper Universal irrigando con 1 ml de NaOCl al 5.25% y posteriormente se irrigó con 1 ml de cloruro de sodio al 0.9%. En lo que respecta a los Grupos 2 y 3 (O.D. tratados con el dispositivo Waterpik operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator y O.D tratados con EndoActivator, respectivamente) el protocolo de irrigación final se llevó a cabo tras finalizar la instrumentación con la lima F3 ProTaper Universal irrigando con 1 ml de NaOCl al 5.25% el cuál se activo con el dispositivo objeto de estudio con puntas calibre 25 durante 1 min, posteriormente se irrigó el conducto con 1 ml de cloruro de sodio al 0.9%, se irrigó nuevamente el conducto con 1 ml de EDTA al 17% el cuál se activó con el dispositivo objeto de estudio con puntas calibre 25 durante 1 min, finalmente se irrigó con 1 ml de cloruro de sodio al 0.9%.

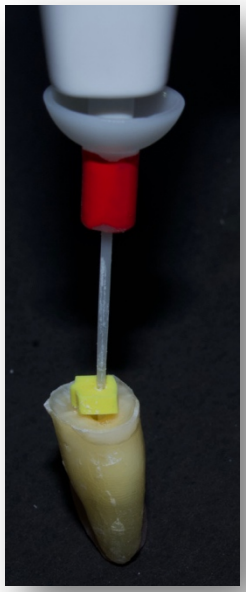

Figura 12. Activación de agentes irrigantes con puntas de EndoActivator.

En la figura se muestra un órgano dental en proceso de activación de agente irrigante con una punta activa de EndoActivator calibre 25.

8.4.3. Tinción con azul de metileno al 1%

Todos los conductos radiculares fueron secados con puntas de papel #30. Después, la solución de azul de metileno fue inyectada con aguja de irrigación calibre 30 dentro del conducto a la LT hasta observar una ligera extrusión de ésta a través del foramen apical, posteriormente la jeringa fue retirándose del conducto mientras se llenaba de azul de metileno. Dicha sustancia se mantuvo en el conducto radicular por 3 min y posteriormente el excedente se aspiró con aguja de irrigación calibre 30 seguido por un secado del conducto radicular con puntas de papel #30. La porción cervical y apical fueron selladas con cera rosa para base toda estación para evitar introducir residuos al interior del conducto y de esta forma evitar alterar los resultados de las muestras.

Figura 13. Tinción de conducto radicular.

En la figura se muestra la tinción del conducto radicular con azul de metileno al 1%.

8.4.4. Sección de muestras

Las raíces fueron seccionadas longitudinalmente con un disco de diamante doble cara en sentido vesitubulo-lingual sin llegar al conducto radicular, una vez marcada la sección se aplicó nitrógeno líquido para congelar la muestra, se introdujo en la raíz una espátula de cemento realizando movimiento rotacional y de esta forma provocar la fractura total de la raíz. Después se eliminó el polvo generado del corte empleando una brocha y aire a presión y posteriormente se eliminó la cera rosa para base toda estación.

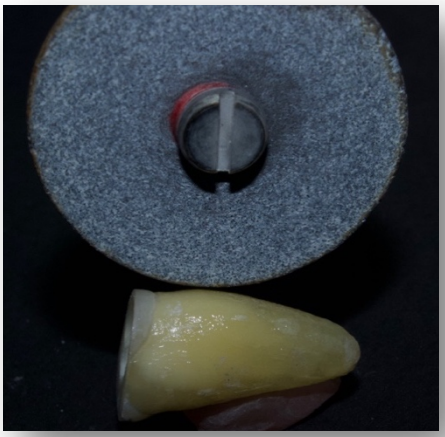

Figura 14. Sección de órgano dental.

En la figura se muestra la sección vertical de un órgano dental con disco de diamante doble cara.

8.4.5. Evaluación de la eliminación de debris

Se evaluó la eliminación de debris de los conductos radiculares observando el remanente de debris alojado en la longitud total de la raíz por medio de las fotografías obtenidas con cámara y macro. Las imágenes se observaron en el software Image J y se empleó la herramienta Freehand selections para medir el área total del conducto radicular y el área total de debris remanente.

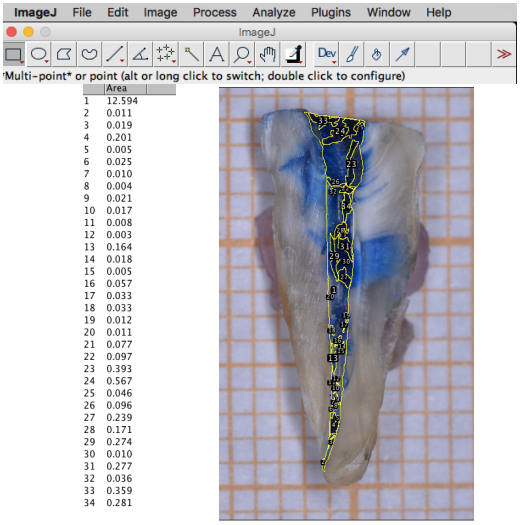

Figura 15. Análisis de eliminación de debris.

En la figura se muestra el análisis de eliminación de debris a través del software Image J.

El porcentaje de debris remanente en los conductos radiculares después de la activación de los irrigantes con los sistemas objeto de estudio se calculó empleando la siguiente expresión:

Ecuación 1

$$\textbf{\textit{Debris remanente}}\ (\%) = \frac{\textbf{\textit{Área con debris}}}{\textbf{\textit{Área total del conducto}}} \textbf{\textit{x}}\ \mathbf{100}$$

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo empleando el método de Análisis de Varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) de una vía en conjunto con los métodos de post hoc Bonferroni y Tukey. La diferencia estadística fue considerada como significativa a $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. Porcentaje de remanente de debris en conductos radiculares

Para evaluar el porcentaje de debris remanente en el conducto radicular de los O.D. tratados con los dispositivos de irrigación Waterpik (operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y EndoActivator, los conductos fueron teñidos con azul de metileno al 1% y fotografiados para su evaluación a través de análisis de imagen Image J, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 16.

En la Figura 16 se pueden observar los porcentajes de debris remanente que exhibieron los grupos de estudio, presentando valores de 27% (O.D. sin tratamiento), 18% (O.D. tratados con Waterpik) y 16% (O.D. tratados con EndoActivator). A partir de estos resultados se puede confirmar que los dispositivos objeto de estudio disminuyen el porcentaje de debris del conducto reduciendo entre un 33 y 40% el debris con respecto al grupo de O.D. a los que no se les realizó la activación de los agentes irrigantes (O.D. sin tratamiento).

En lo que respecta al análisis estadístico de los resultados, demostró que existe diferencia estadísticamente significativa al comparar el porcentaje de debris remanente de los O.D. sin tratamiento con los porcentajes de debris remanente exhibidos por los O.D. tratados con los dispositivos de irrigación objeto de estudio. Asimismo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar los porcentajes de debris remanente de los O.D. tratados con los dispositivos de irrigación Waterpik (operado con puntas activas del dispositivo EndoActivator) y EndoActivator. Con base en lo anterior se confirma la Hipótesis Nula (H0) de este trabajo de investigación.

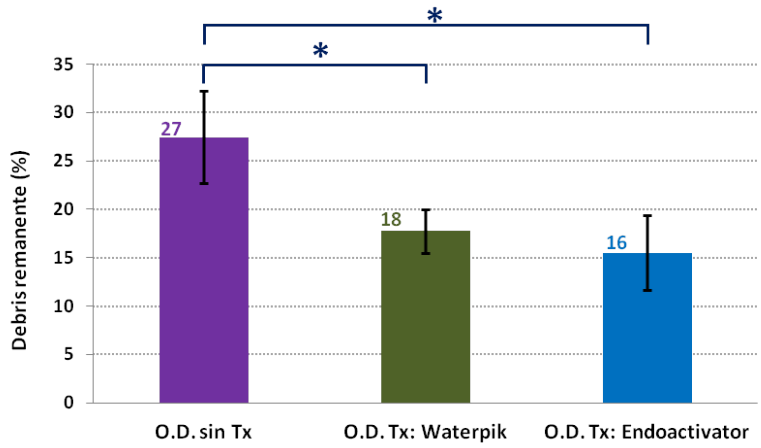

Figura 16. Porcentaje de debris remanente en los conductos radiculares después del tratamiento con los dispositivos de irrigación con activación sónica.

Las columnas representan el promedio de los resultados obtenidos y las barras verticales representan la desviación estándar (n=11), de acuerdo con la Ecuación 1. Los asteriscos representan los casos en donde se encontró diferencia estadísticamente significativa tras las comparaciones (* $p < 0.05$).

X. DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio *in vitro* fue comparar el porcentaje de remoción de debris del sistema de conductos radicular empleando dos dispositivos de irrigación con activación sónica (Waterpik, confeccionado con puntas de EndoActivator y EndoActivator) en O.D. extraídos mediante la tinción del debris remanente con azul de metileno y análisis por imagen.

Con base en los resultados obtenidos se puede observar que el porcentaje de debris remanente en los conductos radiculares de los O.D. tratados con los dispositivos objeto de estudio fue menor que el porcentaje de debris remanente encontrado en los O.D. a los que no se les realizó activación del agente irrigante. No obstante, al hacer la comparación en la eficacia de remoción de debris entre los dispositivos de irrigación se encontró que independientemente de las diferencias que presentan los dispositivos de activación sónica con respecto a la frecuencia y amplitud, el análisis estadístico de los resultados no arrojó diferencia estadísticamente significativa en la eficacia de eliminación del debris. Lo anterior demuestra que, aunque no hay diferencia estadísticamente significativa entre el desempeño de ambos, los dos sistemas son efectivos en la remoción de debris.

En un estudio Magrin Blank-Gonçalves *et al.* realizaron un análisis cualitativo de la remoción de debris en el tercio apical de conductos curvos, para ello evaluaron 62 conductos mesiobucales que fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos: Grupo 1 (O.D. sin tratamiento), Grupo 2 (O.D. irrigación convencional), Grupo 3 (O.D. con activación ultrasónica con sistema p5 Satelec) y Grupo 4 (O.D. con activación sónica utilizando el sistema EndoActivator). Después del tratamiento con los dispositivos de irrigación, las raíces se dividieron longitudinalmente y fueron analizadas con microscopio electrónico de barrido. Como resultados obtuvieron que el grupo control (O.D. sin tratamiento) mostraba una capa gruesa de barrillo dentinario, el grupo de irrigación convencional presentaba una capa de barrillo dentinario moderada, y por último, los grupos de irrigación sónica y ultrasónica mostraban túbulos dentinarios

limpios y abiertos sin presentar una diferencia estadísticamente significativa entre los dos últimos (14).

Otros estudios han demostrado el efecto de diferentes sistemas de irrigación en la penetración del cemento sellador dentro de los túbulos dentinarios de O.D extraídos. Luigi Generali *et al.* evaluaron el porcentaje de penetración del cemento sellador TopSeal Sealer teñido con Rodamina B en los túbulos dentinarios de O.D que fueron irrigados con aguja endodóntica, EndoActivator, Irrisafe, Lima autoajustable y EndoVac, y obtuvieron que la penetración del sellador no fue diferente entre grupos y que el uso de sistemas para la activación de irrigantes no mejora la penetración del sellador en los túbulos dentinarios obteniendo como valores de penetración 230 micrómetros en el grupo con aguja, 250 micrómetros en grupo de EndoActivator, 270 micrómetros en grupo de Irrisafe, 200 micrómetros en grupo Lima autoajustable y 400 micrómetros en grupo EndoVac, se reportó que no hubo diferencia estadísticamente significativa (13).

Asimismo en 2014 Macedo *et al.* estudiaron la producción de cavitación generada por la activación sónica utilizando el dispositivo EndoActivator y ultrasónica con el dispositivo Irrisafe mediante luminiscencia sónica. Como resultados obtuvieron que la irrigación sónica no producía cavitaciones, es decir colapsos violentos de burbujas, los cuáles crean espacios vacíos sin desinfectar en comparación a todas las muestras con irrigación ultrasónica que demostraron que si producía cavitaciones, dando como consecuencia una desinfección deficiente del conducto (12).

XI. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio *in vitro* para evaluar la eficacia de dos dispositivos de irrigación con activación sónico (Waterpik operando con puntas activas de EndoActivator y EndoActivator) en la eliminación de debris del sistema de conductos. Para evaluar el debris remanente después de la activación con los dispositivos objeto de estudio, se empleó la tinción con azul de metileno al 1% y un software para análisis de imagen.

1. El porcentaje de debris remanente en los conductos radiculares de los O.D. tratados con los dispositivos Waterpik y EndoActivator (18% y 16% respectivamente) fue menor que el porcentaje de debris remanente encontrado en los O.D. a los que no se les realizó activación del agente irrigante (27%).

2. A partir de los resultados obtenidos se puede confirmar que los dispositivos objeto de estudio disminuyen el porcentaje de debris del conducto reduciendo entre un 33 y 40% el debris con respecto al grupo de O.D. a los que no se les realizó la activación de los agentes irrigantes (O.D. sin tratamiento).

3. El análisis estadístico de los resultados demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar el porcentaje de debris remanente de los O.D. sin tratamiento con los porcentajes de debris remanente exhibidos por los O.D. tratados con los dispositivos de irrigación objeto de estudio (Waterpik y EndoActivator).

4. No se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar los porcentajes de debris remanente de los O.D. tratados con los dispositivos de irrigación Waterpik y EndoActivator.

5. Con base en lo anterior se confirma la Hipótesis Nula (H0) de este trabajo de investigación.

XII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda complementar el estudio con caracterización a través de microscopia electrónica de barrido para evaluar la permeabilidad de los túbulos dentinarios.

2. Se recomienda realizar el estudio evaluando O.D. con una variación anatómica curva.

3. Para incrementar las comparaciones entre sistemas de irrigación sónica se sugiere agregar al estudio diferentes dispositivos para valorar su eficacia en la eliminación de debris del conducto radicular.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Gunnar B, Horsted B, Claes R. Endodoncia. 2da Edición. México, D.F.: Editorial El Manual Moderno, S.A de C.V.; 2010.
2. Canalda S, Braú A. Endodoncia. Barcelona, España: Elsevier; 2006.
3. Zeledón M. Guía para la Endodoncia. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica; 2005.
4. Torabinejad M. Endodoncia: Principios y Práctica. 4ta Edición. España: Elsevier; 2010. 1–473 p.
5. Ruddle C. Endodontic disinfectection: Tsunami irrigation. Saudi Endodontic Journal. 2015;5:1–12.
6. Cohen S, Hargreaves KM. Cohen vías de la pulpa. Elsevier; 2011.
7. Berhenholtz G. Endodoncia. México: El Manual Moderno; 2011. 1–371 p.
8. Ilson S, Goldberg. Endodoncia Técnicas y Fundamentos. Buenos Aires, Argentina; 2002.
9. Giardino L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. Journal of Endodontics. 2017;5:492–8.
10. Virdee S. The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. Journal of Endodontics. 2020;0–3.
11. Boutsiokis C. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady computational fluis dynamics model. Journal od Endodontics. 2010;10:874–81.
12. Moliz MT, Morago A, Zapata R, Ferrer CM, Linares M, Baca P. Effects of Dentin Debris on the Antimicrobial Properties of Sodium Hypochlorite and Etidronic Acid. Journal of Endodontics. 2016 May 1;42(5):771–5.
13. Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. Journal of Endodontics. 2017 Apr 1;43(4):652–6.

14. Gonalves LM, Nabeshima CK, Martins GH. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. Journal of Endodontics. 2011 Sep;37(9):1268–71.
15. Zehnder M. Root canal irrigants. Journal od Endodontics. 2006;22:389–98.
16. Estrela C ECBESJMMPJ. Mechanism of action of sodium hypochlorite. Brazilian Dental Journal. 2002;2:113–7.
17. CLORALEX. https://www.cloralex.com.mx. 2019.
18. MD CLEANSER EDTA Solution. BETA BIOMED .
19. Haapasalo M. Irrigation in endodontics. Journal of Endodontics. 2014;5:285–90.
20. Teixeira CS. The effect od apliccation time od EDTA and NaOCl in intracanal smear layer removal: An SEM analysus. Journal of Endodontics. 2005;5:285–90.
21. Berutti E. Penetration ability of different irrigants into dental tubules . Journal of Endodontics. 1997;12:725–7.
22. Parra C. Irrigantes para endodoncia. Notas Dentales. 2017;3:45-47.
23. Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. Journal of Endodontics. 2014;40(4):580–3.
24. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. Journal of Dentistry. 2018 Aug 1;75:105–12.
25. Jensen SA. Comparision of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. Journal of Endodontics. 1999;11:8–35.
26. Irrigador Dental Waterpik; comparativa de los mejores water flosser de waterpik. Dentaly.org. 2017.
27. Gu L. Kim. Review of contemporary irrigant techniques and divices. Journal of Endodontics. 2009;6:791–804.
28. Galler KM. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and pphotoacoustic activation. Journal of Endodontics. 2019;8:1210–7.

29. Wong DT. Extension of bactericidal effect od sodium hypochlorite into dentinal tubules. Journal od Endodontics. 2014;6:9–40.
30. Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator System in Removing the Smear Layer after Root Canal Instrumentation. Journal of Endodontics. 2010 Feb;36(2):308–11.