

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**



**COMPARACIÓN IN VITRO DE DOS INSTRUMENTOS
ULTRASÓNICOS SOBRE EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE
LA SUPERFICIE RADICULAR EXTERNA.**

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

PRESENTA

C.D. GONZÁLEZ GONZÁLEZ CARLOS ALBERTO

PRESIDENTE

(DIRECTOR DEL PROYECTO)

DRA. MARIA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

M.C.S LUIS HERNÁN CARRILLO VARGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

DR. JORGE ARTURO ALVELAIS PALACIOS

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a; 28 de agosto de 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DE DOS INSTRUMENTOS ULTRASÓNICOS SOBRE EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE RADICULAR EXTERNA.**

Propuesto por el **C.D. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



**DRA. MARIA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO
PRESIDENTE**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a; 28 de agosto de 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DE DOS INSTRUMENTOS ULTRASÓNICOS SOBRE EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE RADICULAR EXTERNA.**

Propuesto por el **C.D. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE

EVS
DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a; 28 de agosto de 2020

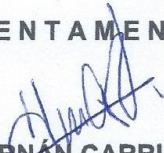
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DE DOS INSTRUMENTOS ULTRASÓNICOS SOBRE EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE RADICULAR EXTERNA.**

Propuesto por el **C.D. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



**M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a; 28 de agosto de 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DE DOS INSTRUMENTOS ULTRASÓNICOS SOBRE EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE RADICULAR EXTERNA.**

Propuesto por el **C.D. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE


DR. JORGE ARTURO ALVELAIS PALACIOS
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**Comparación *in vitro* de dos instrumentos ultrasónicos sobre el
aumento de la temperatura de la superficie radicular.**

PRESENTA

C.D. González González Carlos Alberto

PRESIDENTE

(DIRECTOR DEL PROYECTO)

Dra. Maria Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo

SINODALES

(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)

Dra. Eva Viviana Sarmiento Gutierrez

M.C.S. Carrillo Varguez Luis Hernán

Dr. Jorge Arturo Alvelais Palacios

Tijuana, Baja California, Septiembre 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al CONACyT por la beca otorgada.

Quiero agradecer primero a que nada a Dios.

Agradecer a mi coordinadora de posgrado Dra. Ana Gabriela Carrillo por creer en mi y darme la oportunidad de ingresar al posgrado en Endodoncia.

Tambien quiero agradecer al Dr. Julio Cesar Garcia Briones por apoyarme en todo desde licenciatura, mi servicio social y ahora el posgrado y por su amistad.

Agradecer a mi Directora de tesis Dra. Hofmann Salcedo María Elena de los Angeles en el apoyo para realizar este estudio y por su constante motivacion durante toda mi preparación academica desde licenciatura.

Gracias a mi CO-Director de investigacion Dr. Alvelais y por compartirnos de su conocimiento y siempre hacer muy amenas sus clases.

Gracias a mi CO-Directora de investigación Dra. Vivi , por tenerme muchisima paciencia por quedarse conmigo hasta que terminara de trabajar y por nunca dejarme perder la fe cuando las cosas salian mal de verdad muchas gracias por su apoyo incondicional .

Gracias a mi Co-Director de investigacion M.C.S Luis Hernan Carrillo Varguez, por su amistad, por su constante motivacion para aprender mas y por siempre ayudarme

AGRADECIMIENTOS

en todas las dudas que tuve durante la realización de este trabajo y durante mi tiempo en el posgrado, doctor de verdad muchísimas gracias.

Gracias a mis padrinos de generación de Dr. Salvador Olivares , Dr Julio Cesar Garcia Briones y Dr. Miguel Angel Ramirez.

Quiero agradecer al personal administrativo a Vicky, Adri, Manuel y Nacho por siempre recibirnos con una sonrisa, por los buenos momentos y por su apoyo durante nuestra formación.

También quiero agradecer a mis amigos que me han apoyado desde siempre.

Quiero agradecer a Mayra, Sergio, Keren, Seidi, Daniela, Andrea, Erick, Cristian, Larissa, Aniria, Luis Carlos y Claudia, por ser los mejores compañeros, amigos y hermanos durante este tiempo, por los pleitos, por los buenos ratos en clínica, por los viajes, este camino no hubiera sido igual sin ustedes muchas gracias.

Agradecer a mi novia, Massiel por estar conmigo por este largo camino, por que cuando me quería rendir o me desesperaba por que las cosas no salían como yo quería siempre estuviste apoyándome y creyendo en mí gracias.

Agradecer a mi hermano por siempre ponerme el ejemplo para conseguir lo que uno quiere.

Agradecimiento a mi familia, a mis papas por ser siempre mi ejemplo a seguir por ponerme en esta posición gracias a todos los sacrificios y por motivarme a seguirme preparando y seguir creciendo académicamente y personalmente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	<i>i</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>iii</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>iv</i>
INDICE DE GRÁFICAS.....	<i>v</i>
LISTA DE ABREVIATURAS.....	<i>iv</i>
RESUMEN	<i>1</i>
INTRODUCCIÓN	<i>3</i>
ENDODONCIA.....	<i>3</i>
ANATOMÍA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS.....	<i>4</i>
CÁMARA PULPAR.....	<i>4</i>
CONDUCTO RADICULAR Y SU COMPLEJA ANATOMÍA	<i>5</i>
IRRIGACIÓN.....	<i>6</i>
SOLUCIONES IRRIGANTES	<i>7</i>
HIPOCLORITO DE SODIO.....	<i>9</i>
MODO DE ACCIÓN	<i>9</i>
CONCENTRACIÓN.....	<i>10</i>
EDTA	<i>11</i>
ACTIVACIÓN DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE.....	<i>13</i>
ACTIVACIÓN SÓNICA.....	<i>13</i>
ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA.....	<i>14</i>

CAVITACIÓN	15
IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA - IRRIGACIÓN ACTIVADA POR ULTRASONIDO.....	16
USO DE DISPOSITIVOS ULTRASÓNICOS EN ENDODONCIA	17
ULTRA X.....	18
NSK VARIOS 370	18
COMPLICACIONES DE LA ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA.	19
EFFECTO EN HUESO ALVEOLAR Y LIGAMENTO PERIODONTAL DEL AUMENTO DE TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE RADICULAR	20
PROCEDIMIENTOS CLÍNICOS DENTALES QUE PUEDEN CAUSAR UN DAÑO TÉRMICO.	20
PROCEDIMIENTOS DURANTE LA TERAPIA DEL CONDUCTO RADICULAR QUE REQUIEREN DEL USO DE SISTEMAS ULTRASÓNICOS.....	21
<i>JUSTIFICACIÓN.....</i>	22
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</i>	24
<i>HIPÓTESIS</i>	25
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	25
HIPÓTESIS NULA.....	25
<i>OBJETIVOS.....</i>	26
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVO ESPECÍFICO	26
<i>VARIABLES.....</i>	27

VARIABLES INDEPENDIENTES	27
VARIABLES DEPENDIENTES.....	27
<i>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</i>	27
<i>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</i>	27
<i>CRITERIOS DE ELIMINACIÓN</i>	27
<i>MATERIALES Y MÉTODOS.....</i>	28
TIPO DE ESTUDIO	28
UNIVERSO DE ESTUDIO	28
METODOLOGÍA.....	28
MATERIALES	28
<i>PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....</i>	29
SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTARIOS.....	29
ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE	31
MEDICIÓN DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA.....	32
<i>RESULTADOS.....</i>	35
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
<i>DISCUSIÓN</i>	41
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	44
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo ilustrativo de los componentes del sistema de conductos radiculares..... 6

Figura 2: (A)Ejemplo ilustrativo de irrigación en endodoncia, (B)Ejemplo de irrigacion en organo dentario..... 7

Figura 3: Presentación comercial de hipoclorito de sodio utilizado en endodoncia. 11

Figura 4: Presentación comercial del EDTA al 17%..... 12

Figura 5: (A)Efecto clínico del uso del movimiento sonico para la activación soluciones irrigantes, (B)Ejemplo de irrigacion activada sonicamente. 14

Figura 6: La cavitación transitoria ocurre cuando la energía ultrasónica crea una burbuja que crece hasta cierto punto y luego se colapsa..... 16

Figura 7: (A)Sistema de activación ultrasonico inalambrico Ultra x, (B) Puntas metalicas de diferentes calibres. 18

Figura 8: Sistema de activación ultrasonico Varios 370 19

Figura 9: Segmentos de órganos dentarios unirradicular con una longitud de raíz estándar de 12 mm. 30

Figura 10: (A)Sistema Edge Sequel sapphire (EdgeEndo). (B)Jeringa hipodermica con una aguja calibre 27 de salida lateral. (C)Se irrigó con NaOCl al 5.25% y EDTA al 17%. 31

Figura 11: (A)Cámara termográfica Flir TG165 (A)Tornillo de Banco. 32

Figura 12: Distancia de 10 cm con la muestra y una sensibilidad de 0.1 °..... 33

Figura 13: Ejemplo de imagenes obtenidas con la cámara termográfica durante la experimentación..... 34

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Resultados del Grupo 1. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos. Los resultados están expresados en grados centígrados (°C)..... 35

Tabla 2: Resultados del Grupo 2. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos. . Los resultados están expresados en grados centígrados (°C)..... 36

Tabla 3 : Resultados del Grupo Control 1. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos. . Los resultados están expresados en grados centígrados (°C)..... 37

Tabla 4: Resultados del Grupo Control 2.. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos. . Los resultados están expresados en grados centígrados (°C)..... 38

Tabla 5: Analisis ANOVA de una vía 39

Tabla 6: Resultados estadísticos del Grupo 1. Activación con Ultra X por 30 segundos. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo..... 40

Tabla 7: Resultados estadísticos del Grupo 2 Activación con Varios 270 por 30 segundos. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los

15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo..... 40

Tabla 8: Resultados estadisticos del Grupo 3 Activacion con Ultra X por 30 segundos, sin irrigante.To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *:significativo 40

Tabla 9: Resultados estadisticos del Grupo 4 Activacion con Varios 270 por 30 segundos, sin irrigante.To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo 40

INDICE DE GRÁFICAS.

Grafica 1: Gráfico de barras del Grupo 1. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos..... 35

Grafica 2: Gráfico de barras de Grupo 2. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos..... 36

Grafica 3: Gráfico de barras del Grupo Control 1. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos. 37

Grafica 4: Gráfico de barras del grupo control 2. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura maxima a los 15 segundos; T30: Temperatura maxima a los 30 segundos. 38

LISTA DE ABREVIATURAS

AAE	Asociación Americana de Endodoncia
Rpm	Revoluciones por minuto
NaOCl	Hipoclorito de Sodio
EDTA	Ácido Etilendiaminotetracético
pH	Potencial de hidrógeno
kHz	Kilohertz
HOCl	Acido Hipocloroso
OCl⁻	Iones Hipoclorito
HZ	Hertz
mL	Mililitros
mm	milímetros
°C	Grados centígrados
PUI	Irrigación ultrasónica pasiva
UAI	Irrigación activada por ultrasonido
s	segundos

RESUMEN

La activación ultrasónica es uno de los métodos ampliamente utilizados con el objetivo de aumentar el debridamiento y la desinfección logrados por el suministro con jeringa de las soluciones irrigantes fue descrita por primera vez por Weller *et al.* Sin embargo se debe tomar en cuenta el aumento de la temperatura que este método puede causar dentro del conducto radicular y en la superficie externa de la raíz pudiendo provocar daños irreversibles en hueso alveolar y ligamento periodontal.

En el presente estudio se utilizaron dos dispositivos ultrasónicos con diferente potencia con el fin de evaluar los cambios de temperatura en la superficie radicular externa de órganos dentarios uniradiculares extraídos durante la activación de una solución irrigante dentro del conducto radicular, utilizando una cámara termográfica.

Se utilizaron 40 órganos dentarios uniradiculares. Cada diente se decoronó para obtener segmentos de raíz estandarizados a 12 milímetros (mm) las muestras se dividieron aleatoriamente en 4 grupos de 10 dientes cada uno: Grupo 1: Activación ultrasónica Ultra X en un ciclo de 30 segundos (s). (G1) Grupo 2: Activación ultrasónica NSK Varios 370 en un ciclo de 30 s (G2), Grupo Control 1: Sin ninguna solución irrigante activación ultrasónica Ultra X(GC1) Grupo Control 2: Sin ninguna solución irrigante activación ultrasónica NSK Varios 370 (GC2).

Durante la activación, los cambios de temperatura se midieron usando una cámara termográfica de (Flir TG165, Oregón, Estados Unidos). Se registró el

aumento máximo de temperatura en los siguientes intervalos de tiempo 0-15 y 16-30 s en los grupos donde el ciclo de activación fue de 30 s.

Los resultados del análisis sugieren que existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Ultra X después de 15 s y entre no usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 s ($p<0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Varios después de 30 s y entre no usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 s ($p<0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos activadores, al no usar agente irrigante después de 30 s ($p<0.05$).

INTRODUCCIÓN

ENDODONCIA

El tratamiento de endodoncia tiene un papel muy importante en la odontología general ya que el resultado obtenido va a ir ligado a todos los tratamientos a futuro como restauraciones protésicas y funcionales (1).

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE), define la endodoncia como la “Rama de la odontología que se ocupa de la morfología, la fisiología y la patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares” (1).

El diagnóstico, la instrumentación, la obturación y la restauración son los pasos principales involucrados en el tratamiento de los dientes con enfermedades pulpares y periapicales. La eliminación o reducción significativa de irritantes y la prevención de la recontaminación del conducto radicular después del tratamiento son los elementos esenciales para obtener resultados exitosos. Aunque se han hecho muchos avances en los diferentes aspectos de la endodoncia en los últimos años para preservar la dentición natural, el objetivo principal de este campo sigue siendo la eliminación de microorganismos de los sistemas del conducto radicular y la prevención de la recontaminación después del tratamiento. Se ha demostrado que la creencia común de que la obturación inadecuada es la causa principal de las fallas endodónticas es falsa ya que la obturación solo refleja la adecuación de la limpieza y la conformación del sistema de conductos (2).

ANATOMÍA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS.

En la endodoncia es de vital importancia el conocimiento de la anatomía interna del diente, importante para la apertura coronaria, la localización de los conductos radiculares y para su preparación. Una visión detallada de la cavidad pulpar es imprescindible para el estudio del sistema de conductos (3)

El espacio completo dentro de la dentina que contiene pulpa se conoce como sistema de conductos radiculares. El contorno de ese sistema corresponde al contorno externo del diente. Sin embargo, factores como el envejecimiento fisiológico, la patología y la oclusión modifican sus dimensiones a través de la producción de dentina secundaria y terciaria y de cemento. El sistema de conductos radiculares está dividido en dos porciones: la cámara pulpar, localizada en la corona anatómica del diente, y el conducto (o conductos) pulpares o radiculares, localizado en la raíz anatómica (4).

CÁMARA PULPAR

La cámara pulpar es la cavidad situada en el centro de la corona. En los dientes anteriores, la cámara pulpar y el conducto radicular son continuos, mientras que en los dientes posteriores el piso de la cámara pulpar separa estos dos componentes. En los premolares y molares, la cámara pulpar generalmente presenta una forma cuadrada con seis lados: el piso, el techo y cuatro paredes axiales identificadas como mesial, distal, vestibular o lingual (palatal). El techo de la cámara pulpar generalmente presenta proyecciones o prominencias asociadas a las cúspides, mamelones o bordes incisales, y los denominados cuernos pulpares (5).

CONDUCTO RADICULAR Y SU COMPLEJA ANATOMÍA

El conducto radicular es el espacio dentro de la raíz de un órgano dentario en donde se aloja la pulpa dental el conducto radicular se puede subdividir en dos componentes, el conducto principal, que se limpia principalmente por instrumentos mecánicos, y su complejidades anatómicas como lo son los istmos y canales accesorios (bifurcaciones, conductos laterales y secundarios) (6).

Estas complejidades anatómicas del conducto radicular son sin duda, una de las principales limitaciones durante el tratamiento de conductos. Los microorganismos que residen en estas áreas de difícil acceso por instrumentos e irrigantes se consideran la causa principal de falla luego del tratamiento de conductos y el retratamiento no quirúrgico, es importante mencionar aquí que más del 35% de la superficie del conducto radicular queda intacta por la instrumentación convencional y es por eso que los esfuerzos para mejorar la limpieza y la desinfección del sistema de conductos radicular están altamente justificados (6)(7).

Para lograr estos objetivos, son necesarias modificaciones leves de la anatomía interna; se debe preparar una cavidad de acceso y se debe instrumentar el conducto radicular para que los irrigantes puedan alcanzar la anatomía apical (6).

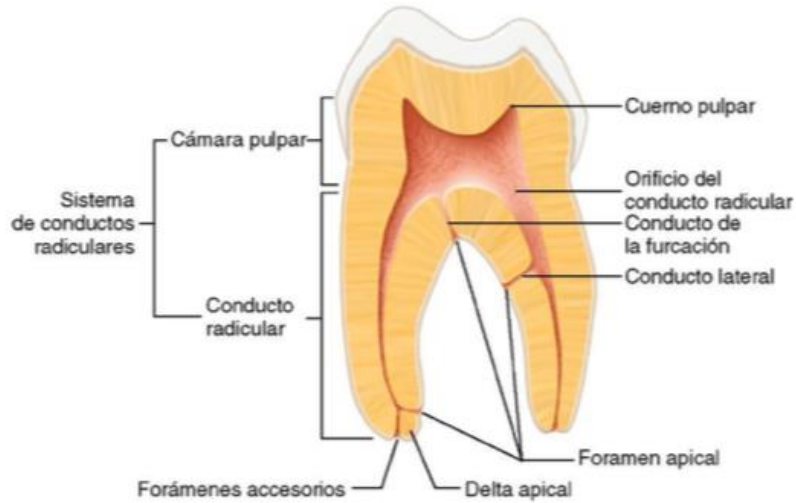


Figura 1: Ejemplo ilustrativo de los componentes del sistema de conductos radiculares.

IRRIGACIÓN

La irrigación es considerado por muchos como la parte más importante del tratamiento del conducto radicular. Tiene varias funciones y objetivos diferentes según el tipo de solución irrigante utilizada. Los objetivos principales de la irrigación son crear un flujo de la solución irrigante que (8):

- Se extienda por todo el sistema de conducto radicular, para entrar en contacto cercano con el tejido pulpar, eliminar el tejido orgánico e inorgánico y proporcionar lubricación a los instrumentos.
- Realice un suministro adecuado en todo el sistema de conducto radicular, para retener una concentración efectiva de los componentes químicos activos y compensar su rápida inactivación.

- Asegure una fuerza de flujo en la pared del conducto radicular que sea capaz de desprender ya sea tejido orgánico o inorgánico.
- Esté restringido a solo encontrarse dentro del conducto radicular, evitando así la extrusión del irrigante hacia los tejidos apicales y provocar un accidente.

Por último, pero no menos importante, la irrigación actúa contra las biopelículas del conducto radicular. Los factores que siguen siendo un desafío en la irrigación y la desinfección del conducto radicular incluyen la resistencia a las biopelículas, la penetración deficiente del irrigante y el intercambio de irrigantes en la anatomía altamente compleja del conducto radicular (9).

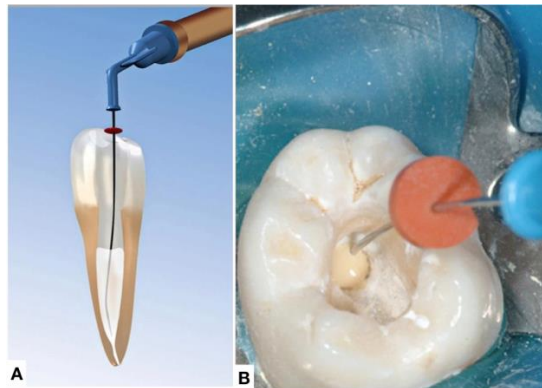


Figura 2: (A) Ejemplo ilustrativo de irrigación en endodoncia, (B) Ejemplo de irrigación en órgano dentario

SOLUCIONES IRRIGANTES

En la actualidad, ningún irrigante tiene la capacidad por sí solo de disolver el tejido pulpar orgánico, y de remover la materia inorgánica de las paredes del conducto, incluso si son usados a pH bajo, aumentando su temperatura o añadiendo surfactantes para mejorar su humectancia(10).

Históricamente, se han sugerido innumerables compuestos en solución acuosa como irrigantes del conducto radicular, Los irrigantes endodónticos tienen tres objetivos principales: químicos, biológicos y mecánicos. Los objetivos mecánicos incluyen remover los restos del barrillo dentinario y lubricar el conducto; Los objetivos químicos incluyen suavizar y disolver los tejidos orgánicos e inorgánicos, prevenir la formación de una barrillo durante la instrumentación y disolver la capa de barrillo dentinario una vez que se ha formado; y los objetivos biológicos están relacionados con sus efectos antisépticos y no tóxicos, como la eficacia contra microorganismos facultativos anaeróbicos (plancton y biopelículas), la capacidad de inactivar endotoxinas, no tóxicos y no cáusticos)(11).

Las soluciones de irrigación del conducto radicular idealmente deberían:

- Tener un amplio espectro antimicrobiano y alta eficacia contra microorganismos anaerobios y facultativos organizados en biopelículas.
- Disolver los restos de tejido pulpar necrótico.
- Inactivar endotoxinas.
- Prevenir la formación de una capa de barrillo dentinario durante la instrumentación o disolver este último una vez que se haya formado.

Las soluciones de irrigación en endodoncia se pueden clasificar como soluciones antimicrobianas, soluciones quelantes (fuertes o débiles), combinaciones (soluciones antibacterianas y quelantes combinadas) y soluciones con detergente (9).

HIPOCLORITO DE SODIO

Hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más utilizado. Cuando se vierte en agua, se disocia en iones Na^+ y OCl^- . A pH neutro o ácido, la forma predominante es ácido hipocloroso (HOCl), que es responsable de la actividad antimicrobiana. NaOCl se usa en concentraciones que varían entre 0.5% y 5.25% (12).

NaOCl es el único irrigante que puede disolver los residuos pulpaes necróticos y vitales, así como el colágeno dentinario, pero no la capa de barrillo dentinario (12).

MODO DE ACCIÓN

Estrela informó que el hipoclorito de sodio exhibe un equilibrio dinámico el cual consta de una serie de reacciones las cuales son las siguientes (13):

Saponificación: Es cuando el NaOCl actúa como un disolvente orgánico y graso que degrada los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), reduciendo la tensión superficial de la solución restante.

Neutralización: El NaOCl neutraliza los aminoácidos formando agua y sal. Con la salida de iones hidroxilo, el pH se reduce.

Formación de Ácido Hipocloroso: Cuando el cloro se disuelve en agua y está en contacto con materia orgánica, forma ácido hipocloroso. Es un ácido débil con la fórmula química HClO que actúa como oxidante. El HOCl y los iones hipoclorito (OCl^-) conducen a la degradación de los aminoácidos y a la hidrólisis.

Acción Solvente: El NaOCl también actúa como un disolvente, liberando cloro que se combina con grupos amino de proteínas (-NH) para formar cloraminas (reacción de cloraminación). Las cloraminas impiden el metabolismo celular; El cloro es un oxidante fuerte e inhibe las enzimas bacterianas esenciales.

El NaOCl es una base fuerte (pH > 11). La efectividad antimicrobiana del NaOCl, basada en su alto pH (acción del ion hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio. El pH alto interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática debido a la inhibición enzimática irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica (14).

CONCENTRACIÓN

En la literatura, se puede encontrar que NaOCl se puede usar en una concentración que varía de 0.5 a 6%. Se demostró que las concentraciones más bajas y más altas son igualmente eficientes para reducir la cantidad de bacterias en el sistema de conducto radicular infectado, pero el efecto de disolución del tejido está directamente relacionado con la concentración (15).



Figura 3: Presentación comercial de hipoclorito de sodio utilizado en endodoncia.

EDTA

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) Es un ácido poliaminocarboxílico con un pH de 7 el cual su fórmula es $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ y se sintetiza principalmente a partir de etilendiamina (1,2-diaminoetano), formaldehído (metanol) y cianuro de sodio. EDTA a menudo se sugiere como un irrigante porque puede quelar y eliminar la porción mineralizada de la capa de barrillo dentinario. Su importancia como agente quelante surge de su capacidad para secuestrar iones metálicos di y tricationicos como Ca^{2+} y Fe^{3+} . Después de estar unidos por EDTA, los iones metálicos permanecen en solución pero presentan una reactividad disminuida(4).

Las características del EDTA al 17% son (16):

- Favorece la limpieza del conducto al formar complejos con el calcio del detritus.
- Elimina el barrillo dentinario y permite localizar conductos calcificados.
- Es una sustancia Biocompatible,
- Potencial antiséptico es limitado.
- No disuelve tejido orgánico y produce desmineralización de tejidos duros.

El uso de EDTA junto con NaOCl reduce inmediatamente la cantidad de clorina disponible derivado de NaOCl. Además, el uso de NaOCl después de eliminar la capa de barrillo dentinario induce erosión dentinal (9).



Figura 4: Presentación comercial del EDTA al 17%.

ACTIVACIÓN DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE

Utilizando las mejores tecnologías, la irrigación activa sirve para iniciar la hidrodinámica de fluidos, lo que resulta en fuerzas de corte de la pared que limpian las superficies. Cada vez hay más pruebas que respaldan que la activación de fluidos en el conducto radicular desempeña un papel estratégico en el intercambio de irrigantes, lo que a su vez sirve para desinfectar todos los aspectos del sistema del conducto radicular, incluidos los conductos laterales, redes y túbulos dentinarios. El enfoque principal hoy en día es cómo activar de manera segura, efectiva y eficiente cualquier solución irrigante para maximizar el fenómeno hidrodinámico. Los irrigantes más importantes para la activación son soluciones de NaOCl y EDTA al 17%, reconociendo que hay disponibles otras soluciones de enjuague final (17).

La activación del irrigante endodóntico se ha podido llevar a cabo en diferentes técnicas a lo largo de la historia en endodoncia entre muchas de las técnicas se encuentran activación sónica, ultrasónica, activación hidrodinámica mediante movimiento pulsátil del irrigante o manual dinámica y la desinfección mediante fotoactivación, entre otras. La activación sónica y ultrasónica son las técnicas de mayor uso en el campo de la endodoncia.

ACTIVACIÓN SÓNICA.

Los mecanismos de activación sónica generalmente oscilan a una frecuencia de 20–20,000 Hz la cual genera velocidades de flujo más bajas para la solución irrigante, las puntas de polímero flexibles utilizadas en la mayoría de estos sistemas

no cortan la dentina durante el contacto involuntario con la pared del conducto radicular siendo una de las ventajas mas grandes de estos instrumentos (9).

Debe entenderse que cualquier punta vibratoria seguramente entrará en contacto con la dentina debido a las diversas dimensiones y curvaturas de cualquier preparación final dada. La investigación ha demostrado que, cuando una punta de polímero activada sónicamente hace contacto contra una pared de dentina, la punta sigue mostrando una gran amplitud de desplazamiento (18).

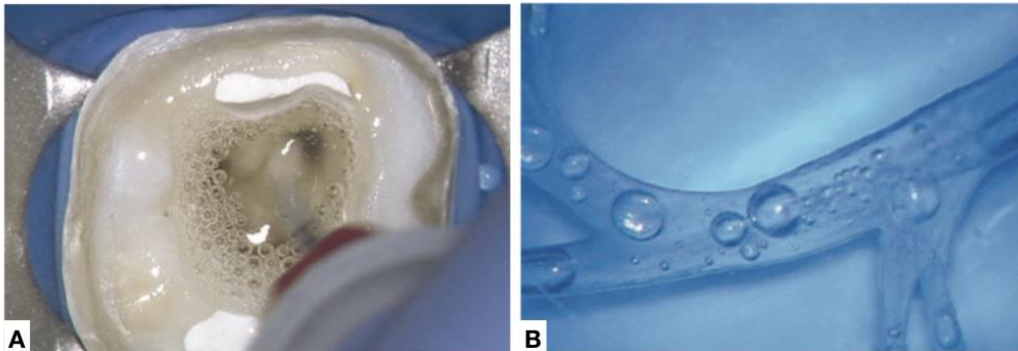


Figura 5: (A)Efecto clínico del uso del movimiento sonico para la activación soluciones irrigantes, (B)Ejemplo de irrigacion activada sonicamente.

ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA

El uso del ultrasonido en Endodoncia, se basa en los distintos fenómenos que se producen durante la aplicación de éste dentro del conducto radicular. Estos fenómenos: oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, van a producir efectos sobre las estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de barrillo dentinario, así como la potenciación de efectos antimicrobianos al utilizarse en combinación con soluciones irrigantes(9).

La activación ultrasónica parece ser uno de los métodos complementarios más ampliamente utilizados con el objetivo de aumentar el debridamiento y la desinfección logrados por el suministro con jeringa de las soluciones irrigantes fue descrita por primera vez por Weller *et al*(19).

CAVITACIÓN

La solución de irrigación logra sus efectos biológicos y químicos cuando se somete a sistemas ultrasónicos. Los efectos principales del ultrasonido son la cavitación y la transmisión acústica. Se dice que la cavitación transitoria ocurre cuando la energía ultrasónica crea una burbuja que crece hasta cierto punto y luego se colapsa. Este colapso crea un efecto de vacío de presión que limpia las irregularidades en los canales y mata los microorganismos. El efecto oscilatorio del instrumento ultrasónico, que agita vigorosamente la solución de irrigación, se define como cavitación resonante o estable. Combinado con estos efectos de la cavitación hay una dispersión de energía física que conduce a la transmisión física acústica (onda de sonido). Esta transmisión acústica supuestamente mejora la limpieza y desinfección (20).

Cuando se proyecta una onda ultrasónica en líquido, se crea presión negativa y hace que el líquido se fracture, un proceso conocido como cavitación. La cavitación crea burbujas que oscilan en las ondas ultrasónicas proyectadas. A medida que las ondas ultrasónicas continúan, estas burbujas se hacen más grandes y se vuelven muy inestables, y finalmente colapsan en una implosión violenta. Las implosiones irradian ondas de choque de alta potencia que se disipan repetidamente

a una velocidad de 25,000 ~ 30,000 veces por segundo (25-30 kHz). Además, la implosión de las burbujas de cavitación crea temperaturas que exceden los 5,000 °C y presiones que exceden las 500 atmósferas. Las ondas de choque que genera la implosión viajan a velocidades superiores a 500 mph dentro del fluido y esta corriente se denomina transmisión acústica (9).

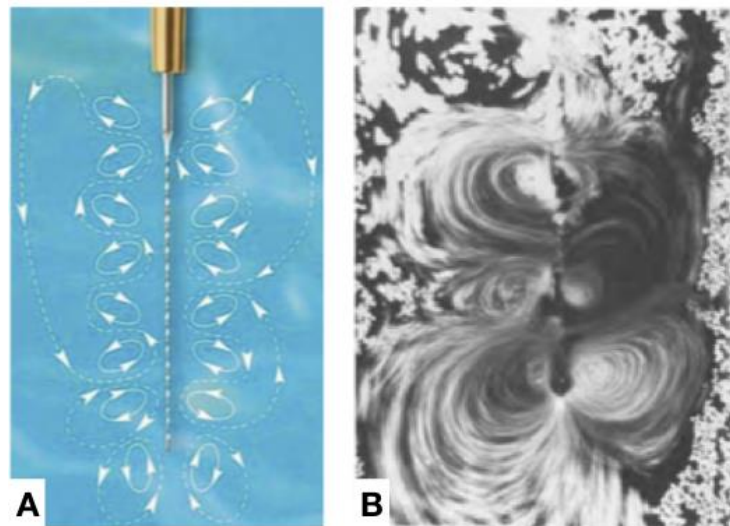


Figura 6: La cavitación transitoria ocurre cuando la energía ultrasónica crea una burbuja que crece hasta cierto punto y luego se colapsa.

IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA - IRRIGACIÓN ACTIVADA POR ULTRASONIDO

El término irrigación ultrasónica pasiva (PUI) se usó para enfatizar que el instrumento oscilante no debe tocar las paredes del conducto. Desafortunadamente, a pesar de que no se intenta contactar o alterar las paredes del conducto radicular, se produce el contacto del instrumento ultrasónico oscilante en la pared. Debido a

esto, la frase irrigación activada por ultrasonido (UAI) fue sugerida recientemente por Boutsoukis *et al.*(21).

USO DE DISPOSITIVOS ULTRASÓNICOS EN ENDODONCIA

El uso principal de los dispositivo ultrasónicos en odontología es el raspado y alisado radicular de los dientes y en la terapia del conducto radicular. El concepto de utilizar estos dispositivo en endodoncia fue introducido por primera vez por Richman en 1957. Sin embargo, no fue hasta que Martin *et al.* demostraron la capacidad de las limas de tipo K activadas por ultrasonido para cortar dentina (22).

La siguiente es una lista de las aplicaciones más frecuentes de EE. UU. En endodoncia, que se revisará en detalle (22):

1. Localización de canales calcificados y remoción de cálculos pulpares.
2. Remoción de obstrucciones intraconducto (instrumentos separados, postes del conducto radicular, puntas plateadas y postes metálicos fracturados).
4. Condensación ultrasónica de gutapercha.
5. Colocación de materiales tales como agregado de trióxido mineral (MTA).
6. Endodoncia quirúrgica: preparación de la cavidad en tercio apical para la retroobtusión en un retratamiento quirúrgico.
7. Activación de las soluciones irrigantes para potencializar su efecto.

ULTRA X.

El sistema Ultra X (Eighteeth Co. LTD) es un sistema de irrigación pasiva de frecuencia variable basado en transmisión de ondas de ultrasonido (45 kHz de frecuencia), este sistema es inalámbrico y se compone de una pieza de mano y puntas metálicas de varios calibres (23).

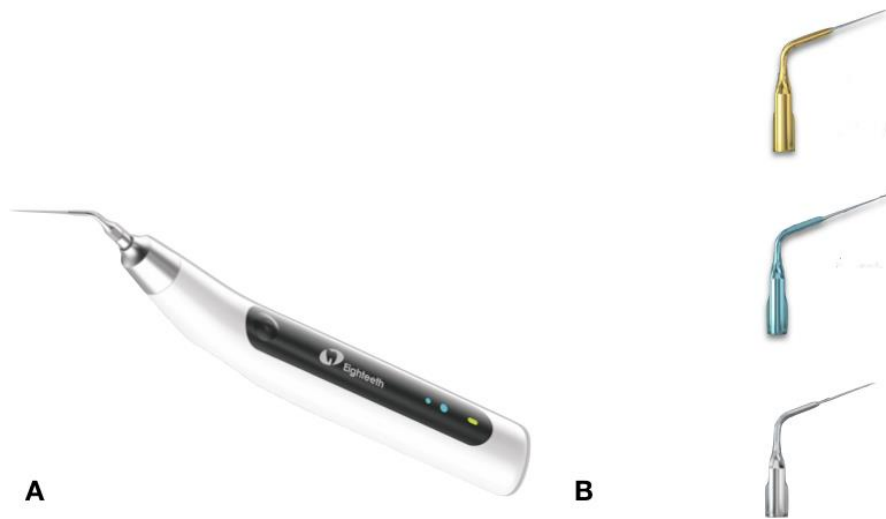


Figura 7: (A) Sistema de activación ultrasónico inalámbrico Ultra x, (B) Puntas metálicas de diferentes calibres.

NSK VARIOS 370

El dispositivo NSK Varios 370 es un sistema de irrigación pasiva basado en la transmisión de ondas de ultrasonido (30 kHz de frecuencia)(24).



Figura 8: Sistema de activación ultrasónico Varios 370

COMPLICACIONES DE LA ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA.

Las complicaciones de la activación ultrasónica son (25):

- Tiempo adicional de procedimiento.
- Necesidad de recambio de la solución irrigante.
- Riesgo potencial de extrusión de barrillo dentinario e irrigantes
- Posible desgaste o alteración de las paredes del conducto radicular
- Daño potencial a la dentina de la pared del conducto radicular.
- Sobrecalentamiento de la raíz y los tejidos periodontales.

EFFECTO EN HUESO ALVEOLAR Y LIGAMENTO PERIODONTAL DEL AUMENTO DE TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE RADICULAR

El daño térmico no se limita solo al tejido pulpar, algunos procedimientos de endodoncia causan aumentos de temperatura en la superficie externa de la raíz, lo que puede provocar daños potenciales en el cemento de la raíz, el ligamento periodontal y el hueso alveolar. Existen varios estudios que proponen un umbral de temperatura que puede dañar los tejidos que sostienen los órganos dentarios (26).

El estudio de Eriksson y Albrektsson demostró que un aumento de temperatura de 10 °C en la superficie externa de la raíz causó anquilosis dental y resorción ósea (27). Otro estudio indicó que exponer el hueso a una temperatura de 53 °C durante 1 minuto interrumpió el flujo sanguíneo (28). La exposición a una temperatura de 43 °C puede provocar desnaturalización de proteínas en el ligamento periodontal (29).

Sin embargo, con el uso cada vez mayor del método de obturación termoplástica y los dispositivos ultrasónicos en el tratamiento endodóntico, es común que los aumentos de la temperatura en la superficie de la raíz excedan la temperatura umbral. Por lo tanto se debe tener en consideración la cantidad de dentina residual si esta es muy delgada la posibilidad de provocar un daño térmico es mayor (30) .

PROCEDIMIENTOS CLÍNICOS DENTALES QUE PUEDEN CAUSAR UN DAÑO TÉRMICO.

- Preparación dental con piezas de mano de alto y bajo torque.

- Fotopolimerización de resina compuesta.
- Obturación termoplástica del conducto radicular.
- Uso de ultrasonidos en la terapia del conducto radicular.

PROCEDIMIENTOS DURANTE LA TERAPIA DEL CONDUCTO RADICULAR QUE REQUIEREN DEL USO DE SISTEMAS ULTRASÓNICOS.

Los siguientes procedimientos clínicos requieren de la utilización de sistemas de ultrasonido para su realización durante el tratamiento de conductos (31):

- Preparación del conducto radicular.
- Remoción de cálculos pulpares.
- Remoción de instrumentos rotatorios o manuales separados dentro del conducto radicular.
- Retropreparación en retratamientos quirúrgicos.
- Activación de las soluciones irrigantes.

JUSTIFICACIÓN

El uso de los dispositivos ultrasónicos en los procedimientos de endodoncia tiene como principal ventaja el potencializar la irrigación dentro del conducto radicular sin embargo, debido a las características de la energía de vibración y el calor generado por la fricción entre la dentina y las puntas ultrasónicas este puede ser lo suficientemente peligroso como para dañar los tejidos que sostienen a los órganos dentarios.

El efecto del calor iatrogénico sobre los huesos y los tejidos periodontales ha sido documentado. El umbral para la necrosis ósea inducida por calor es de 10 °C (sostenida durante 1 min) por encima la temperatura fisiológica de 37 °C. Por otro lado, y aunque un poco reducida, existe también información sobre los daños del calor en el cemento de la raíz, el ligamento periodontal y el hueso alveolar.

Así, el aumento de temperatura producido por la utilización de dispositivos ultrasónicos durante el tratamiento endodóntico tiene el potencial de producir daño o incluso una lesión irreversible en el tejido que se aplica. Por ello es importante llevar a cabo estudios que monitoreen los cambios de temperatura, la cantidad de calor generado y transferencia a tejidos circundantes, entre otros parámetros, que permitan identificar riesgos y detectar situaciones en las que sea viable su utilización o descartarla.

El objetivo de este estudio es evaluar los aumentos de temperatura provocados por dos sistemas de activación ultrasónica de diferente potencia en la superficie externa de la raíz de un órgano dentario, con la finalidad de contribuir a generar información mas precisa sobre el potencial daño del uso de los dispositivos ultrasónicos que permita al clínico ser crítico sobre que sistema ultrasónico a utilizar tomando en cuenta los riesgos y beneficios durante el tratamiento para evitar o disminuir algun daño termico en el cemento de la raíz, el ligamento periodontal y el hueso alveolar.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente estudio evaluó la influencia del tiempo (s) y la potencia (frecuencia, Hz) de los sistemas de activación ultrasónicos en los cambios de temperatura de las paredes radiculares durante la terapia endodóntica. Utilizando una cámara termográfica se determinó la temperatura de la superficie radicular externa de órganos dentarios uniradicales (extraídos) durante la activación de la solución irrigante por los dispositivos Ultra X 45 KHz y Varios 370- 30 KHz, dentro del conducto radicular a los 30 s.

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Qué relación tiene la frecuencia de los sistemas de activación ultrasónica dentro del conducto radicular en el aumento de la temperatura de la superficie radicular externa de la raíz de órganos dentarios uniradicales extraídos?

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La frecuencia de los sistemas ultrasónicos (Ultra X 45 KHz), (Varios 370- 30 KHz) y el tiempo de trabajo dentro del conducto radicular durante la activación de una solución irrigante están relacionados en el aumento de la temperatura de la superficie radicular externa.

HIPÓTESIS NULA

La frecuencia de los sistemas ultrasónicos (Ultra X 45 KHz), (Varios 370- 30 KHz) y el tiempo de trabajo dentro del conducto radicular durante la activación de una solución irrigante no influirán en el aumento de la temperatura de la superficie radicular externa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los cambios de temperatura de la superficie radicular externa de órganos dentarios uniradiculares extraídos, durante la activación ultrasónica de la solución irrigante, utilizando los dispositivos Ultra X 45 KHz y Varios 370-30 KHz, en diferentes intervalos de tiempo.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Preparar mecánicamente órganos dentarios uniradiculares recolectados.
- Valorar los cambios de temperatura que se producen en la superficie externa de la raíz de diferentes órganos dentarios durante la activación de la solución irrigante por del sistema ultrasónico Ultra X en el conducto radicular ,a una velocidad de 45 KHz durante 30 s.
- Valorar los cambios de temperatura que se producen en la superficie externa de la raíz de un grupo de órganos dentarios durante la activación de la solución irrigante por del sistema ultrasónico Varios 370 en el conducto radicular, a una velocidad de 30 KHz durante 30 s.Comparar estadísticamente los resultados obtenidos entre cada uno de los grupos.

VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES

1. Velocidad de onda por activación ultrasónica activa (Ultra X 45 KHz).
2. Velocidad de onda por activación ultrasónica (Varios 370- 30 KHz).
3. Ciclo de activación ultrasónica de 30 s.
4. Cámara termográfica.

VARIABLES DEPENDIENTES

1. Frecuencia de vibración.
2. Tiempo de activación ultrasónica.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Órganos dentales unirradiculares humanos intactos con raíces rectas de un solo conducto y maduros, extraídos recientemente por motivos ortodónticos o periodontales.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Órganos dentales unirradiculares con raíces curvas.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Órganos dentales que durante la instrumentación tuvieron un accidente como fractura de instrumento rotatorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO

Experimental *In Vitro*

Observacional

Longitudinal

UNIVERSO DE ESTUDIO

40 órganos dentarios uniradiculares de humano.

METODOLOGÍA

MATERIALES

Los materiales que se van a utilizar para instrumentar los dientes son :

- EdgeEndo Sequel Sapphire 40/06(500-400)
- Motor Elements (sybron endo)
- Limas manuales: calibres 10,15, 20 y 25 (sybron endo)
- NaOCl 5.25% (Clorox)
- EDTA 17% (Kerr Endodontics)
- Discos de diamante
- Pieza de mano de baja velocidad
- Agua destilada (Sparklets)

- Puntas de papel
- Acrílico
- 40 dientes
- Resina fotocurable (3M)
- Resina fotocurable (Dental Dam)
- Incubadora
- Jeringas hipodérmicas de 10 mL
- Agujas de calibre #27
- Activador ultrasónico Ultra X. (Eighteeth Co. LTD)
- Activador ultrasónico NSK Varios 370 (NSK)
- Cámara termográfica (Flir TG165)

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTARIOS.

En el presente estudio se utilizaron 40 órganos dentarios uniradiculares de reciente extracción. Se tomaron radiografías para verificar la existencia de un conducto único recto sin curvaturas radiculares. Los dientes extraídos se almacenaron en agua destilada hasta su uso. Cada diente se decoronó con un disco de diamante para producir segmentos de dientes con una longitud de raíz estándar de 12 mm. Solo se seleccionaron los incisivos en forma cónica para garantizar que no hubiera un istmo que las limas no pudieran tocar. Después del acceso al conducto, se utilizó una lima K de tamaño 10 (Sybron endo) para lograr la permeabilidad apical y establecer una longitud de trabajo de 1 mm por debajo

del foramen apical . El conducto fue instrumentado utilizando el sistema Edge Sequel sapphire (EdgeEndo) hasta un calibre 40/06. Cada conducto instrumentado se irrigó con NaOCl al 5.25% administrado a través de una aguja de jeringa de calibre 27 de salida lateral después de cada lima hasta que se alcanzó el tamaño apical. La irrigación final se realizó con 2 mL de EDTA al 17%. El ápice de la raíz se selló con resina fotocurable y las superficies se barnizaron con esmalte de uñas dos veces para producir un sistema de conducto cerrado. Todas las muestras se esterilizaron en autoclave a 121 °C durante 30 min.



Figura 9: Segmentos de órganos dentarios unirradicular con una longitud de raíz estándar de 12 mm.

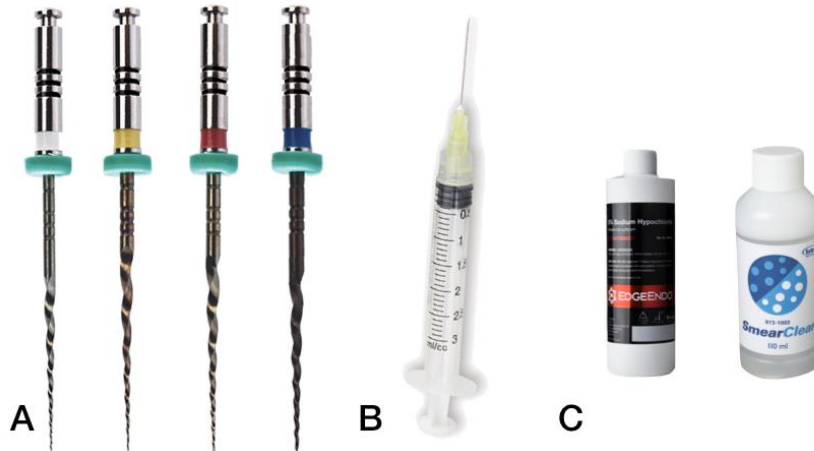


Figura 10: (A) Sistema Edge Sequel sapphire (EdgeEndo). (B) Jeringa hipodérmica con una aguja calibre 27 de salida lateral. (C) Se irrigó con NaOCl al 5.25% y EDTA al 17%.

ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE

La longitud de la superficie expuesta de la raíz fue de 9 mm. Los dientes fueron sellados con barrera de bloqueo gingival fotopolimerizable con base de metacrilato para evitar el contacto de la solución irrigante con la superficie externa de la raíz durante la medición térmica. Todo el conjunto se coloca en un tornillo de banco para evitar el contacto y el intercambio de calor.

Posteriormente, las muestras se dividieron aleatoriamente en 4 grupos de 10 dientes cada uno: Grupo 1: Activación ultrasónica Ultra X en un ciclo de 30 s. (G1); Grupo 2: Activación ultrasónica NSK Varios 370 en un ciclo de 30 s (G2); Grupo Control 1: Sin ninguna solución irrigante activación ultrasónica Ultra X(GC1); Grupo Control 2: Sin ninguna solución irrigante activación ultrasónica NSK Varios 370 (GC2).

Durante la activación ultrasónica de la solución irrigante en cada grupo experimental la punta ultrasónica utilizada se mantuvo en el centro del conducto radicular, evitando el contacto con las paredes radiculares.

MEDICIÓN DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA

Durante la activación de la solución irrigante, los cambios de temperatura se midieron continuamente usando una cámara termográfica (Flir TG165, Oregón, Estados Unidos) montada en un tripie para evitar movimiento con una distancia de 10 cm con la muestra y una sensibilidad de 0.1 °C en el tercio medio de la superficie de la raíz. Examinamos los órganos dentarios del grupo 1 y grupo 2 midiendo las alteraciones de la temperatura en los dientes previo a la activación del irrigante. Esto se realizó para determinar si el termómetro infrarrojo causó algún cambio de temperatura. Las alteraciones de temperatura se registraron y se realizó una tabla comparativa. Se registró el aumento máximo de temperatura en los siguientes intervalos de tiempo 1-15 s y 16-30 s en los grupos donde el ciclo de activación fue de 30 s.

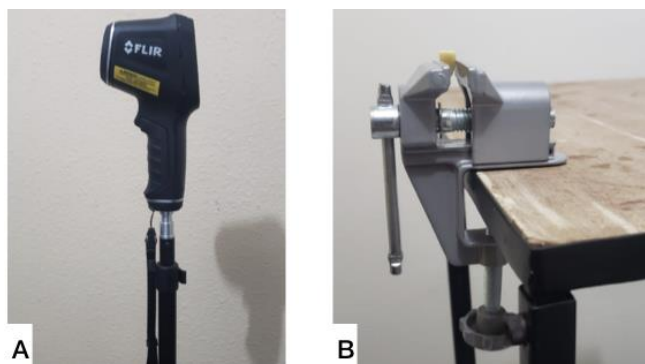


Figura 11: (A) Cámara termográfica Flir TG165 (A) Tornillo de Banco.



Figura 12: Distancia de 10 cm con la muestra y una sensibilidad de 0.1 °.

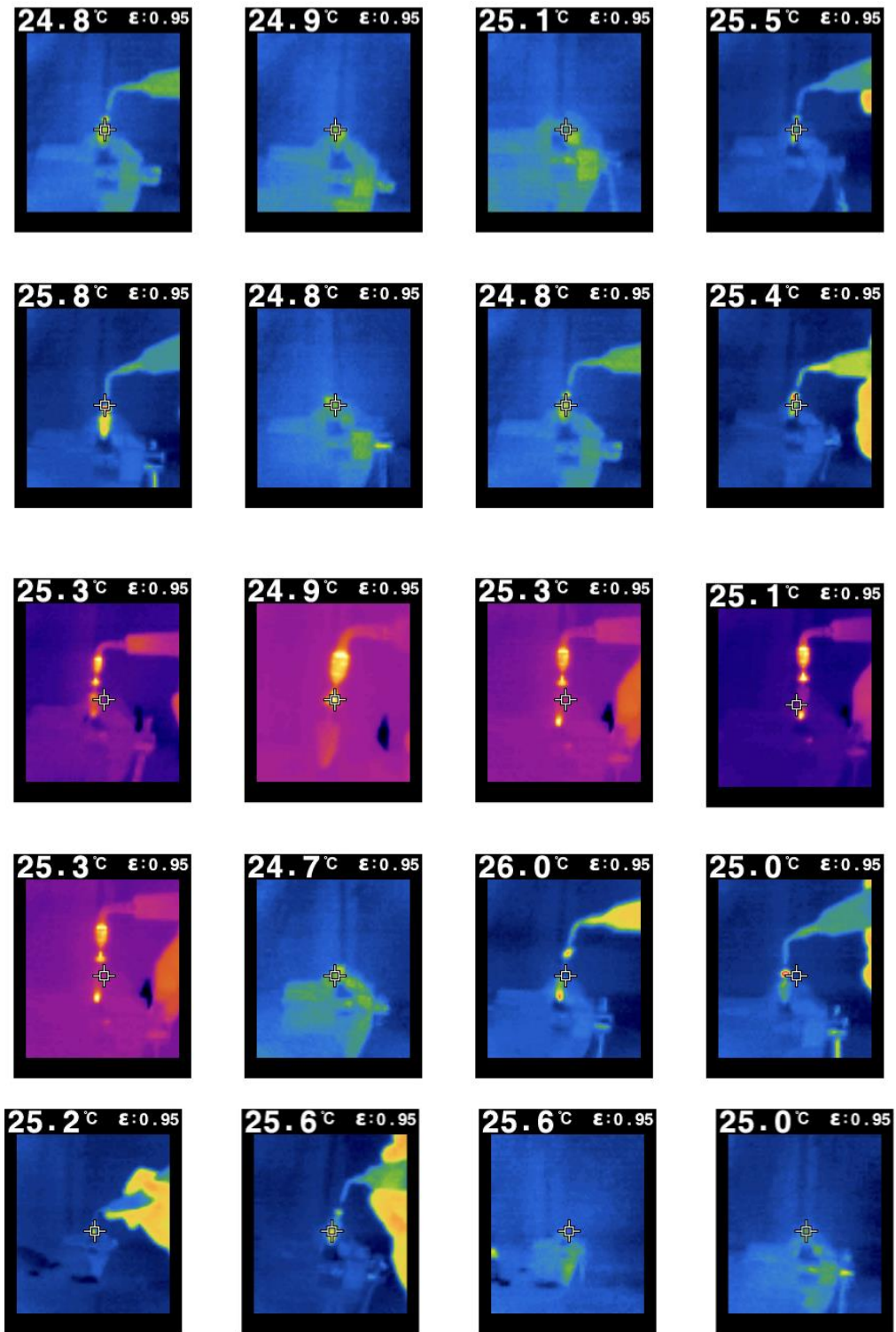


Figura 13: Ejemplo de imágenes obtenidas con la cámara termográfica durante la experimentación.

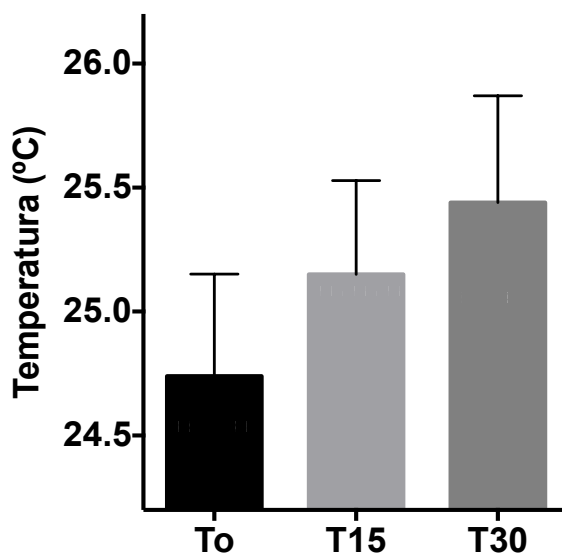
RESULTADOS

La Tabla 1 contiene los resultados obtenidos del grupo 1 utilizando el sonicador ultra X a los 15 s y 30 s.

Tabla 1: Resultados del Grupo 1. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 ss; T30: Temperatura máxima a los 30 s. Los resultados están expresados en grados centigrados (°C).

Activacion con ultra X por 30 segundos					
No. Muestra (diente)	To	T15	T30	Dif To-T15	Dif T15-T30
1	24	24.2	24.9	-0.1	0.7
2	25	25.2	25.7	0.2	0.5
3	25.6	25.7	25.7	0.1	0
4	24.9	25.7	25.7	0.8	0
5	25	25.4	25.5	0.4	0.1
6	25.5	25.6	25.6	0.1	0
7	25.4	25.7	25.7	0.3	0
8	25.5	25.4	26.7	-0.1	1.3
9	25.1	25.6	25.7	0.5	0.1
10	24.9	25	26.2	0.1	1.2
Promedio	25.09	25.35	25.74	0.23	0.39
Desviacion estandar	0.467737	0.467262	0.462361	0.279086	0.486724

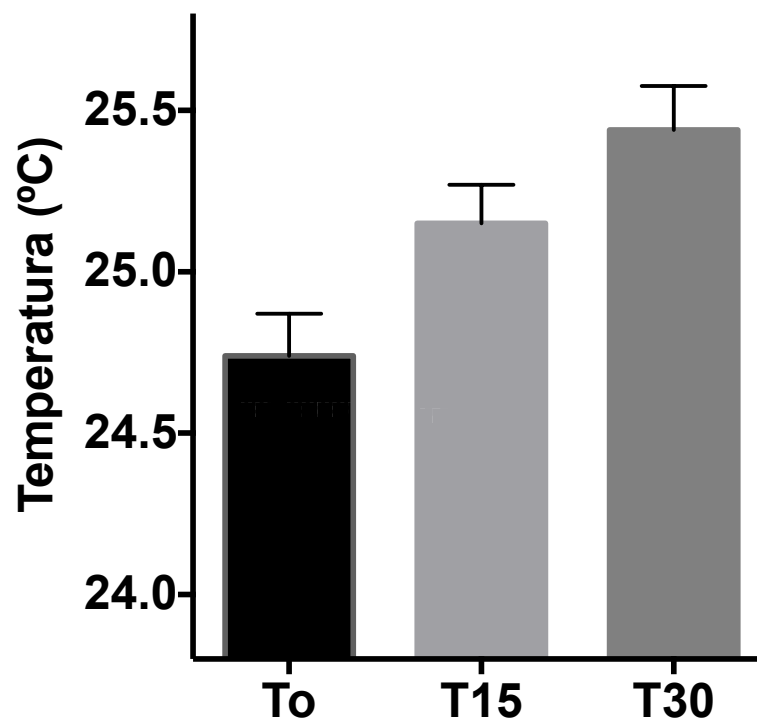
Activación de ultra X



Grafica 1: Gráfico de barras del Grupo 1. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos.

Tabla 2: Resultados del Grupo 2. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 s; T30: Temperatura máxima a los 30 s. Los resultados están expresados en grados centígrados (°C).

Activacion con VARIOS 370 por 30 SEGS					
No. Muestra (diente)	To	T15	T30	Dif T0-T15	Dif T15-t30
1	24.7	24.6	24.9	-0.1	0.3
2	24.1	24.8	25	0.7	0.2
3	24.3	25.3	25	1	-0.3
4	24.3	24.6	26.2	0.3	0.3
5	24.7	25.1	25.2	0.4	0.1
6	24.7	25.4	25.9	0.7	0.5
7	25	25.1	25.4	0.1	0.3
8	25.3	25.6	25.7	0.3	0.1
9	25.1	25.6	25.7	0.5	0.1
10	25.2	25.4	25.4	0.2	0
Promedio	24.74	25.15	25.44	0.41	0.16
Desviacion estandar	0.411501	0.377859	0.429987	0.324722	0.217051

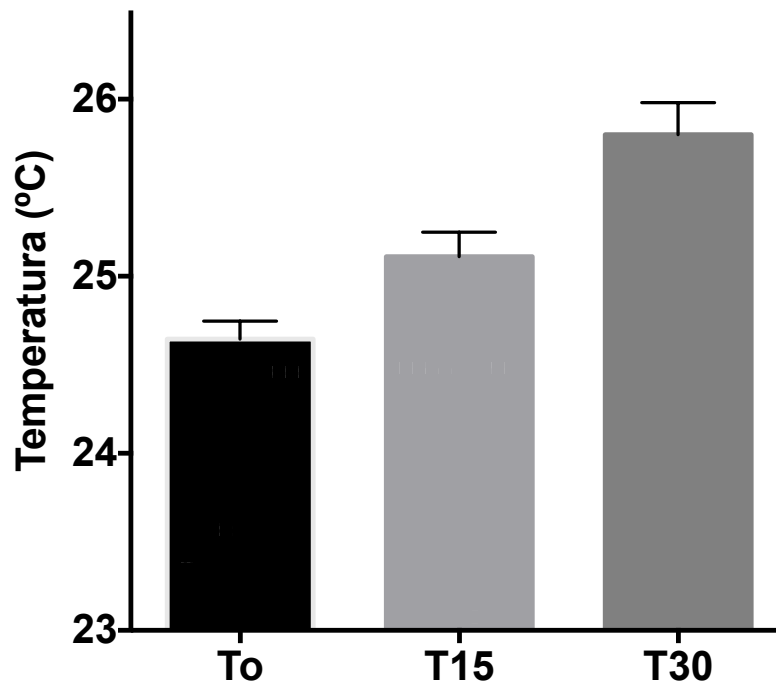


Grafica 2: Gráfico de barras de Grupo 2. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 s; T30: Temperatura máxima a los 30 s.

Tabla 3 : Resultados del Grupo Control 1. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 s; T30: Temperatura máxima a los 30 s. Los resultados están expresados en grados centígrados (°C).

Activacion con ultra X por 30 segundos SIN IRRIGANTE					
No. Muestra (diente)	To	T15	T30	Dif- To-T15	Dif- T15-T30
1	24.8	25.2	26.4	0.4	1.2
3	25.2	25.7	26.1	0.5	0.4
4	24.8	25.2	25.8	0.4	0.6
5	24.7	25.8	26.5	1.1	0.7
6	24.8	24.7	25.8	-0.1	1.1
7	24.4	24.8	24.9	0.4	0.1
8	24.3	24.8	26.1	0.5	1.3
9	24.6	24.7	25.3	0.1	0.6
10	24.2	25.1	25.3	0.9	0.2
Promedio	24.66	25.1	25.8	0.44	0.7
Desviación estandar	0.29514591	0.391578	0.50990195	0.35339622	0.40824829

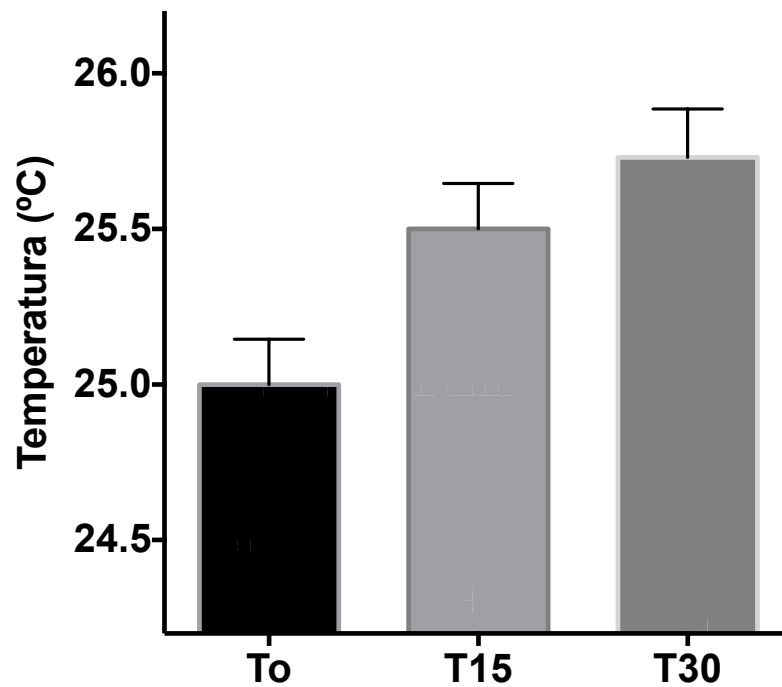
Activación con Ultra X sin irrigante



Grafica 3: Gráfico de barras del Grupo Control 1. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos.

Tabla 4: Resultados del Grupo Control 2.. To: Temperatura inicial a tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 ss; T30: Temperatura máxima a los 30 s. Los resultados están expresados en grados centígrados (°C).

Activacion con VARIOS 370 por 30 segundos SIN IRRIGANTE					
No. Muestra (diente)	To	T15	T30	Dif- To-T15	DiF T15-T30
1	24	24.7	24.8	0.7	0.1
2	24.6	24.9	25.1	0.3	0.2
3	24.8	25.1	25.3	0.3	0.2
4	25	25.8	26	0.8	0.2
5	25.1	25.3	25.7	0.2	0.4
6	25.5	25.8	26	0.3	0.2
7	25.2	25.9	26.2	0.7	0.3
8	25.6	26	26.2	0.4	0.2
9	25.2	25.7	26	0.5	0.3
10	25	25.8	26	0.8	0.2
Promedio	25	25.5	25.73	0.5	0.23
Desviación estandar	0.45946829	0.46188022	0.49227364	0.23094011	0.08232726



Grafica 4: Gráfico de barras del grupo control 2. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 s; T30: Temperatura máxima a los 30 s.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó análisis estadístico del conjunto de datos del proyecto de investigación, en donde la Variable independiente es el sistema de activación del irrigante con o sin irrigante, y la Variable dependiente es la diferencia de temperaturas.

Debido al tamaño de la muestra y el número de grupos, se realiza la prueba *ANOVA de una vía*, seguido de un análisis *post hoc* para muestras independientes, con un nivel de significancia de 0.05, comparando las medias de ambos grupos y con ayuda del programa IBM SPSS Statistics Versión 26.0.0.0.

Tabla 5: Análisis ANOVA de una vía

ANOVA					
DIFERENCIATEMP					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,147	7	,307	2,903	,010
Dentro de grupos	7,608	72	,106		
Total	9,756	79			

La Prueba de ANOVA sugiere que existe diferencia estadísticamente significativa entre algunos de los grupos. Se realiza análisis *post hoc*.

Comparaciones Multiples HSD TUKEY

Los resultados del análisis sugieren que existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Ultra X después de 15 s y entre no

usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 s ($p < 0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Varios después de 30 s y entre no usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 s ($p < 0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos activadores, al no usar agente irrigante después de 30 s ($p < 0.05$).

Tabla 6: Resultados estadísticos del Grupo 1. Activación con Ultra X por 30 segundos. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value
T15 vs. To	0.4100	-0.04132 to 0.8613	No	ns	0.0804
T30 vs. To	0.7000	0.2487 to 1.151	Yes	**	0.0019
T30 vs. T15	0.2900	-0.1613 to 0.7413	No	ns	0.2658

Tabla 7: Resultados estadísticos del Grupo 2 Activación con Varios 370 por 30 segundos. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value
T15 vs. To	0.4100	-0.04132 to 0.8613	No	ns	0.0804
T30 vs. To	0.7000	0.2487 to 1.151	Yes	**	0.0019
T30 vs. T15	0.2900	-0.1613 to 0.7413	No	ns	0.2658

Tabla 8: Resultados estadísticos del Grupo 3 Activación con Ultra X por 30 segundos, sin irrigante. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value
T15 vs. To	0.4667	-0.04145 to 0.9748	No	ns	0.0761
T30 vs. To	1.156	0.6474 to 1.664	Yes	****	< 0.0001
T30 vs. T15	0.6889	0.1808 to 1.197	Yes	**	0.0066

Tabla 9: Resultados estadísticos del Grupo 4 Activación con Varios 370 por 30 segundos, sin irrigante. To: Temperatura inicia al tiempo cero; T15; Temperatura máxima a los 15 segundos; T30: Temperatura máxima a los 30 segundos; ns: no significativo. *: significativo.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value
T15 vs. To	0.5000	-0.02275 to 1.023	No	ns	0.0629
T30 vs. To	0.7300	0.2072 to 1.253	Yes	**	0.0050
T30 vs. T15	0.2300	-0.2928 to 0.7528	No	ns	0.5278

DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizaron dos dispositivos ultrasónicos con diferente potencia con el fin de evaluar los cambios de temperatura en la superficie radicular externa de órganos dentarios uniradiculares extraídos durante la activación de una solución irrigante dentro del conducto radicular, utilizando una cámara termográfica.

Un estudio realizado por Sirtes *et. al.* arrojó que la solución de NaOCl al 1% a 45 °C disuelve los tejidos pulpaes efectivamente al igual que la solución al 5,25% a 20 °C, mientras que la solución a 60 °C / 1% fue significativamente más efectiva en la eliminación del *E. Faecalis*. (32).

Por otra parte R. G. Macedo *et. al.* evaluaron el efecto de múltiples ciclos de recambio, activación y la temperatura en la velocidad de reacción del NaOCl con dentina bovina durante la activación de la solución irrigante por ultrasonido (UAI) en condiciones de laboratorio y concluyeron que después de tres ciclos consecutivos de recambio y activación ultrasónica de una solución de NaOCl, había un aumento en su velocidad de reacción. La activación y el tiempo de exposición total aumentaron la velocidad de reacción de NaOCl. Durante la activación, la temperatura del irrigante aumentó hasta 10 °C. Sin embargo, tal aumento de temperatura fue insuficiente para mejorar la velocidad de reacción, lo que sugiere que los efectos mecánicos como la transmisión acústica y la cavitación son los factores dominantes en el riego activado por ultrasonidos (33).

Procedimientos de endodoncia causan aumentos de temperatura en la superficie externa de la raíz, lo que puede provocar daños potenciales en el cemento de la raíz, el ligamento periodontal y el hueso alveolar.

El estudio de *Eriksson y Albrektsson* demostró que un aumento de temperatura de 10 °C en la superficie externa de la raíz causó anquilosis dental y resorción ósea (27). Posteriormente Cameron realizó un estudio enfocado a los cambios de temperatura dentro del conducto radicular y en la superficie externa de la raíz durante la irrigación utilizando ultrasonido y la relación que tiene el grosor de la pared del conducto radicular en el aumento de la temperatura de la superficie externa y concluyó que el flujo continuo de la solución irrigante causó que la temperatura externa cayera de 37 °C a 32 °C. En la técnica intermitente se registró un pico de temperatura de 45 °C por dentro y 40 °C en la superficie externa de la raíz. El grosor de la pared del conducto radicular tuvo un efecto sobre la tasa de cambio de temperatura en lugar de la temperatura final. Sin embargo, los aumentos de temperatura que provocaron los sistemas de activación, no alcanzan las temperaturas mínimas, reportadas por Eriksson, en las cuales se provoca un daño a los tejidos periodontales (34).

En otro experimento realizado por Ahmad, enfocado al aumento de temperatura provocado entre una lima y la pared de la dentina, cuando se usan dispositivos ultrasónicos en la irrigación del conducto se concluyó que el aumento de la temperatura no se da directamente en la superficie de la raíz ya que la solución

de irrigación funciona como un medio de enfriamiento. Debido a esta función de amortiguación, se informó que el aumento de temperatura era de aproximadamente 0.4 - 0.8 °C, con estas temperaturas no se alcanza daño a los tejidos periodontales (35).

Los resultados del presente estudio nos mostraron un aumento de la temperatura en la utilización de los dos sistemas ultrasónicos en comparación con la temperatura basal o inicial (T_0), tal aumento es el resultado de la implosión de las burbujas de cavitación creadas por las vibraciones del sanicador. El dispositivo Ultra X que alcanza mayor potencia, tuvo mayor aumento de la temperatura que el dispositivo Varios 370.

Por otra parte el factor tiempo influyó en la temperatura, ya que se observó como aumentaba, a medida que aumentaba el tiempo (s) de experimentación.

Sin embargo, aunque los cambios de temperatura que provocaron los sistemas de activación, estuvieron por encima de la temperatura basal (significativamente diferente, $p < 0.05$), estos aumentos estuvieron dentro del rango.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegan a las siguientes conclusiones:

Los resultados del análisis estadístico sugieren que existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Ultra X después de 15 segundos y entre no usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 segundos ($p < 0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre usar irrigante con el activador Varios después de 30 segundos y entre no usar irrigante con el activador Ultra X después de 30 segundos ($p < 0.05$). También, existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos activadores, al no usar agente irrigante después de 30 segundos ($p < 0.05$).

El dispositivo Ultra X que alcanza una potencia de hasta 45W, tuvo mayor aumento de la temperatura que el dispositivo Varios 370.

En ambos sistemas el aumento de la temperatura en la superficie radicular externa no fue significativo, por lo que se espera que en un ambiente clínico no genere daños en los tejidos periodontales.

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula.

BIBLIOGRAFÍA

1. Edition S. Guide to Clinical Endodontics Sixth Edition. aae. 2012;6th.
2. Canal R, Irrigants C. Colleagues for. 2011;
3. Endodoncia, Técnica y Fundamentos.pdf.
4. Berman KMHSCLH. Vias de la Pulpa. 10ma edici. Sevier E, editor. 2011.
5. Versiani MA O-ZR. Root canal anatomy: implications in biofilm disinfection. Toronto Springer Int Publ. 2015;23–5.
6. Versiani MA. The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition.
7. OA. P. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod. 2004;30(559).
8. Nestor Cohenca. Disinfection of Root Canal Systems The treatmen of apical periodontitis. Blackwell W, editor. 2014.
9. Bettina Basrani. Endodontic Irrigation, Chemica Disinfection of the root canal system. 1st ed. Springer, editor. 2015.
10. Mozo S, Llena C FL. Review of ultrasonic irrigation in endodontics. Increasing action of irrigating solutions. Med Oral Patol Oral. 2012;17(3):512–6.
11. M. Z. Root Canarl Irrigants. J Endod. 2006;
12. Dioguardi M, Gioia G Di, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontic

- irrigants : Different methods to improve efficacy and related problems. 2019;
13. Estrela Carlos. Ciencia Endodóntica. Primera ed. 2005. 161-164 p.
 14. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics : an update review. 2008;329–41.
 15. Grossman L MB. Solution of pulp tissue by chemical agent. J Am Dent Assoc. 1941;28(223).
 16. Bao P, Shen Y, Lin J HM. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. J Endod. 2016;1–5.
 17. Ruddle CJ. Nonsurgical Retreatment. (5).
 18. Walmsley AD, Lumley PJ. The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. 1987;(Walmsley):125–32.
 19. R. Norman Weller, John M. Brady WEB. Efficacy of ultrasonic cleaning. 1980;(9).
 20. Martin H CW. Endosonic endodontics: the ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984;34:198–203.
 21. Boutsoukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, Versluis M. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. 2013;1–10.
 22. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM. Ultrasonics in Endodontics : A Review of

- the Literature. 2007;33(2):81–95.
23. Eighteeth. Manual Instruction Ultrasonic Activation System- Ultra X. 2019;
 24. NSK. Manual of NSK VARIOS 370.
 25. Nusstein JM. Endodontic sonic and ultrasonic irrigant activation. Clin Dent Rev [Internet]. 2018;1–7. Available from: <https://doi.org/10.1007/s41894-018-0037-1>
 26. Kwon S, Jun S, Ahn J, Lee I, Cho B, Son H, et al. Thermal irritation of teeth during dental treatment procedures. 2013;7658:105–12.
 27. A. R Eriksson, D.D.S TAM. PhD. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit. :101–7.
 28. Eriksson A, Albrektsson T, Grane B, Mcqueen D. Thermal injury to bone A vital-microscopic description of heat effects. Int J Oral Surg [Internet]. 1982;11(2):115–21. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9785\(82\)80020-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9785(82)80020-3)
 29. Jj S, Norris K, Foster R, Moehring J, Mj S, Moehring JM, et al. Expression of heat stress proteins by human periodontal ligament cells. 1988;
 30. Anilkumar Chauhan, Vimala Nilker¹ LPM. Effect of Temperature Rise on Periodontal Tissue During Endodontic Treatment: An In Vitro Study. Indian J Oral Heal Res. 2015;
 31. Mollica FB, Camargo FP, Zamboni SC, Pereira SM, Teixeira SC NLJ. Pulpal

- temperature increase with high-speed handpiece, Er:YAG laser and ultrasound tips. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:209–13.
32. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The Effects of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability , Pulp Dissolution Capacity , and Antimicrobial Efficacy. 2005;31(9):669–71.
33. Macedo RG, Verhaagen B, Wesselink PR, Versluis M, Sluis LWM Van Der. Influence of refreshment / activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. 2013;1–8.
34. Cameron JA. The Effect of Ultrasonic Endodontics on the Temperature of the Root Canal Wall. 1988;14(11):554–9.
35. M. A. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6:230–1.

