



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

**CAUSAS, PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA  
SEPARACIÓN DE INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS  
CON PRESENTACIÓN DE CASOS CLÍNICOS**

## **TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
"ESPECIALISTA EN ENDODONCIA"

PRESENTA  
**C.D. JUAN CARLOS ESTRADA ANGELES**

**DIRECTOR DE TESIS:**  
DR. MARTIN ALBERTO LOEZA RAMÍREZ

Morelia Michoacán abril del 2018



## ***AGRADECIMIENTOS***

Tu tiempo es limitado, así que no lo malgastes viviendo la vida de otro...  
Vive tu propia vida. Todo lo demás es secundario (Steve Jobs)

A través del tiempo en este mundo sin fin en el que nuestro paso por este planeta es muy breve, quiero:

Agradecer a Dios padre, que me dio la vida y también la libertad de vivirla.

Agradezco a mis Padres. Teresita y Sebastián, a mis Hermanos. Rubén, francisco Javier y Gisela, por el esfuerzo, dedicación y sacrificio que hicieron para poder darme la oportunidad de estudiar y terminar la especialidad.

Agradezco a mi esposa Eliza. Por el apoyo incondicional, por creer en mí, por seguirme, por la confianza, por apostar por mí, por vivir conmigo cada proyecto desde el inicio, cada meta alcanzada y cada tropiezo superado ha sido gracias a tu apoyo, para seguir creciendo, me has motivado a ser mejor ser humano, mejor hijo, mejor hermano, mejor profesionista, mejor padre y mejor esposo, y a si quiero seguir.

Agradezco a mis hijos, Franco Augusto y María lía. Son mi motor, son el regalo más hermoso que Dios me pudo confiar, cada que veo sus ojos entiendo la grandeza de su amor, sé que sus almas dejaran huella en este mundo, al menos en el mío, en cuanto me vi en ellos y los pude abrazar, cambiaron mi vida para siempre.

Agradezco a Don fausto, por todo lo que me ha enseñado... Nunca me ha dado consejos, me ha enseñado con el ejemplo, el cómo vivir una vida plena.

Agradezco a todos mis maestros y compañeros en especial a mi asesor de tesis el Doctor. Martin Alberto Loeza Ramírez. Por todo lo que hicieron por mí, por sus enseñanzas, por su tiempo, por sus valores y por el impulso para hacer las cosas con ética, responsabilidad, humanidad, humildad y servicio hacia los demás.

**TÍTULO**

**CAUSAS, PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SEPARACIÓN DE  
INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS  
CON PRESENTACIÓN DE CASOS CLÍNICOS**

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Definición de sonido.....	4
1.2 Definición de ultrasonido .....	4
1.3 Ultrasonido Generalidades.....	4
1.4 Ultrasonido en odontología .....	7
1.5. Ultrasonido en endodoncia .....	9
1.6. Propiedades físicas, mecánicas y biológicas del ultrasonido en el conducto radicular .....	10
1.7. Movimiento oscilatorio.....	10
1.8. Cavitación.....	11
1.9 Microcorriente acústica.....	14
1.9.1 Generación de calor.....	15
2. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN EL CONDUCTO RADICULAR.....	16
2,1 Efectos sobre la dentina.....	16
2.2 Efectos sobre la capa de desecho dentinario .....	18
2.3. Efectos antimicrobianos.....	21
3. USOS DEL ULTRASONIDO EN ENDODONCIA .....	23
3.1. Retiro de restauraciones definitivas .....	23
3.2. Retiro de pernos intraconductos .....	24
3.3. Retiro de instrumentos fracturados .....	26
3.4. Eliminación de calcificaciones radiculares.....	28
4. ACCIDENTES DE PROCEDIMIENTO.....	28
4.1. Definición de accidente .....	28
4.2. Daño en el foramen apical y sobre instrumentación.....	29
4.3. Deformación apical.....	29

4.4 Codo.....	29
4.5. Escalón.....	30
4.6. Perforación.....	30
4.7. Stripping.....	30
4.8. Bloqueo del conducto .....	30
4.9. Fractura de instrumentos.....	31
5. CAUSAS DE FRACTURA DE INSTRUMENTOS.....	31
5.1. Definición de Fractura: .....	31
5.2. Fractura torsional .....	31
5.3. Fractura Cíclica.....	31
5.4. Factores de riesgo .....	32
6. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.....	33
7. PRONÓSTICO.....	35
8. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	37
9. OBJETIVOS.....	38
9.1 General.....	38
9.2 Específico .....	38
10. JUSTIFICACIÓN .....	39
11. METODOLOGÍA.....	43
11.1 Materiales .....	43
11.2 Método.....	43
12. PRESENTACIÓN DE CASOS CLINICOS .....	47
12.1 Caso clínico 1.....	47
12.2 Caso clínico 2.....	53
12.3 Caso clínico 3.....	59
13. TRATAMIENTO Y EVOLUCIÓN.....	61
14. DISCUSIÓN.....	62
15. CONCLUSIONES .....	65
16. BIBLIOGRAFIA.....	67

## RESUMEN

La complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares y el empleo incorrecto del instrumental y técnicas de instrumentación puede conducir accidentes que dificultan el cumplimiento de los objetivos de la terapia endodóntica. Los accidentes pueden ocurrir en cualquier fase del tratamiento y deberán ser prevenidos. Durante la fase de instrumentación, especialmente a preparar conductos calcificados y curvos existe potencialmente el riesgo de fracturar un instrumento.

La fractura de una lima endodóntica, puede causar serias complicaciones y poner en riesgo el resultado final del tratamiento endodóntico. La prevención de este accidente especialmente de las limas de Níquel Titanio (NiTi) suele ser complejo, por el hecho de que esta aleación rara vez muestran signos clínicos visibles de deformación plástica como resultado de las cargas de fatiga cíclica o torsional que sufre el instrumento al someterse a la anatomía del conducto radicular. Cuando esto ocurre, el clínico deberá evaluar el pronóstico del caso y decidir por la remoción o no del fragmento de lima separado.

El clínico deberá considerar los riesgos que conlleva si decide eliminar el fragmento de instrumento del interior del conducto radicular, el estado pulpar previo al tratamiento, las condiciones anatómicas propias del conducto y los riesgos de transportar o perforar la pared del conducto radicular durante la remoción del fragmento fracturado.

En la literatura se han descrito diferentes métodos para retirar un instrumento fracturado, sin embargo ninguno garantiza eficacia. Una alternativa es transferir la energía ultrasónica a al fragmento separado mediante una lima tipo K para destrabar el fragmento separado de la pared del conducto y facilitar su desalojo. El objetivo del presente trabajo es describir el concepto, bases y principios de un protocolo para la remoción de instrumentos fracturados utilizando ultrasonido y limas Tipo K, documentado con la resolución de casos clínicos.

Palabras clave: causas, prevención, accidentes, instrumentos, endodoncia

## ABSTRACT

The anatomical complexity of the root canal system and the incorrect use of instrumentation and instrumentation techniques can lead to accidents that make it difficult to achieve the objectives of endodontic therapy. Accidents can occur at any stage of the treatment and should be prevented. During the instrumentation phase, especially to prepare calcified and curved conduits, there is a potential risk of fracturing an instrument.

The fracture of an endodontic file can cause serious complications and put at risk the final result of the endodontic treatment. The prevention of this accident especially of Titanium Nickel (NiTi) files is usually complex, due to the fact that this alloy rarely show visible clinical signs of plastic deformation as a result of the cyclic or torsional fatigue loads that the instrument undergoes. undergo the anatomy of the root canal. When this occurs, the clinician should evaluate the prognosis of the case and decide whether or not to remove the separate file fragment.

The clinician should consider the risks involved if he decides to remove the instrument fragment from the root canal, the pulp condition prior to treatment, the anatomical conditions of the canal and the risks of transporting or perforating the root canal wall during the removal of the root canal. fractured fragment.

In the literature, different methods to remove a fractured instrument have been described, but none guarantee efficacy. An alternative is to transfer the ultrasonic energy to the fragment separated by a K-type file to unlock the fragment separated from the canal wall and facilitate its removal. The objective of this paper is to describe the concept, bases and principles of a protocol for the removal of fractured instruments using ultrasound and Type K files, documented with the resolution of clinical cases.

Keywords: causes, prevention, accidents, instruments, endodontics

## INTRODUCCIÓN

El propósito de presente trabajo es discutir las causas prevención y separación de limas endodónticas y proponer una metodología utilizando ultrasonido y limas tipo K. para remover instrumentos que han quedado separados, documentando con la resolución de casos clínicos.

El estudio y la aplicación del ultrasonido comienza en el año 1883, cuando Galton crea el primer resonador de alta frecuencia para medir el límite superior de la capacidad auditiva del ser humano, a partir de éste momento se comienzan a idear distintos tipos de dispositivos de generación ultrasónica, así como el estudio y aplicación del ultrasonido en distintas áreas.

El empleo de dispositivos y técnicas ultrasónicas, tienen un uso muy variado en la industria, permite el estudio de materiales, la emulsificación o unión de dos líquidos de densidades distintas, su utilización en dispositivos como el sonar o el radar, así como su empleo en el área médica y sanitaria, donde se usa en procesos como homogeneización de la leche, y en dispositivos médicos como el eco Doppler.

El empleo de dispositivos ultrasónicos en el campo de la Endodoncia. En el año 1957 cuando Richman desarrolla un dispositivo ultrasónico para la preparación de conductos radiculares y el primero en utilizarlo en endodoncia. Posteriormente Martin en el año 1976 demuestra la efectividad del uso de dispositivos sónicos y ultrasónicos en terapia endodóntica

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Definición de sonido**

El sonido se define como ondas elásticas que se propagan a través de un medio (sólido, líquido, gas), las cuales al propagarse por el aire y ser recibidas por el oído, producen la sensación auditiva[1,2]

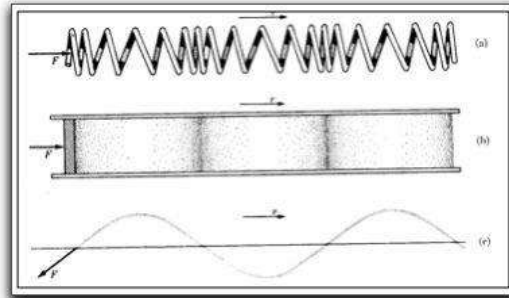
### **1.2 Definición de ultrasonido**

El ultrasonido se define como un sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano, con aplicaciones tanto en la industria como en la medicina [3]

### **1.3 Ultrasonido Generalidades**

Al aplicar una fuerza sobre cierto objeto, por ejemplo un resorte o una cuerda, se va a producir una deformación elástica de dicho objeto. Ésta se va a producir en forma de una compresión o de elongación. La deformación se transmitirá a través del cuerpo de dicho objeto en forma de un movimiento ondulatorio u onda elástica [4]

La vibración del cuerpo producida por el movimiento ondulatorio, hace que éste impulse el aire alrededor de él, de manera que el aire copia el movimiento ondulatorio del objeto, produciendo la transmisión de la onda a través de éste. La onda al propagarse por el aire y ser recibida por el oído, produce la sensación auditiva que se conoce como sonido [5]



Ondas elásticas en (a) un resorte, (b) un gas y (c) una cuerda.  
 Tomado de Alonso M., Finn E., Física, 1976.

El sonido se propaga en forma de ondas longitudinales que se irradian de la fuente de origen en forma radial. Para su propagación es necesario que exista un medio cuya densidad y temperatura determine la velocidad del sonido emitido.

La transmisión de ondas implica transferencia de energía a través del espacio [6]

La onda elástica va a tener un modelo sinusoidal, que se modifica por distintas magnitudes variables, tales como la intensidad, la longitud, amplitud y la frecuencia.

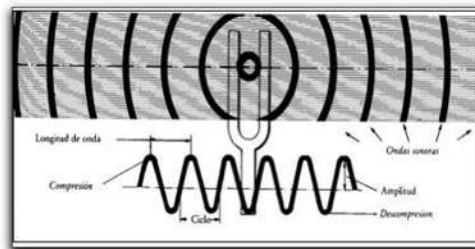
La intensidad de un sonido, se define como la energía media que atraviesa la superficie unitaria en dirección perpendicular a la propagación de la unidad de onda en una unidad de tiempo.

La longitud de onda corresponde a la distancia que existe entre cada repetición de la curva descrita por la onda y la frecuencia, se define como la variable que considera al número de oscilaciones o ciclos que se generan en un segundo, y que van a determinar la magnitud sonora que puede captar el oído humano [7, 8]

La unidad que mide la frecuencia de las ondas se denomina Hercio (Hz), y se define como la frecuencia de un movimiento vibratorio que ejecuta una vibración cada segundo [9,10]

El sistema auditivo humano tiene una capacidad de percibir aquellas ondas en un amplio rango de frecuencia, el cual va a oscilar entre 16Hz a 20 KHz.

La aplicación, estudio y uso de las ondas con frecuencia mayor de 16 KHz corresponde al campo del ultrasonido, rama de la acústica, con una amplia gama de aplicaciones como en ingeniería mecánica, eléctrica y química, en biología, e ingeniería sanitaria, y en la medicina [11.12]



*En la generación de ondas sonoras a partir de la vibración de un diapason se distinguen varias magnitudes ondulatorias, como la longitud y la amplitud de onda o la unidad llamada ciclo. Tomado de Enciclopedia Hispánica, 1995.*

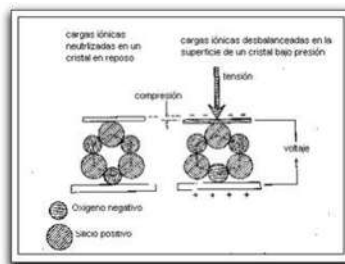
Las ondas sonoras se generan por medio de un dispositivo denominado transductor. Un transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de transformar una forma de energía en otra. Los transductores acústicos pueden transformar energía eléctrica en energía acústica, o viceversa. Existen distintos dispositivos transductores que generan energía acústica por distintos efectos, dichos dispositivos son conocidos como osciladores cristalinos, osciladores magnetostrictivos, generadores mecánicos, transductores electromagnéticos, electrostáticos y de alta frecuencia.

En el campo de la odontología se utilizan más comúnmente los dispositivos que funcionan por medio de osciladores piezoeléctricos y magnetostrictivos [13,14]

El efecto piezoeléctrico ocurre cuando una sustancia posee ciertas características Eléctricas y mecánicas. Ésta sustancia al ser sometida a un campo eléctrico tenderá a comprimirse, pero a su vez, el material tenderá a comportarse como un resorte mecánico con una rigidez interna que se opondrá a la fuerza aplicada.

Simultáneamente ocurre una polarización de la superficie cristalina formándose dos polos iguales y opuestos sobre las superficies opuestas del cristal. Generalmente se utilizan cristales de cuarzo, la sal de Róchele y la Turmalina para la generación sónica y ultrasónica. Su principal ventaja es su amplio intervalo de frecuencia, siendo su límite superior más de 10.000 megahercios [15,16]

El fenómeno magnetostrictivo ocurre con ciertos materiales dieléctricos (mal conductor o aislante) denominados ferroeléctricos, los cuales tienen la capacidad de deformarse ante la presencia de un campo magnético aplicado en una dirección determinada. La intensidad de la deformación será proporcional al cuadrado de la magnitud del campo aplicado [17]



*Representación esquemática de la interacción entre la fuerza y el campo en un cristal piezoeléctrico. Tomado de Hueter, Bolt, Richard, Sonics, 1955.*

#### 1.4 Ultrasonido en odontología

Desde la década de los años 50, se han diseñado distintos dispositivos sónicos y ultrasónicos para distintas aplicaciones odontológicas. Oman y Applebaum [18], en el año 1955, describen el dispositivo utilizado en su estudio como un oscilador de frecuencia variable, el cual alimentaba con corriente alterna de alta frecuencia a una pieza de mano magnetostrictiva, por medio de un amplificador de poder. Este dispositivo fue diseñado para la preparación de cavidades y eliminación de caries, obteniendo resultados favorables.

Nielsen et al, citados por Banerjee, Watson y Kidd [19], diseñaron un dispositivo ultrasónico magnetostrictivo que funcionaba a una frecuencia de 25KHz. para el tallado de cavidades y eliminación de caries. Los autores observaron que el dispositivo era efectivo solo sobre tejidos duros, pero en tejidos dentarios reblandecidos la capacidad de corte disminuía.

Zinner [20] en el año 1955, presentó unos estudios preliminares donde la aplicación de dispositivos ultrasónicos, en distintos usos clínicos incluyendo terapias de periodoncia, no producían daños a los tejidos pulpares y periodontales. Partiendo de estos estudios Johnson y Wilson [21] demostraron la efectividad de la aplicación del ultrasonido en la remoción del cálculo gingival y el potencial del ultrasonido dentro del tratamiento periodontal, ya que la aplicación del ultrasonido no producía daño al cemento radicular, causaba menor daño a los tejidos gingivales, y menos trauma a los pacientes, al ser comparado con el tratamiento periodontal realizado de una forma manual.

Schenk et al [22] demostraron en un estudio in Vitro que la aplicación de dispositivos sónicos y ultrasónicos no producían efectos antibacterianos sobre colonias de microorganismos asociados comúnmente a la placa dental y a los procesos periodontales (*A. actinomycetencomitans*, *P. Gingivalis*, *C. rectus* y *P. Micros*) por lo que asociaron la efectividad del uso del ultrasonido en periodoncia a la remoción mecánica del cálculo supragingival y subgingival.

Chapple et al [23]. Realizaron un estudio para establecer una relación entre el incremento de la potencia y la eficacia de la instrumentación, realizada por dispositivos ultrasónicos en el tratamiento periodontal. Observaron que el incremento de la potencia en la unidad generadora del ultrasonido, produce un incremento en la amplitud de oscilación longitudinal del instrumento, aumentando el efecto de desgaste sobre el cálculo, por lo que incrementa la eficiencia del instrumento.[24]

## 1.5. Ultrasonido en endodencia

Martin y Cunningham [25,26], en el año 1976, desarrollaron un dispositivo ultrasónico el cual comercializaron con el nombre de Caviendo (Caulk/ Dentsplay, EUA), el cual consistía en un dispositivo magnetoestrictivo, que generaba una potencia de 25-30 KHz, y que incluía un receptáculo integrado donde se colocaba la solución irrigante.

Estos autores también proponen el termino Endosónico, el cual lo definen como la síntesis de acciones ultrasónicas, biológicas, químicas y físicas, que actúan por separado pero que interactúan entre sí en forma sinérgica [27]. Entre los dispositivos piezoeléctricos más conocidos se encuentran el dispositivo ENAC (Osada, Tokio, Japón), y el dispositivo Suprasson ( Satelec, Francia). Estos dispositivos se componen de un generador piezoeléctrico de potencia graduable, así como de un dispositivo para irrigación por agua [28].

El dispositivo piezoeléctrico tiene ventajas sobre los dispositivos magnéticos, ya que genera poco calor y no se necesita refrigeración para la pieza de mano, además el transductor piezoeléctrico transfiere más energía, haciéndolo más poderoso que los dispositivos magnetoestrictivos [29]. Por otra parte las piezas de mano sónicas se caracterizan por no poder conectarse a la toma de aire de la unidad y generar una oscilación en un rango de frecuencia graduable entre los 1.5 a 3 KHz. Éstos dispositivos producen la vibración por medio de un mecanismo transductor mecánico y tienen sistemas de limas específicos para estos. Entre los sistemas sónicos más conocidos se encuentran el Sonic Air Micro Mega 1500 y 1400 (Micro mega/Medidenta, EUA/Suiza). [30]

## **1.6. Propiedades físicas, mecánicas y biológicas del ultrasonido en el conducto radicular**

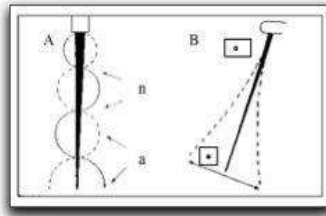
Las propiedades del ultrasonido que presentan interés en el campo de la endodoncia son: la producción de movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, la microcorriente acústica y la generación de calor; así como la combinación de estas propiedades con la irrigación, que genera un efecto Biológico del irrigante dentro del conducto radicular [31,32, 33].

## **1.7. Movimiento oscilatorio**

El dispositivo de ultrasonidos va a generar energía acústica que al ser transmitida al instrumento, va a causar que éste vibre con un movimiento oscilatorio característico que va a depender de la frecuencia de la vibración. Generalmente esta frecuencia va a oscilar en un rango de 20 a 50 KHz. en los dispositivos ultrasónicos y de 2 a 6 KHz. En los dispositivos sónicos [34].

El diseño del instrumento va a influir en el tipo de movimiento oscilatorio que éste presente al activarse. En el caso de estar en un mismo plano con respecto al eje de inserción a la fuente de poder, el instrumento presenta un patrón de oscilación longitudinal, teniendo una mayor amplitud de desplazamiento en la punta, que va ha disminuir progresivamente hacia el mango. Generalmente, el diseño de los instrumentos ultrasónicos para endodoncia, van a tener una angulación de 60 a 90 grados con respecto a su eje de inserción, lo que va a ocasionar que durante su activación, el patrón de vibración generado se produzca en forma transversal en vez de longitudinal.

Este tipo de oscilación va a estructurarse en un característico patrón de nodos, puntos donde se producen una mínima o ninguna oscilación y antinodos, o segmentos del instrumento donde se produce una máxima oscilación o desplazamiento. Éste patrón de oscilación va a depender de la frecuencia, del diseño y tipo de instrumento [35].



*Diferentes tipos de oscilación vistos en el aire con  
Algunas limas (A) ultrasónicas y (B) sónicas. a=antinodo, n=nodo,  
Tomado de Lumley A, Walmsley A, Laird W.1991*

### 1.8. Cavitación

La cavitación se define como la formación de vacíos submicroscópicos, como resultado de vibrar un medio fluido por el movimiento alternante de alta frecuencia de la punta de un instrumento. Cuando estos vacíos hacen implosión, se crean ondas de choque que se propagan a través del medio y producen liberación de energía en forma de calor [36].

Cuando un objeto vibrante es inmerso en un fluido las oscilaciones son transmitidas a éste, lo que produce que haya un incremento local (compresión) y una reducción (rarefacción) en la presión del fluido. Durante la fase de rarefacción, a una cierta amplitud de presión, el líquido puede colapsar debido a la tensión acústica, y formar burbujas de cavitación. Durante la próxima fase de compresión, estas burbujas colapsan por implosión, produciendo altas temperaturas y presiones dentro de los gases contenidos en las burbujas, lo que resulta en la generación de radicales libres y la generación de ondas de choque asociadas al colapso de las burbujas [37]

Durante la aplicación de una lima ultrasónica dentro del conducto radicular, el irrigante va a circular por todo alrededor de la lima, debido a que las ondas acústicas van a impulsar a la solución, a circular en todas las dimensiones del sistema de conductos.

Éste flujo de irrigante acompañado por el movimiento oscilatorio de la lima, va a permitir la generación del efecto de cavitación, resultando en la limpieza y el desalojo de los detritos de la superficie de las paredes del conducto.

La cavitación produce la remoción efectiva de todo residuo orgánico, emulsión y degradación de las proteínas necróticas remanentes y crea un efecto de succión del material orgánico suspendido en el irrigante hacia la corriente principal del movimiento de irrigación permitiendo así su desalojo. [38,39, 40, 41]

Según Nyborg y Williams, citados por Walsmley [39], de acuerdo a la frecuencia de Oscilación de la energía acústica, la cavitación puede variar de una forma estable, donde las burbujas vibran sin fragmentarse, hasta una forma transitoria, donde existe una rápida formación y colapso de las burbujas generando calor y campos vibratorios hidrodinámicos. Estos campos pueden ocasionar una ruptura electrolítica de la molécula del agua, generando radicales libres (H y OH) o intermedios como el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que podrían resultar en un riesgo biológico al reaccionar con los tejidos vivos, así como también producir algún efecto antimicrobiano.

En el año 1955, Zinner [40], al estudiar los efectos de la cavitación sobre las propiedades físicas y químicas de la sangre, no observó hemólisis en la sangre, al someter ésta bajo condiciones controladas, por lo que consideró que no habían alteraciones en las propiedades físicas y biológicas de la sangre producida por el efecto de cavitación durante la aplicación del ultrasonido. Johnson y Wilson [43], en el año 1957, realizaron un estudio sobre los efectos de la aplicación del ultrasonido en el procedimiento de tartrectomía, en el que no obtuvieron una evidencia directa que relacionara la cavitación con la remoción del cálculo dental, observaron que era necesario el contacto entre la punta del dispositivo con el cálculo dental para desprenderlo de la superficie dentaria.

El efecto de cavitación producido al colocar la punta del dispositivo en cercanía del cálculo en presencia de un medio líquido no fue suficiente para producir la remoción del cálculo [44].

La combinación del efecto del ultrasonido con el líquido irrigante va a producir que las ondas de choque producidas por el fenómeno de cavitación, viajen a través del líquido, pero no tienen la capacidad de remover la capa de desecho dentinario de las paredes del conducto radicular por sí misma. La energía ultrasónica potencia la acción biológica de la solución irrigante e incrementa su efecto de limpieza sobre las paredes del conducto radicular [45].

Ahmad, Pittford y Crum [46], realizaron un estudio in Vitro por medio de un análisis Fotométrico para evaluar el comportamiento del sistema ultrasónico Cavi-Endo (Caulk, Dentsply, York, PA). En dicho estudio no obtuvieron evidencias de la formación de cavitación transitoria, de lo cual concluyeron que el sistema ultrasónico estudiado, aparentemente fallaba en generar la energía ultrasónica suficiente para resultar en la adecuada amplitud de presión acústica para inducir la cavitación. El contacto de la lima ultrasónica con las paredes del conducto radicular va a reducir el efecto de cavitación, debido a que el posible contacto sobre la pared dentinaria del conducto radicular, impidiendo el movimiento de oscilación de la lima y disminuyendo la amplitud del movimiento oscilatorio, reduciendo así la cavitación [47].

Ahmad y Roy realizaron observaciones de las fracturas de instrumentos endodónticos activados por ultrasonido, observando que en su superficie presentaban excavaciones, las cuales asumieron, como producto de las implosiones de las microburbujas sobre la superficie del instrumento. [48].

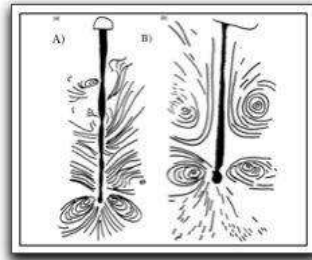
## 1..9 Microcorriente acústica

La Microcorriente acústica es la circulación de un fluido, inducida por las fuerzas creadas por la vibración hidrodinámica, en vecindad a un pequeño objeto vibratorio, como una lima endodóntica activada por ultrasonido [49].

Cuando un objeto oscilante con una baja amplitud de desplazamiento es sumergido en un líquido, se forman patrones de oscilación del fluido alrededor del objeto. Estas oscilaciones van a formar corrientes en remolino, que crean un gradiente de velocidad produciendo tensiones vibratorias, de manera tal, que cualquier material biológico que entre en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posiblemente sea dañado.[50].

La lima oscilatoria del sistema endosónico produce campos de corriente alrededor de toda su longitud, generando la mayor tensión vibratoria en los puntos de mayor desplazamiento, que son la punta de la lima y los antinodos formados a lo largo de su longitud. Por esta razón se le atribuyen a las áreas de microcorrientes, muchos de los efectos benéficos del ultrasonido [51].

Ahmad, Pittford y Crum [52], realizaron observaciones de la microcorriente acústica producida por una lima activada por ultrasonido. Observaron que el líquido alrededor de la lima fue transportado de la punta hacia el extremo coronal de ésta, así como la formación de un patrón oscilatorio irregular de movimientos en remolino, que parecían concentrarse en la mitad apical de la lima. Mientras un movimiento en remolino más rápido ocurría en la punta de la lima que en el segmento coronal, el flujo del líquido en la punta era menor.



*Representación diagramática de corriente observada en limas activadas*

*A) ultrasónica y B) sonicamente.*

Tomado de Lumley P, Walmsley A, Laird W.1991.

La microcorriente acústica generada va a ser más efectiva en la dirección de la oscilación de la lima, así como en un plano frontal y paralelo a la orientación de esta, mientras que va a ser menos efectivo en los planos perpendiculares a la orientación de la lima ultrasónica oscilante.[53].

Laukhuf et al.[54] observaron que las microcorrientes acústicas generadas por los Dispositivos sónicos tenían más velocidad y mayores fuerzas vibratorias hidrodinámicas que las generadas por los dispositivos ultrasónicos, lo cual, correlacionaron con el patrón de vibración característico de los sistemas sónicos, que permiten una mayor amplitud de desplazamiento en la punta del instrumento, debido al patrón de oscilación de la lima.

### **1.9.1 Generación de calor**

La generación de calor es otra de las propiedades físicas que produce la aplicación de ultrasonido dentro del conducto radicular. El calor y el consiguiente aumento de la temperatura resulta como producto de la energía liberada durante el efecto de cavitación, debido a la implosión de las microburbujas de gas, o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular.[55,56]

El aumento de la temperatura potencia la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cunningham y Balekjian [57] observaron que el aumento de la temperatura a soluciones de hipoclorito de sodio, de una concentración de 2.6%, potenciaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones, de concentración de 5.0%, utilizadas a temperatura ambiente.

## **2. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN EL CONDUCTO RADICULAR**

### **2,1 Efectos sobre la dentina**

El efecto de oscilación transversal del instrumento endodóntico al ser activado ultrasónicamente, va a producir un efecto de corte irregular sobre las paredes dentinarias. Éste efecto de corte va a depender de la carga aplicada sobre el instrumento, ya que la energía convertida en oscilación transversa es poca, por lo que puede anularse con la aplicación de una pequeña carga sobre el instrumento en sentido del eje axial del diente.

La acción de corte del instrumento endodóntico va a incrementarse en forma directamente proporcional al aumento de poder en la unidad generadora [58,59]. Waplinton et al.[60] realizaron un estudio in Vitro para determinar el patrón bajo el cual se produce el efecto de corte de la dentina. Al realizar un análisis microscópico, observaron que en una cavidad tallada en una muestra de dentina, las paredes aparecían estriadas con un gran cúmulo de virutas en dichas estrías. Un análisis de estos fragmentos reveló que el tamaño de las virutas aumentaba cuando el poder de la unidad generadora era incrementado. Esto sugiere que la remoción de dentina a una mayor energía, produce que la punta del instrumento sea capaz de desplazar fragmentos de dentina de mayor tamaño, en vez de remover una mayor cantidad de virutas de dentina.

Un análisis de los residuos dentinarios, determinó que éstos se producían por fractura dúctil de la estructura dentinaria, mecanismo semejante a la acción de corte de los instrumentos rotatorios, además se observó formación de algunas virutas por quiebre de la estructura dentinaria, principalmente producida por el efecto abrasivo de la punta de los instrumentos activados por ultrasonido.

La aplicación del ultrasonido sobre la estructura dentinaria también puede producir la formación de microgrietas a lo largo del conducto radicular. Esto ha sido reportado principalmente en estudios sobre la aplicación de dispositivos ultrasónicos en la preparación retrógrada del segmento apical de la raíz dentaria.[61,62,63,64,65]

La formación de microgrietas en las paredes dentinarias de la preparación apical esta atribuida principalmente al calor generado y a la vibración del instrumento [66] Min et al.[67] observaron que la formación de microgrietas en la dentina radicular reseca se incrementaba, a medida que era aumentada la intensidad de la energía ultrasónica, por lo que concluyeron que la intensidad del ultrasonido parece tener influencia sobre el desarrollo de las micro fracturas. Se ha observado que estas microgrietas pueden originarse del conducto hacia la superficie radicular, o de la superficie radicular hacia la estructura dentinaria, o a su vez, pueden comunicar al conducto radicular con la superficie de la raíz y el ligamento periodontal, afectando a las probabilidades de éxito del tratamiento. Debido a que estas microgrietas pueden proporcionar un espacio para el crecimiento bacteriano y la acumulación de irritantes, comprometen el sellado del conducto, posterior a la retro preparación, además de incrementar las posibilidades de fractura radicular.[68,69,70,71]

## 2.2 Efectos sobre la capa de desecho dentinario

La instrumentación del conducto radicular produce que las paredes del mismo sean recubiertas con detritos dentinarios. Está cubierta conocida como capa de desecho, se extiende en las paredes del conducto por medio de las espiras de los instrumentos endodónticos y es bruñida sobre la superficie del conducto por los movimientos realizados durante la instrumentación [72,73]

La capa de desecho dentinario está formada por virutas de dentina, mezclada con tejido orgánico, como restos de tejido pulpar, bacterias, endotoxinas, y algunas veces, restos de material de restauración. La remoción de la capa de desecho va a permitir una interface más estrecha entre el material de obturación y las paredes del conducto, Si por el contrario, se mantiene la capa de desecho, el sistema de conductos radiculares va a ser sellado inadecuadamente, aumentando el potencial de micro filtración, y la subsecuente disminución del porcentaje de éxito [74]. Se ha demostrado que la capa de desecho dentinario se puede remover por la acción de ácidos orgánicos como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), así como la aplicación del ultrasonido dentro del sistema de conductos, combinado con un agente irrigante como el hipoclorito de sodio.[75,76]

Distintos autores han tratado de explicar, el mecanismo por el cual ocurre esto; Cunningham y Martin [77] relacionaron la remoción de la capa de desecho dentinario con el fenómeno de cavitación, ya que las presiones hidrodinámicas producidas en el irrigante, desaloja a los detritos que se encuentran adosados a la pared del conducto y crea un efecto de succión sobre el tejido orgánico liberado arrastrando a los detritos fuera de las ramificaciones laterales del conducto, hacia la corriente principal del flujo del irrigante, donde son posteriormente expulsados del conducto.

El intercambio continuo de irrigación-succión crea que se produzca un efecto sinérgico dentro del conducto, equivalente a un baño ultrasónico donde los detritos son succionados por la acción hidrodinámica del irrigante, activando la acción biológica del irrigante por efecto del aumento de la temperatura.[78]

Otros autores como Ahmad et al.[79], Walmsley [80] y Cameron [81], relacionaron la remoción de la capa de desecho dentinario como resultado producido por el fenómeno de la microcorriente acústica. Ahmad et al[82] realizaron un estudio in Vitro para evaluar la evidencia de la formación de la corriente micro acústica, y su influencia sobre la capa de desecho. Observaron que los conductos presentaban áreas desiguales de dentina libre de capa de desecho, esto lo atribuyeron a que la lima no se encontraba lo suficientemente humectada como para producir una corriente micro acústica, que resultara en fuerzas hidrodinámicas que contribuyeran en la remoción de la capa de desecho.

Walmsley [83] relacionó el papel de la micro corriente acústica producida por la lima oscilante con la limpieza del conducto. Además de mejorar el efecto del hipoclorito de sodio por su calentamiento, produce un flujo continuo del irrigante por toda la extensión del conducto, por medio del cual se propagan ondas de choque que desintegran bacterias y sustancias orgánicas y liberan detritos adosados a las paredes del mismo.

Cameron [84], establece una relación sinérgica entre el hipoclorito de sodio y la aplicación de ultrasonido, ya que el flujo creado por el ultrasonido en conjunto con el reemplazo del irrigante va a crear un incremento dramático en la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cuando es aplicada energía ultrasónica a un líquido, se genera una microcorriente acústica que va a "fregar" las paredes del conducto removiendo la capa de desecho dentinario. El autor obtuvo como resultado que soluciones de hipoclorito de sodio de por lo menos 2%, combinado

con la aplicación de ultrasonido, producían la eliminación de la capa de desecho dentro de un periodo de tres minutos.

En un estudio comparativo sobre la efectividad de la limpieza e irrigación de conductos ovaes por medio de dispositivos sónicos y ultrasónicos, realizado por Lumley et al. [85] observaron que los dispositivos sónicos eran más efectivos en la limpieza y remoción de la capa de desecho dentinario, debido a que el patrón de oscilación de las limas sónicas tiende a ser elíptico, el cual produce una corriente de mayor intensidad alrededor del instrumento, que la producida por el instrumento activado por ultrasonido.

Huque et al. [86] realizaron un estudio in Vitro para determinar la acción antibacteriana del uso del hipoclorito de Sodio combinado con ultrasonido, obtuvieron como resultado que la aplicación de una solución de hipoclorito de sodio en concentraciones de 12% y 5.5% combinada con ultrasonido, era suficiente para eliminar las capas de desecho dentinario, Mientras que la irrigación con jeringa no es efectiva para eliminar dicha capa. Los autores argumentan que la erradicación bacteriana sólo puede lograrse con la Eliminación completa de la capa de desecho dentinario, debido a que las bacterias se encuentran distribuidas por toda la extensión de la misma así como distribuidas en los tapones de desecho que obliteran a los túbulos dentinarios.

Ruddle [87] recomienda la utilización de micro cepillos para el lavado final y la remoción de la capa de desechos. Estos micros cepillos son activados por medio de la aplicación de ultrasonido, o por dispositivos rotatorios, los cuales van a ser utilizados en el procedimiento de limpieza e irrigación final del conducto, posterior a su preparación. Su uso en conjunto con la solución irrigante, realizaran una limpieza mecánica de las paredes del conducto, mejorando significativamente la limpieza final del sistema de conductos radiculares.

### **2.3. Efectos antimicrobianos**

La combinación de los fenómenos producidos por el ultrasonido junto con los efectos antimicrobianos del irrigante, van a incrementar la desinfección del sistema de conductos radiculares. La cavitación y la micro corriente acústica, van a producir la remoción de los detritos y de la capa de desecho dentinario de la superficie del conducto, así como la potenciación de la acción biológica del agente irrigante causado por el aumento de temperatura [88,89,90,91,92]

La acción del ultrasonido va a producir la ruptura de las paredes celulares de los microorganismos, debido a la turbulencia creada por la micro corriente acústica y los cambios de presión, permitiendo que el agente antimicrobiano penetre al interior de las células rápidamente, produciendo su efecto bactericida por alguna de las siguientes acciones biológicas: liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de las moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular [93].

Sjögren et al. [94] realizaron un estudio in vivo para comparar la técnica de desinfección manual con respecto a la desinfección ultrasónica, tomando como muestra treinta y un dientes mono radiculares con pulpas necróticas, cámaras intactas y evidencia radiográfica de lesión periapical. Observaron que algunas especies como *Bacteroides intermedius*, *Actinomyces israelí*, *Actinomyces naeslundii* y *Fusobacterium nucleatum*, podían resistir el procedimiento de desinfección ultrasónica, incluso después de una tercera visita, e incrementaban su número en los conductos radiculares vacíos en el periodo entre citas. Debido a esto, recomiendan indistintamente el uso de medicamentos intraconducto como el hidróxido de calcio, entre cada sesión.

Huque et al.[95] concluyeron, de acuerdo un estudio realizado in Vitro, que el uso de ultrasonido combinado con una solución de hipoclorito de sodio al 12% erradicaba las bacterias presentes en la capa de desecho dentinario, producía la remoción de ésta, y propiciaba la penetración del irrigante hacia las capas más

profundas de la dentina radicular, para de esa manera actuar sobre los microbios contenidos dentro de los canaliculos dentinarios. Observaron además, efecto antimicrobiano sobre las bacterias ubicadas en las paredes de la dentina radicular, con la utilización de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.5%, por lo cual consideraron esta concentración como suficiente para lograr, en conjunto con la aplicación de ultrasonido, una desinfección eficaz del sistema de conductos radiculares [96].

Schenck et al. [97] realizaron un estudio in Vitro de los efectos antimicrobianos que producían la aplicación de dispositivos sónicos y ultrasónicos utilizados en la terapia periodontal, sobre microorganismos usualmente relacionados con procesos periodontales como el *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Campilobacter rectus*, y *Peptostreptococcus micros*. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación del ultrasonido sobre cultivos de estos microbios, en lapsos de 30 a 150 segundos, no produjo una reducción significativa del número de microorganismos, al ser comparado éste, con el número de microbios presentes en cultivos que no fueron tratados con la aplicación de ultrasonido. Los autores concluyeron que los dispositivos sónicos y ultrasónicos utilizados en la terapia periodontal de raspado subgingival no producían ningún efecto antimicrobiano por si mismo sobre las especies antes mencionadas [98].

Laukuf et al. [99] en un estudio comparativo in Vitro de los efectos antimicrobianos de la aplicación de dispositivos sónicos y ultrasónicos sobre el *Streptococcus milleri* inoculado en dientes mono radiculares instrumentados e insertos en bloques de acrílico, afirmaron que después de tiempos de aplicación de 1,2,3 y 4 minutos, la acción de los dispositivos sónicos redujo una mayor cantidad de bacterias que los dispositivos ultrasónicos, pero que esta diferencia no era estadísticamente significativa entre éstos, pero si era significativa con respecto al control. Los niveles de concentración bacteriana y el tiempo de aplicación del

dispositivo dentro del conducto radicular, parece afectar más directamente a la eficacia de desinfección de los dispositivos ultrasónicos, que a la eficacia de desinfección de los dispositivos sónicos.

### **3. USOS DEL ULTRASONIDO EN ENDODONCIA**

Desde el año 1976 cuando Martin [100] describió el mecanismo de desinfección del conducto radicular por medio de la aplicación de un instrumento activado por ultrasonido, la utilización del ultrasonido ha sido adaptada para ser utilizada en los distintos procedimientos que involucra la terapéutica endodóntica, desde el retiro de restauraciones definitivas para acceder al sistema de conductos 18, abarcando los procedimientos de limpieza, desinfección y conformación, hasta procedimientos de obturación del conducto [101,102]

#### **3.1. Retiro de restauraciones definitivas**

Las casas fabricantes de dispositivos ultrasónicos, generalmente ofrecen una serie de puntas para la remoción de restauraciones definitivas como coronas o puentes fijos. La ventaja que ofrecen estos dispositivos es que permiten el desalojo de la restauración, minimizando el riesgo de una fractura radicular, así como la de producir lesiones a los tejidos adyacentes [103]. El efecto que produce la aplicación del ultrasonido a las restauraciones definitivas, es la fractura de la capa de cemento restaurador con el fin de permitir la posterior remoción de la restauración de una forma conservadora [104].

La forma y el tiempo de aplicación del ultrasonido sobre la restauración, así como el cemento empleado van a influir en el retiro de ésta. Yoshida et al. [105] realizaron un estudio, cuyo objetivo era evaluar el tiempo de remoción de restauraciones tipo coronas, cementadas con fosfato de zinc, observando que con la aplicación de ultrasonido en dos puntos opuestos de la restauración, se lograba la remoción en un lapso de 5 a 10 minutos, mientras que con la colocación

simultánea de dos puntas en lados opuestos de la restauración acortaba el tiempo de aplicación del ultrasonido a un lapso de 3 a 5 minutos.

Gómez et al. [106] realizaron un estudio para observar la disminución de la retención provista por los distintos cementos para restauraciones, con la aplicación de ultrasonido. Obtuvieron una reducción de la retención del 39% en el cemento de fosfato de zinc, y de un 33% en el cemento de vidrio ionómero ante un periodo de aplicación de ultrasonido de 10 minutos. Al evaluar los cementos resinosos, no observaron variación en la retención provista por éstos, lo cual atribuyeron a la elasticidad del cemento que tiende a disminuir la vibración y absorber la energía transmitida a la restauración.

### **3.2. Retiro de pernos intraconductos**

Los pernos intraconductos pueden ser retirados por medio de la aplicación del ultrasonido, ya que éste va a producir inicialmente la fractura del agente de cementación entre el perno y la estructura dentaria a nivel coronal, producto de la vibración y luego al utilizar la punta de un instrumento ultrasónico para vibrar el perno se produce el desalojo de éste. La energía ultrasónica produce la fractura del cemento permitiendo la liberación del perno para su remoción [107].

Para producir la fractura del cemento y el desalojo del perno, se requiere un contacto íntimo entre la aleación y la punta ultrasónica. El enlace de cemento puede romperse fácilmente en la interface metal-cemento o dentina-cemento. Entre las precauciones a tomar en cuenta durante la realización del procedimiento, está el de utilizar refrigeración con el fin de evitar el cúmulo de calor durante el período de vibración [108]. Un estudio realizado por Smith [109] en treinta pacientes a los cuales se les retiraron pernos intraconductos, se correlacionó el tiempo de aplicación del ultrasonido con la longitud del fragmento intrarradicular del perno, estableciendo que para el retiro de un perno con una longitud de 6 mm., el tiempo máximo requerido fue de 6 minutos. Proponiendo el autor que por cada

mm. De la porción radicular del perno, el tiempo de aplicación del dispositivo ultrasónico requerido para su desalojo sea de un minuto, independientemente del tipo de cemento de unión utilizado.

De acuerdo a Johnson et al. [110] existen un conjunto de factores a tomar en cuenta con respecto al retiro de un perno intrarradicular: el tipo de perno (colado o prefabricado), el diseño del perno (paralelo o cónico, liso o estriado, enroscado o cementado), el medio cementante, y la longitud de inserción. Las variaciones en el tiempo de aplicación del ultrasonido para el retiro de un perno, debe atribuirse al diámetro del mismo, su longitud de inserción y su diseño.

El tipo de cemento va a cumplir un papel muy importante en cuanto a la retención del poste y el efecto que va a ejercer la aplicación del ultrasonido. Los cementos de fosfato de zinc y los de vidrio ionómero son los más susceptibles a la fractura ante la vibración ultrasónica, mientras los cementos resinosos van a permanecer prácticamente intactos, debido a su capacidad de absorber la energía transmitida por el ultrasonido, y además de poseer un alto módulo de elasticidad que les permite resistir las vibraciones sin fracturarse.[111].

Bergerson et al. [112] realizaron un estudio sobre el efecto del ultrasonido sobre el cemento de restauración y la relación de éste con respecto al cemento de obturación del tratamiento de conductos en dientes con pernos intraradiculares de titanio. Los resultados obtenidos fueron contrarios a los citados anteriormente. La aplicación del ultrasonido no fue eficaz para la remoción del perno, contrariamente, obtuvieron un leve incremento en la resistencia traccional del perno, esto lo atribuyeron a la aleación de titanio del perno, el cual tiene un menor módulo de elasticidad que el acero inoxidable, por lo tanto tiende a conducir las vibraciones con menor eficiencia, éste factor unido a la menor dureza del material del perno, y al uso de cementos adhesivos debieron alterar significativamente la efectividad del ultrasonido para la remoción del perno.

Altshul et al. [113] realizaron un estudio para comparar la incidencia de micro fracturas producidas durante el retiro de pernos por aplicación de ultrasonido y por el sistema para remoción de pernos Gonan. Obtuvieron como resultado una leve diferencia, no significativa en cuanto al número de micro fracturas presentes a nivel de la unión amelocementaria, en los grupos de dientes donde se utilizó alguno de ambos dispositivos. Al comparar ambos grupos con el grupo control, al cual solamente se les realizó tratamiento de conductos, se obtuvo una diferencia significativa, ya que el grupo control al observarse por medio del microscopio, no presentaba casi ninguna micro fractura detectable.

### **3.3. Retiro de instrumentos fracturados**

El retiro de instrumentos o cuerpos extraños implica un reto para el profesional. La utilización de dispositivos ultrasónicos ha resultado muy útil dentro de los recursos disponibles para la remoción de objetos dentro del sistema de conductos. Su mayor ventaja estriba en que en muchos casos, permite el abordaje ortógrado del diente sin debilitarlo y sin remover excesivamente el tejido dentinario. [114]

Lovdahl y Gutmann [115] describieron una técnica que consiste primeramente en el ensanchado del conducto a fin de tener un acceso directo hasta el segmento, para después sobrepasar al instrumento fracturado a través de la brecha con la utilización de instrumentos manuales de pequeño diámetro (limas #15). Al conseguir sobrepasar el instrumento, se introduce una lima ultrasónica del mismo diámetro del instrumento manual y se activa en la brecha, a una baja intensidad hasta que el fragmento se liberaba y era expulsado junto con el irrigante fuera del conducto radicular. En el caso de instrumentos ubicados a una gran profundidad, y que no pueden ser sobrepasados, los autores recomiendan la utilización del ultrasonido con la técnica de Masseran, donde el ultrasonido haría el papel de la fresa trepanadora, desgastando menor cantidad de tejido dentinario de las paredes del conducto radicular.

Retiro de un instrumento fracturado aplicando la técnica descrita por Lovdahl y Gutmann Carr [116] recomendó para el retiro de instrumentos fracturados, la utilización en forma pasiva del instrumento ultrasónico, de manera que éste active las soluciones irrigantes (hipoclorito, EDTA) con el fin de eliminar aquellos detritos que quedaron atrapados entre el segmento y las paredes del conducto. Así se libera al instrumento y éste es expulsado fuera del conducto junto con las soluciones irrigantes por efecto de la Microcorriente acústica.

Flanders [30] en el año 1996, propuso una técnica que consiste en el ensanchado inicial del conducto con fresas Gates- Glidden, hasta el instrumento, para luego con una lima activada por ultrasonido, contactar con el instrumento de forma transversal, de manera tal de cavar en la dentina un surco alrededor de la punta del instrumento fracturado, para luego, por contacto con el instrumento ultrasónico, energizar el segmento por la aplicación del ultrasonido y liberarlo. Hülsmann [117] propuso una técnica que combina el uso del Canal Finder y el ultrasonido, ya que con la ayuda del Canal Finder se lograba seguir la trayectoria del conducto radicular permitiendo sobrepasar el instrumento, para luego liberarlo por medio la acción del ultrasonido.

Recientemente Nehme [118] propuso una técnica que combina el uso del microscopio con el ultrasonido. El microscopio proporciona la iluminación y magnificación necesarias para visualizar la obstrucción dentro del conducto, y el ultrasonido es utilizado en este caso como un instrumento abrasivo que desgasta la obstrucción hasta eliminarla, no afectando a las paredes del conducto. El autor no recomienda la ejecución de ésta técnica para la eliminación de materiales que no puedan ser desgastados por la acción del ultrasonido, tales como instrumentos u objetos metálicos.

### **3.4. Eliminación de calcificaciones radiculares**

Se ha propuesto el uso de la instrumentación ultrasónica para penetrar los conductos calcificados o bloqueados de una forma pasiva. La aplicación del ultrasonido en conjunto con hipoclorito de sodio podría potenciar la penetración del irrigante a toda la longitud del instrumento, disolviendo el colágeno, las sustancias orgánicas, y también desalojando las calcificaciones por la acción física del ultrasonido, lo que facilitaría la permeabilidad del conducto [119,120,121].

El uso de puntas con diseño especial permite la eliminación de calcificaciones y la localización de los orificios de conductos calcificados, por medio de procedimientos de desgaste o socavado en la dentina radicular [122].

## **4. ACCIDENTES DE PROCEDIMIENTO.**

A pesar de la introducción de instrumentos de níquel-titanio para la práctica endodóntica, los errores iatrogénicos descritos por Weine en 1975 y posteriormente por Glickmann y Dumsha en 1997, se siguen produciendo, aunque se han reducido comparados con los producidos durante la instrumentación con instrumentos de acero inoxidable. La separación de los instrumentos es una preocupación constante a tener en cuenta durante la preparación mecánica de los conductos radiculares, especialmente en los casos donde el conducto presenta una curvatura severa.

### **4.1. Definición de accidente**

Suceso eventual o acción que altera el orden regular de las cosas, resulta daño involuntario, para las personas o las cosas, seguro contra accidentes [123 ].

“Todos los conductos radiculares tienen alguna curvatura, incluso en aquellos aparentemente rectos” Buchanan.

Dichas curvaturas pasan algunas veces inadvertidas en las angulaciones radiográficas convencionales, pudiendo inducir a accidentes de procedimiento.

A continuación se describe la lista de errores iatrogénicos con las definiciones propuestas por la Asociación Americana de Endodoncia.

#### **4.2. Daño en el foramen apical y sobre instrumentación**

Instrumentación más allá del foramen apical con el asociado desplazamiento y ensanchamiento del foramen y la pérdida de la constricción apical. Ocurre como resultado de un error de determinación de la longitud de trabajo. Aunque la pérdida del tope apical no supone un fracaso endodóntico, sí puede suponer una irritación de los tejidos periapicales por dicha invasión. Como hemos explicado anteriormente, existe un mayor riesgo de producir estos errores iatrogénicos durante la instrumentación de los conductos radiculares con instrumentos de acero inoxidable. Son por tanto los instrumentos de Ni-Ti los que presentan unas perspectivas de evitar la mayoría de este tipo de errores. Sin embargo no estamos todavía en ese punto. Es por eso que los fabricantes continúan empleando sus recursos en la búsqueda de modificaciones ya no solamente en el diseño de los instrumentos sino en la mejora de las aleaciones empleadas.

#### **4.3. Deformación apical**

Forma elíptica que puede formarse en el foramen apical como resultado de la preparación de un conducto curvo cuando el instrumento se extiende más allá del foramen apical y consecuentemente se produce un transporte de la pared externa. Ocurre como resultado, como la mayoría de errores durante la instrumentación de la tendencia de los instrumentos a enderezarse dentro de un conducto curvo.

#### **4.4 Codo**

Es la parte más estrecha de la preparación de un conducto inmediatamente coronal a la porción transportada o “zip”. La irregularidad de la conicidad producida

y la falta de continuidad de la misma pueden comprometer la limpieza y obturación del tercio apical del conducto radicular.

#### **4.5. Escalón**

Se define como una irregularidad artificial creada en la superficie del conducto radicular en el proceso de instrumentación que impide el paso de instrumentos más allá de este punto hasta el ápice. La formación de escalones está relacionada además de al grado de curvatura del conducto al diseño de los instrumentos.

#### **4.6. Perforación**

La comunicación, mecánica en este caso, entre el sistema de conductos y la superficie exterior de la superficie del diente. Se asocian a destrucción del cemento radicular con la consecuente irritación del ligamento periodontal adyacente.

#### **4.7. Stripping**

Completa penetración de una pared de un conducto radicular debido a una excesiva remoción de estructura dental durante la preparación mecánica. Se asocian por tanto, a la porción interna de la curvatura de la raíz y son consecuencia de una sobre preparación de los tercios coronal y medio. Además de la complejidad del sellado de la misma, igual que se produce en una perforación convencional, está la consecuencia añadida de que el debilitamiento de la raíz reduce la resistencia de esa raíz a la fractura durante las cargas oclusales.

#### **4.8. Bloqueo del conducto**

Consiste en el empaquetamiento de tejido y detritus en el interior del conducto con la consecuente dificultad o impedimento de avanzar en dirección apical, perdiendo longitud de trabajo y/o la permeabilidad apical. Se produce entonces una incompleta desinfección de la porción más apical al bloqueo con las consiguientes implicaciones asociadas de la permanencia de restos de tejido infectado en el interior del conducto.

#### **4.9. Fractura de instrumentos**

La fractura de instrumentos durante la preparación del sistema de conductos radiculares es un potencial riesgo. La posibilidad de que un instrumento se fracture, incrementa cuando el instrumento es empleado incorrectamente. Los instrumentos de acero inoxidable como las limas tipo K y limas Hedström, con frecuencia se fracturan, pero este accidente también puede ocurrir en los instrumentos rotatorios como las limas de Níquel-Titanio, fresas Gates-Glidden, , léntulos y los compactadores, durante la preparación endodóntica o en casos de un retratamiento.

### **5. CAUSAS DE FRACTURA DE INSTRUMENTOS**

**5.1. Definición de Fractura:** Separación de una lima en dos fragmentos que han sido sometidos a cargas de tensión.

#### **5.2. Fractura torsional**

La fractura por torsión ocurre cuando la punta de la lima o cualquier parte del instrumento se desprenden en el conducto radicular, mientras su eje continúa en rotación. En esta situación, se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, llevando el mismo a una deformación plástica y consecuentemente su fractura. La fractura ocurre de 1 a 2 mm de la punta del Instrumento más susceptibles las limas de diámetro pequeño. Factores anatómicos asociados: Irregularidades de las paredes del conducto curvatura radicular y radio de la curvatura apical. La fractura es el resultado del exceso de carga apical al preparar el conducto N= 378 torsión 57% cíclica 44.3%. Sattapan 2000.

#### **5.3. Fractura Cíclica**

La fractura por fatiga cíclica es causada por el esfuerzo y la fatiga del metal, con este tipo de fractura, el instrumento gira libremente en un conducto acentuadamente curvo, pero en la misma longitud de trabajo, de esta manera, en la curva el instrumento dobla y ocurre la fractura, siendo este hecho considerado de elevada importancia en relación con la fractura de los instrumentos NiTi.

El término de fatiga cíclica se ha utilizado para describir la fractura de instrumentos de NiTi después de la rotación continua en un conducto curvo. Esta también asociada al uso de las cargas de compresión y tensión, que superan el límite elástico provocando grietas que determinan la fractura del instrumento.

La fractura cíclica ocurre en el punto máximo de la curvatura, y el fragmento es mayor a 2 ms.

#### **5.4. Factores de riesgo**

1. **Longitud de la lima en contacto con la pared del conducto;** A mayor longitud, en las zonas de tensión, mayor fatiga cíclica y torsional, por mayor contacto de la lima, con las paredes del conducto. **Lqbal MK. 2000**
2. **Grado de la curvatura del conducto;** Cuanto más grado de curvatura, mayores cargas de tensión en el instrumento y mayor posibilidad de fractura. **Tzanetakis GN. 2008**
3. **Radio de la curvatura apical;** “Importantes cargas de tensión y compresión, genera el radio de la curvatura” el radio es el factor más importante en la separación de una lima. **Pruett JP. 1997**
4. **Calcificaciones del conducto;** Un conducto calcificado genera mayor deformación plástica, en la aleación, resultado del estrés torsional. **Campbell. 2014**
5. **Anatomía del sistema de conductos;** Cuanto más compleja la morfología radicular, mayores cargas de flexión sobre la aleación y mayor el riesgo de una fractura.

## 6. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Ante la frecuente situación de la fractura de una lima en el interior del sistema de conductos durante la preparación biomecánica, cabe plantear la pregunta

¿Por qué se fracturó el instrumento?

Una causa es el uso excesivo, es decir la fatiga de los instrumentos. Se debe tener en cuenta que las propiedades físicas de una lima o ensanchador, se van deteriorando, tanto con el uso, como con las diferentes curvaturas a las que se ven sometidas y a los continuos y bruscos cambios de temperatura al esterilizarlos.

En el año 1969, Grossman <sup>27</sup> estableció una guía para la prevención de la fractura de los instrumentos utilizados en los conductos radiculares y señaló que cuando se acepta el reto de tratar conductos curvos, delgados y tortuosos, se asume igualmente el riesgo de fracturar un instrumento; entre sus recomendaciones cita las siguientes:

1. Las limas de acero inoxidable pueden torcerse o doblarse, por lo tanto, no se debe ejercer fuerzas de torque excesivas.
2. Los instrumentos deben examinarse antes y después de su uso para evaluar que las estrías estén regularmente alineadas.
3. Los instrumentos de pequeño diámetro como limas (#10 a la #25) no deben usarse más de dos veces.
4. Las limas desgastadas, en lugar de cortar quedan atrapados en las paredes de dentina, favoreciendo su fractura.
5. Las limas deben usarse siguiendo la secuencia por tamaño, sin saltar un calibre.
6. Deben removerse los restos de dentina de las limas durante el momento operatorio, ya que su acumulación retarda el proceso de corte y predispone a la fractura.

7. Todos los instrumentos deben usarse en conductos húmedos, para facilitar el corte; puede emplearse hipoclorito de sodio u otro agente químico.

Otra manera de prevenir la fractura de instrumentos la refieren Glickman. Al establecer ciertas condiciones, en las cuales los instrumentos deben desecharse y cambiarse por otros nuevos, entre ellas señalan:

1. Defectos como áreas brillantes o sin rosca, pueden detectarse en las estrías del instrumento.
2. El uso excesivo puede causar torsión o flexión del instrumento (muy común en los instrumentos de pequeños diámetros). Un mayor cuidado debe tenerse con los instrumentos de níquel-titanio ya que se fracturan sin avisar, por lo tanto deben evaluarse constantemente.
3. Los instrumentos que han sido pre curvados excesivamente, doblados o enroscados.
4. Flexiones accidentales durante el uso del instrumento.
5. Cuando se observa corrosión del instrumento.
6. Cuando los instrumentos de compactación tienen las puntas defectuosas o se han calentado demasiado.

Todo esto de la mano con las siguientes recomendaciones:

- Tener siempre radiografía inicial.
- Contar con el tiempo necesario de acuerdo al procedimiento.
- Tener el material y equipo en buen estado.
- Habilidad y experiencia.
- Tratar bien y de buen ánimo al paciente.
- O referir al paciente.

## 7. PRONÓSTICO

Glickman et al. Refiere que el problema real con la fractura de los instrumentos es que bloquean la posibilidad de una adecuada limpieza, preparación y obturación del conducto. Aunque algunos de los instrumentos puedan ser removidos, otros no pueden ser retirados debido a la presencia de curvaturas o el total bloqueo del conducto, evitando sobrepasar el segmento fracturado.

Las posibilidades terapéuticas en cuanto al nivel del conducto en donde se fracturó el instrumento, pueden resumirse en cuatro: extraerlo, sobrepasarlo, englobarlo en el material de obturación y tratamientos alternativos como la cirugía periapical. Hulsmann refiere que el éxito en la remoción de instrumentos fracturados depende de factores como la longitud y la localización de fragmento, el diámetro y la forma del conducto radicular y la fricción del fragmento y su imputación en la dentina.

Recientemente, Hulsmann y Et Al. Evaluaron la influencia de varios factores en el éxito o fracaso al momento de remover instrumentos fracturados y concluyeron que el éxito fue mayor;

- a) En dientes superiores (73%).
- b) En inferiores (64%); cuando el fragmento se encontraba en el tercio coronario de la raíz;
- c) Cuando el instrumento se fracturó antes de la curvatura de la raíz;
- d) Cuando son fragmentos mayores de 5 mm y
- e) Cuando el instrumento es un ensanchador o un léntulo más que cuando es una lima Hedström.

Por otra parte, establecieron como factores anatómicos favorables a los conductos rectos y a los dientes mono radiculares. El pronóstico del tratamiento si se deja el fragmento de lima en el conducto es el siguiente según especialistas:

- a) “Fracasa solo el 2%, similar a dientes donde no han quedado instrumentos. Crump & natkin 1970
- b) “86% de éxito en casos con lesión apical. 98 % en ausencia de lesión ósea. Spili. Parashos & meseser 2005.
- c) “El pronóstico depende más de la limpieza, que al dejar el fragmento de lima en el conducto” Rosemberg 2005.
- d) “El éxito del tratamiento al dejar un instrumento no disminuye significativamente. Panitvisai 2010

En cuanto al pronóstico Crump et al. Basados en los resultados de su estudio, concluyeron que, aunque la fractura de instrumentos pueda aumentar el riesgo a un fracaso, no es un factor determinante hacia el mismo; por lo tanto, generalmente la fractura de un instrumento no tiene un efecto adverso en el pronóstico. Por su parte, Torabinejad refiere que el pronóstico depende de la magnitud del conducto no desbridado ni obturado en sentido apical. El pronóstico mejora cuando se fractura un instrumento de mayor diámetro en la fase final de la limpieza y preparación del sistema de conductos cerca de la longitud de trabajo y es desfavorable en conductos que no han sido preparados y el instrumento se fractura lejos del ápice o fuera del foramen apical. De igual manera, resulta de vital importancia la accesibilidad para la posible realización de un procedimiento quirúrgico.

## 8. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la preparación, especialmente en conductos calcificados y curvos, existe el riesgo de fracturar un instrumento. La fractura de un instrumento puede comprometer la limpieza, conformación y obturación del sistema radicular de conductos, comprometiendo a corto o largo plazo el resultado final del tratamiento endodóntico.

Cuando ocurre este accidente, la falta de evidencia científica con frecuencia acompaña la decisión terapéutica clínica. Son varios los estudios que concluyen en la posibilidad de sumar accidentes con un impacto más negativo al intentar eliminar un instrumento, que el dejarlo dentro del conducto. Sin embargo son también varios los factores que se deben de considerar al tomar una decisión clínica durante el tratamiento de una fractura de un instrumento como; la patología pulpar previa al tratamiento endodóntico, el grado de infección del conducto, la anatomía del conducto, el nivel en el que ha quedado el fragmento del instrumento, la curvatura del conducto, el tipo de instrumento fracturado, el conocimiento de la anatomía del sistema de conductos la competencia en el manejo radiográfico y la destreza del operador en el uso de dispositivos y técnicas sugeridas para la remoción de instrumentos fracturados.

La fractura de un instrumento es resultado de la suma de varios factores, la consideración de cada uno de estos deberá acompañar la decisión clínica donde se planea retirar un instrumento fracturado.

Apoiado en los reportes de la literatura, el presente trabajo intenta que se considere cada uno de estos factores, sus ventajas, desventajas, con la finalidad de que el clínico evalúe su nivel de competencia y tome la mejor decisión clínica ante este tipo de accidente.

## **9. OBJETIVOS**

### **9.1 General**

El objetivo del presente trabajo es describir paso a paso un protocolo utilizando el ultrasonido, para eliminar instrumentos fracturados que han quedado al interior del conducto radicular apoyado con la presentación de casos clínicos.

### **9.2 Específico**

- a) Discutir las causas y prevención de las fracturas de instrumentos.
- b) Consensar el pronóstico del tratamiento cuando una lima fracturada no puede ser removida.
- c) Analizar los métodos propuestos para la remoción de instrumentos de cada caso.

## 10. JUSTIFICACIÓN

Aun cuando el avance en la tecnología metalúrgica y diversas técnicas de instrumentación han minimizado la posibilidad de la fractura de un instrumento, aún permanece el temor clínico de fracturar un instrumento. Un instrumento fracturado en las paredes del conducto, impide la limpieza, conformación y obturación del mismo, afectando a corto o largo plazo el éxito del tratamiento.

Con mucha frecuencia el fragmento suele quedar fracturado en el tercio apical del conducto, de donde a menudo es difícil retirarlo, especialmente si el conducto es estrecho y curvo. Si el conducto no puede limpiarse y prepararse de manera exitosa, remanentes de tejido pulpar y bacterias pueden quedar dentro del conducto, comprometiendo el resultado del tratamiento endodóntico a corto o largo plazo. Ante tal adversidad, el clínico se enfrenta al dilema entre dejar o retirar el instrumento.

Son varios los dispositivos y técnicas que se han descrito para la remoción de instrumentos fracturados. Algunas mencionan la necesidad del uso del microscopio clínico o de equipo costoso. Con el presente trabajo se propone un protocolo para la remoción de instrumentos fracturados sin la necesidad de un microscopio o algún otro dispositivo más que una unidad de ultrasonido, limas tipo y K equipo.

Al momento de ocurrir la fractura de un instrumento, surge la pregunta ¿qué hacer? Autores como Lasala y Ruíz et al. Refieren, que se han planteado diversas soluciones dependiendo del momento en que se fracturó, del nivel en que se encuentra el instrumento dentro del sistema de conductos y del tipo de instrumento fracturado. En cuanto al momento en que ocurrió la fractura, deberá considerarse la calidad de limpieza del conducto si la fractura ocurrió al inicio o final de la instrumentación, donde el conducto todavía contiene tejido pulpar.

Si la fractura se produce en el tercio coronario del conducto, se intenta sobrepasar lateralmente al instrumento fracturado con limas de pequeño grosor y agentes quelantes, de manera de ensanchar el conducto para facilitar su remoción. Si no es posible su remoción, posterior a la realización de la preparación biomecánica del sistema de conductos, se obturará dejando el instrumento en el interior del conducto. Considerando que el uso de quelantes no es selectivo, puede reblandecer la dentina de forma tal que cuando se intente sobrepasar el instrumento se dé lugar a otro accidente como una transportación o perforación del conducto.

Autores como Ruiz et al. Y Walvekar et al establecen que se puede extraer un segmento de un instrumento fracturado, usando un instrumento de menor calibre. Como una lima Hedstrom y sobrepasar la porción del instrumento, friccionando sobre la pared del instrumento logrando fricción entre ambos instrumentos y con movimientos de tracción, poder llevarlo hacia la parte coronal y así lograr su extracción; se debe tener especial cuidado al momento de sobrepasarla ya que un movimiento brusco puede desplazarla en sentido apical, complicando la situación. Igualmente, se puede extraer el fragmento utilizando dos limas Hedström en distintos lados del instrumento fracturado, para arrastrar el fragmento hacia afuera, después de haberlo sobrepasado con limas tipo K finas. Contrariamente, Lovdahl et al. Refieren que las limas Hedström no pueden enganchar instrumentos de acero y por lo tanto no funcionan en la remoción de instrumentos fracturados, léntulos o fresas Gates Glidden.

Con respecto al empleo de pinzas especiales como la pinza de Steiglitz (Moyco, Unión Broach, York, Penn) para la remoción de instrumentos fracturados, Lovdahl et al. Refieren que a pesar que las mismas funcionan en contadas ocasiones, no las recomiendan, ya que el instrumento debe ser muy largo para poder tomarlo y las estrías de la pinza no están diseñadas para atrapar el fragmento. En cuanto al equipo de Masserann (Micro mega SA, Bensacon, France), Lovdahl et al. Lo recomiendan principalmente para la remoción de puntas de plata y pernos, aunque

puede ser utilizado en determinados casos de instrumentos fracturados. Contrariamente, Hulsmann refiere que con este equipo se remueve mucha cantidad de dentina y no puede usarse en conductos delgados y curvos, ni tampoco en el tercio apical radicular.

Gentleman et al. Recomiendan el uso del Endo Extractor (Braseler USA, Inc., Savannah, GA) para la extracción de instrumentos fracturados. Este es un dispositivo que consiste en un trépano que prepara un espacio alrededor del instrumento, posteriormente se coloca un tubo hueco extractor con adhesivo en su interior para luego ser extraído; de igual manera Spriggs et al. Aconsejan su uso siempre y cuando el fragmento fracturado se encuentre cerca del orificio de entrada del conducto.

Hulsmann recomienda sobrepasar o remover el instrumento fracturado utilizando el sistema Canal Finder (Fa. Societe Endo Technique, Marseille France) y aseguran que puede lograrse en el 50% de los casos, donde la remoción manual ha fallado. De manera contradictoria el autor refiere cierto riesgo de producir perforaciones cuando se utiliza el sistema a alta velocidad. Igualmente, describe una técnica combinando el uso del sistema Canal Finder para sobrepasar el instrumento y el uso del ultrasonido para liberar y extraer el instrumento fracturado.

Los aparatos ultrasónicos se han usado ampliamente en la remoción de instrumentos fracturados y cuentan con dispositivos variados que pueden facilitar la remoción de los mismos. Suter recomienda una técnica donde utiliza puntas ultrasónicas para liberar la porción coronaria del instrumento y una aguja desechable y limas Hedström para removerlos del conducto. Nehme presenta una nueva técnica para la remoción de instrumentos que no pueden ser sobrepasados por medios convencionales, donde utiliza un condensador ultrasónico (SO4, Satteltec, Francia) al cual modifica la conicidad y el diámetro, permitiendo una penetración profunda en el conducto, sin desgastar excesivamente la estructura dentaria y dejando suficiente espacio para la remoción del instrumento; igualmente

refiere que es de gran ayuda sobre todo cuando no se cuenta con el microscopio operatorio.

Si la fractura se produce en el tercio apical, debe tomarse en cuenta en qué fase de la preparación biomecánica del sistema de conductos se produjo la fractura del instrumento. Las fracturas a ese nivel suelen producirse con instrumentos de mayor diámetro, por lo que es posible suponer que ya se había realizado la preparación biomecánica completa, si este fuera el caso se procederá a obturar con gutapercha y cemento, procurando realizar un sellado adecuado de la porción apical.

Por lo general, en estos casos la cicatrización y la evolución son buenas, siendo preciso mantener controles radiográficos posteriores. Si la evolución no es buena, presentándose sintomatología o mala cicatrización del tejido periapical se debe acudir a una cirugía periapical.

## **11.METODOLOGIA**

Una vez ocurrido el accidente, se establece la posición y longitud a la que ha quedado el instrumento fracturado dentro del conducto radicular, apoyado con la toma de una radiografía.

### **11.1Materiales**

Unidad de ultrasonido piezoeléctrico, punta escarificadora G4 NSK, fresas Gates Glidden FGG, limas tipo K y suero fisiológico como irrigante.

### **11.2Método**

1. Preparación de la plataforma de acceso al fragmento fracturado.
2. Sobrepasar el fragmento fracturado con una lima tipo K pequeña.
3. Creación de un espacio entre el fragmento de instrumento y la pared del conducto.
4. Activación ultrasónica del vástago metálico de la lima tipo K, con la que se ha sobrepasado 1mm el fragmento fracturado.
5. Irrigación abundante con solución fisiológica después de la vibración con el ultrasonido.

#### **1. Preparación de la plataforma de acceso al fragmento fracturado.**

La plataforma de acceso se realiza con FGG sin modificación de su punta en sentido corono-apical, empleando fresas de mayor a menor diámetro, hasta terminar lo más cercano a la porción cervical del fragmento fracturado respetando la curvatura del conducto radicular. Con plataforma además de obtener un acceso recto al fragmento de instrumento, se logra mejorar la sensibilidad táctil del clínico al buscar sobrepasar el instrumento fracturado.

Al preparar la plataforma de acceso, se debe tener presente respetar la anatomía del conducto, limitando el trabajo de las FGG hasta donde la curvatura del conducto lo permita. No preparar más allá de la curvatura y evitar presión de corte hacia apical, realizando el desgaste con las fresas GG al salir del conducto sobre zonas de seguridad alejadas de la furca. Se debe utilizar solución fisiológica como

irrigante entre cada cambio de fresa. Una vez concluida la preparación de la plataforma de acceso, se establece radiográficamente la longitud a la que quedo el fragmento de instrumento dentro del conducto.

## **2. Sobrepasar el fragmento fracturado con una lima tipo K pequeña.**

Para sobrepasar el fragmento de instrumento se utiliza una lima tipo K 8, 10 ó 15 pre curvada, buscando pasar entre el fragmento y la pared del conducto 1mm. Más de la longitud a la que quedado el instrumento fracturado. Se llena el conducto con solución fisiológica y con movimientos de fuerza de dar cuerda al reloj no mayores de  $\frac{1}{4}$  de vuelta en sentido horario y contra horario se busca sobrepasar con la lima tipo K 1mm de longitud entre el instrumento fracturado y la pared del conducto. No avanzar más de 1mm ya que puede desviarse del eje original del conducto. El avance del instrumento se confirma con una radiografía orto y mesio-radial, para confirmar que sea entre el fragmento y pared del conducto.

## **3. Creación de un espacio entre el fragmento de instrumento y la pared del conducto.**

Una vez que se ha logrado sobrepasar 1mm. Con la lima tipo K, se procede ensanchar el espacio a esta longitud con suaves movimientos de escariado-limado, hasta para permitir el libre movimiento de entrada y salida de la lima tipo K.

## **4. Activación ultrasónica del vástago metálico de la lima tipo K, con la que se sobre paso 1mm el fragmento fracturado.**

Consiste en llevar energía ultrasónica al espacio que fue creado entre la pared y el fragmento fracturado con el movimiento de dar cuerda al reloj y la acción de escariado-limado con la lima tipo K.

El procedimiento incluye inundar el conducto con de solución fisiológica, colocar la lima tipo K entre el espacio creado y tocar con una punta profiláctica G4 NSK el

vástago metálico de la lima tipo K, a fin de transmitir energía ultrasónica al fragmento fracturado. La unidad de ultrasonido se trabaja a un nivel bajo de potencia bajo 1 a 2. La vibración ultrasónica se combina con un movimiento de entrada y salida de la lima K a una amplitud no mayor de 1mm. del punto de referencia clínico que sirvió para establecer la longitud a la que ha quedado el instrumento. Debido a que la vibración ultrasónica genera calor y este evapora el irrigante, se deberá tener presente mantener en todo momento inundado el conducto con solución irrigante durante la vibración de la lima tipo K con la punta de ultrasonido.

#### **5. Irrigación abundante con solución fisiológica después de la vibración con el ultrasonido.**

Se continúa con la vibración ultrasónica, la entrada y salida de la lima del conducto hasta sentir que esta se siente libre al entrar y salir del conducto a 1mm. de amplitud. Una vez logrado esto, se retira la lima del conducto y se procede a irrigar abundantemente con la solución fisiológica.

La siguiente secuencia de pasos se repite para lograr sobrepasar 1mm más, entre la pared del conducto y el fragmento separado:

- a) Movimiento de dar cuerda al reloj para sobrepasar el fragmento 1mm.
- b) Movimiento de escariado-limado para ensanchar el espacio.
- c) Vibración del vástago de la lima K con la punta de ultrasonido, combinándola con movimientos manuales de entrada y salida de la lima del conducto no mayores a 1mm hasta que este desplazamiento de 1mm. es libre.
- d) Se concluye irrigando el conducto, antes de buscar sobrepasar un nuevo milímetro.

La vibración de la lima tipo K, que se realiza dentro del conducto inundado con solución fisiológica, genera cavitación, micro corriente acústica y ondas de choque que se propagan a través del medio líquido, liberando energía en forma de

presión y calor. El avance deberá ser comprobado radiográficamente a cada milímetro. El cambio de esta lima de pasaje por una de mayor diámetro, se realiza solo después de haber sobrepasado la totalidad del fragmento separado. La energía ultrasónica transmitida a través de la lima K en forma de presión, actúa eficazmente separando el fragmento de instrumento de la pared del conducto. La salida fragmento del conducto, ocurre como resultado la fuerza hidráulica generada por la irrigación. La fuerza hidráulica de la irrigación genera una fuerza neta que propulsióna el fragmento hacia fuera del conducto.

Una vez eliminado el fragmento se podrán del conducto radicular, se podrá limpiar, conformar y obturar de todo el sistema de conductos.

## **12. PRESENTACIÓN DE CASOS CLINICOS**

### **12.1 Caso clínico 1**

#### **1ª. VEZ EN EL CONSULTORIO.**

- **PACIENTE:** FEMENINO.
- **EDAD:** 53 AÑOS.
- **NACIONALIDAD:** MEXICANA.
- **REFERIDO:** POR UNA DOCTORA.
- **MOTIVO DE LA CONSULTA:** VALORAR PARA RETRATAMIENTO ENDODONTICO.
- **PRINCIPIO, EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL:**  
Primer molar superior derecho, que se encuentra expuesto al medio bucal y no se continuó con la rehabilitación, presenta dolor a la masticación.

#### **ANTECEDENTES PERSONALES**

No patológicos y toxicológicos.

*SIN RELEVANCIA*

#### **ANTECEDENTE PERSONALES PATOLOGICOS.**

- Gastritis- *EVENTUAL*
- Diabetes mellitus.
- Hipertensión arterial controlada con medicamento.
- Cifras actuales. *NORMALES*

#### **ANTECEDENTES HEREDOS FAMILIARES.**

- Diabetes mellitus.
- Hipertensión.
- ✓ Historial clínico
- ✓ Consentimiento Informado.
- ✓ Aviso de privacidad.

**FIRMADO**

- **ÓRGANO DENTAL:** # 26
- **RADIOGRAFÍA:** INICIAL.
- **DIAGNÓSTICO:** PERIODONTITIS APICAL AGUDA
- **PLAN DE TRATAMIENTO:** RETRATAMIENTO.



- **HALLAZGO DE INSTRUMENTO** LIBERATOR # 60.
- **CONDUCTO PALATINO** TERCIO MEDIO APICAL.
- **ETAPA FINAL** DE DESOBTURACIÓN Y CONFORMACIÓN.
- **FRACTURA CÍCLICA.**



## 1. PREPARACIÓN DE LA PLATAFORMA DE ACCESO.

En sentido corono apical con fgg de mayor a menor diámetro. Terminando lo más cerca posible del fragmento de la lima.

## 2. SOBREPASAR LA LIMA FRACTURADA.

- SE ESTABLECE LA LONGITUD A LA QUE HA QUEDADO EL FRAGMENTO Y SE INTENTA PASAR 1 MM.



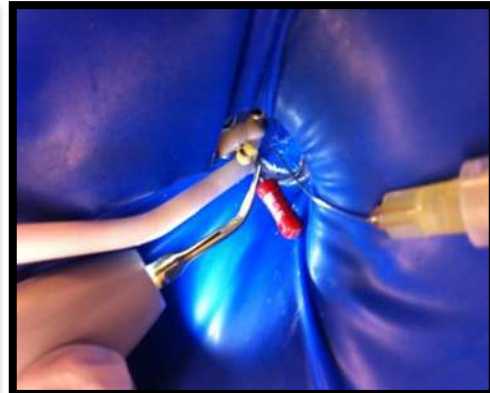
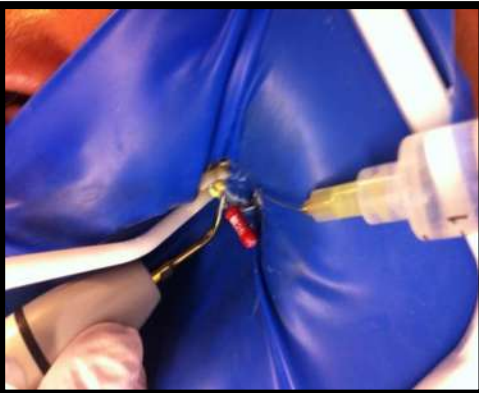
- CON MOVIMIENTO DE VAIVÉN SE BUSCA PASAR EL FRAGMENTO 1 MM Y SE CONFIRMA RADIOGRAFICAMENTE.
- CON ACCION DE ESCARIADO Y LIMADO, SE PREPARA UN ESPACIO ENTRE LA PARED Y EL INSTRUMENTO A ESA NUEVA LONGITUD.

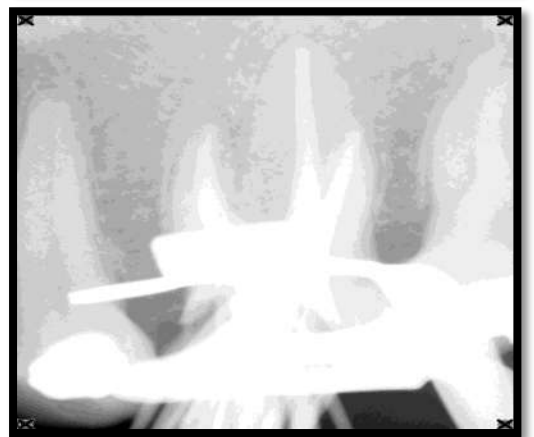
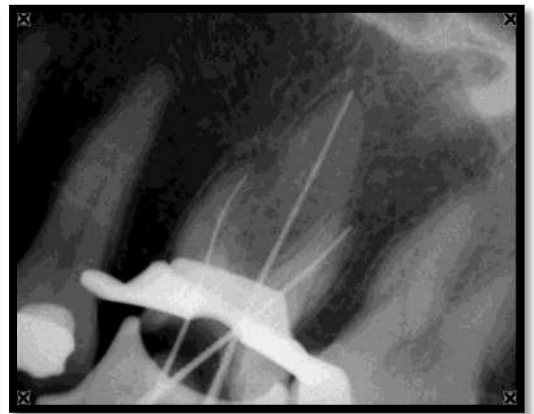
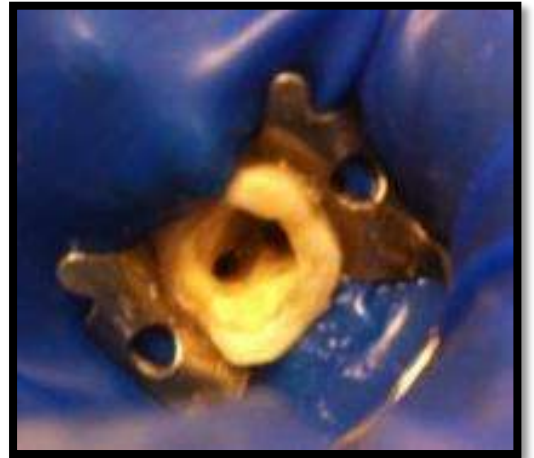


## 3. ACTIVACIÓN DEL ULTRASONIDO

Trabaje una lima mayor, hasta que la dentina no ofrezca resistencia al corte inunde el conducto con sol. Fisiológica y active la energía ultrasónica sobre el vástago metálico de la lima. Utilice un nivel de potencia bajo con una amplitud no

Mayor a 1 mm. Desplace la lima. Dentro y fuera del conducto. Concluya con la irrigación al sentir que la lima entra y sale libre del *conducto*.







## 12.2 Caso clínico 2

### 1ª. VEZ EN ELCONSULTOTIO.

- **PACIENTE:** MASCULINO.
- **EDAD:** 28 AÑOS.
- **NACIONALIDAD:** MEXICANA.
- **REFERIDO:** NO
- **MOTIVO DE LA CONSULTA:** DOLOR AL MASTICAR
  
- **PRINCIPIO, EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL:**  
Primer molar inferior izquierdo, que se encuentra expuesto al medio bucal un año aproximadamente, no se continuó con la rehabilitación y presenta dolor al masticar.

### ANTECEDENTES PERSONALES

No patológicos y toxicológicos.

*SIN RELEVANCIA*

### ANTECEDENTE PERSONALES PATOLOGICOS.

- Sin relevancia.

### ANTECEDENTES HEREDOS FAMILIARES.

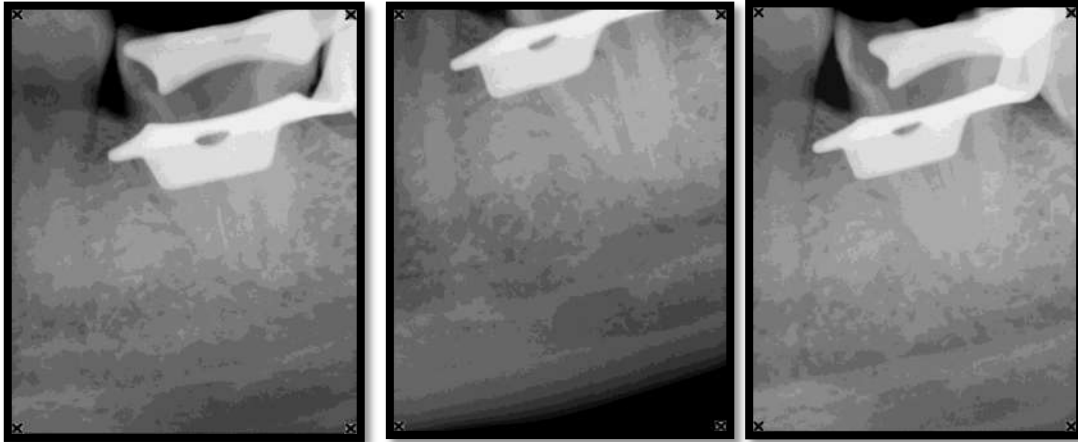
- Sin relevancia
- ✓ Historial clínico
- ✓ Consentimiento Informado.
- ✓ Aviso de privacidad.

### FIRMADOS



## 1. PREPARACION DE LA PLATAFORMA DE ACCESO.

En sentido corono apical con fgg de mayor a menor diámetro. Terminando lo más cerca posible del fragmento de la lim



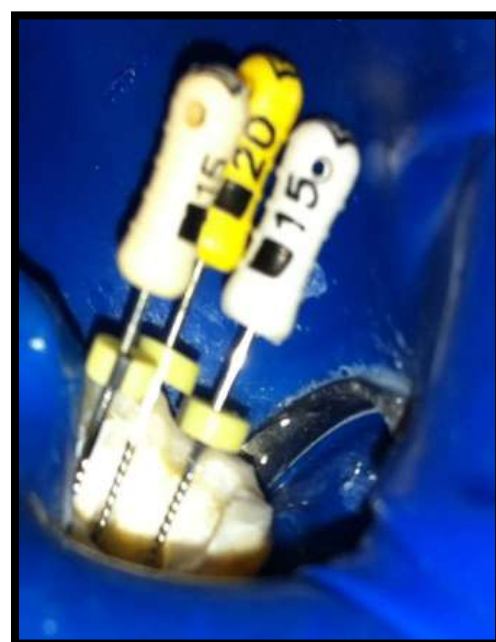
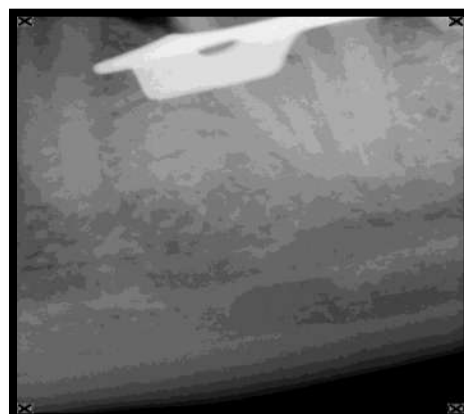
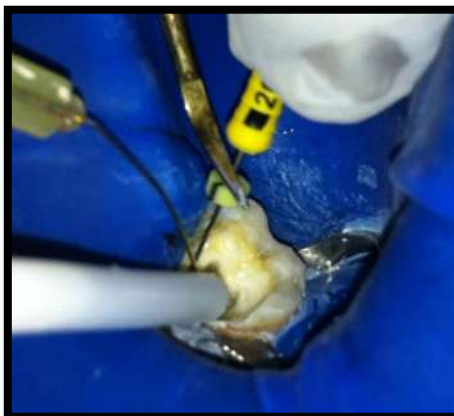
## 2. SOBREPASAR LA LIMA FRACTURADA.

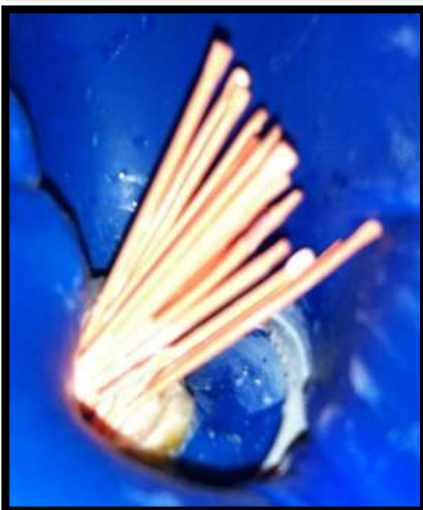
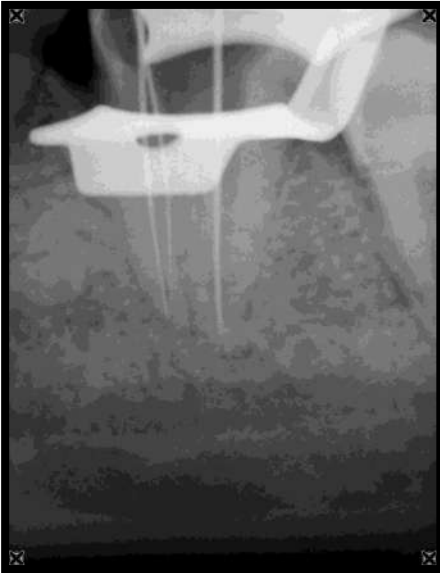
- SE ESTABLECE LA LONGITUD HA LA QUE HA QUEDADO EL FRAGMENTO Y SE INTENTA PASAR 1 MM.
- CON MOVIMIENTO DE VAIVÉN SE BUSCA PASAR EL FRAGMENTO 1 MM Y SE CONFIRMA RADIOGRAFICAMENTE.
- CON ACCIÓN DE ESCARIADO Y LIMADO, SE PREPARA UN ESPACIO ENTRE LA PARED Y EL INSTRUMENTO A ESA NUEVA LONGITUD.

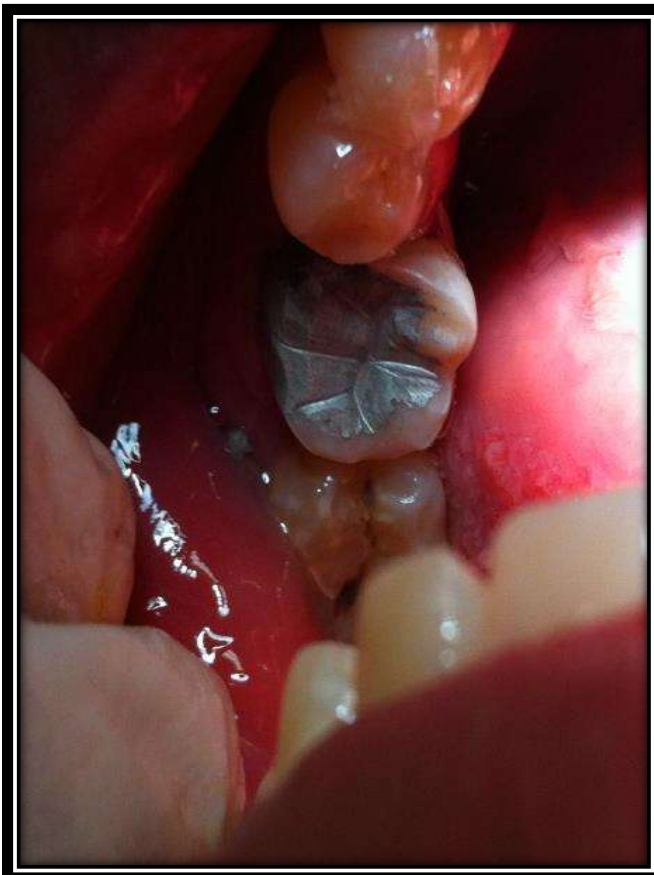


### 3. ACTIVACIÓN DEL ULTRASONIDO.

- TRABAJE UNA LIMA MAYOR, HASTA QUE LA DENTINA NO OFREZCA RESISTENCIA AL CORTE
- INUNDE EL CONDUCTO CON SOLUCIÓN FISIOLÓGICA Y ACTIVE LA ENERGÍA ULTRASÓNICA SOBRE EL VÁSTAGO METÁLICO DE LA LIMA.
- UTILICE UN NIVEL DE POTENCIA BAJO CON UNA AMPLITUD NO MAYOR A 1 MM. DESPLACE LA LIMA, DENTRO Y FUERA DEL CONDUCTO.
- CONCLUYA CON LA IRRIGACIÓN AL SENTIR QUE LA LIMA ENTRA Y SALE LIBRE DEL CONDUCTO.







### 12.3 Caso clínico 3

#### 1ª. VEZ EN ELCONSULTOTIO.

- **PACIENTE:** MASCULINO
- **EDAD:** 33 AÑOS.
- **NACIONALIDAD:** MEXICANA.
- **REFERIDO:** POR UNA DOCTORA.
- **MOTIVO DE LA CONSULTA:** DOLOR AL MASTICAR
- **PRINCIPIO, EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL:**

Primer molar inferior izquierdo, que se encuentra expuesto al medio bucal un año aproximadamente, no se continuó con la rehabilitación y presenta dolor al masticar.

#### ANTECEDENTES PERSONALES

No patológicos y toxicológicos.

*SIN RELEVANCIA*

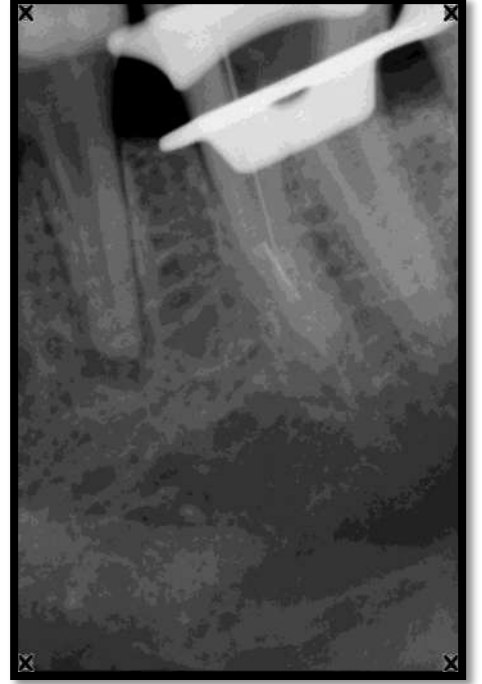
#### ANTECEDENTE PERSONALES PATOLOGICOS.

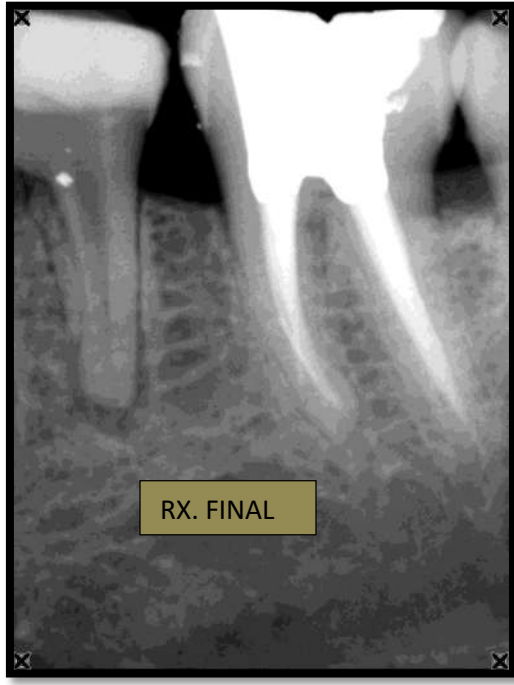
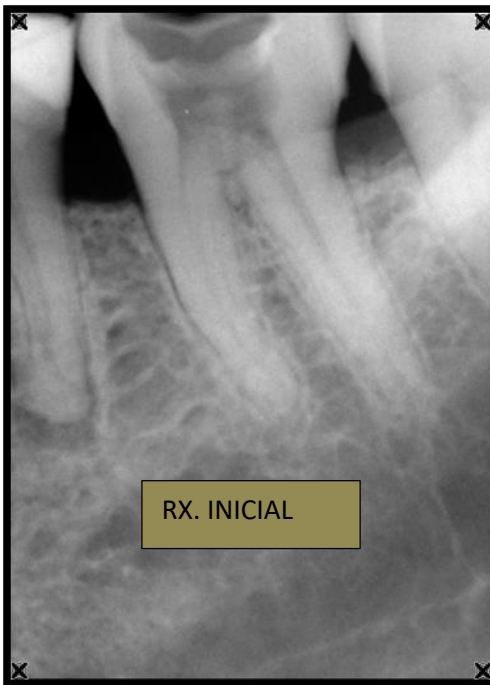
- *SIN RELEVANCIA*

#### ANTECEDENTES HEREDOS FAMILIARES.

- *SIN RELEVANCIA*
- ✓ Historial clínico
- ✓ Consentimiento Informado.
- ✓ Aviso de privacidad.

**NO FIRMADOS**





### 13. TRATAMIENTO Y EVOLUCIÓN.

## 14. DISCUSIÓN

Toda técnica instrumental o equipo requieren de la destreza y conocimiento del clínico. El conocimiento de la anatomía debe estar presente al crear una plataforma o intentar sobrepasar el instrumento alojado en el conducto. Se reporta la necesidad de equipo especializado al intentar eliminar un instrumento. Sin embargo el microscopio clínico no es eficaz si la fractura si la fractura está más allá de la porción recta, cubierta por la curvatura apical.

Después de exponer los distintos fenómenos que se generan por la aplicación del Ultrasonido y sus efectos y sus diferentes usos, surgen ciertas controversias sobre el empleo del ultrasonido en la terapéutica endodóntica. Varios autores [124,125,126,127] relacionan a la generación del efecto de cavitación dentro del conducto radicular, como uno de los principales responsables de los efectos antimicrobianos que produce el ultrasonido en el conducto radicular, sin embargo Ahmad, Pitt Ford y Crum [128] al tratar de reproducir este efecto in Vitro. No obtuvieron evidencias de la generación de este fenómeno por medio de una lima activada por ultrasonido, a lo cual asumieron que la unidad generadora no producía la energía acústica suficiente como para producir dicho fenómeno.

El ultrasonido ha resultado efectivo en la remoción de restauraciones definitivas así como de pernos intraconductos, ya que produce una fractura del cemento disminuyendo su capacidad de retención, tal como lo reportan Gómez et al [129], pero el ultrasonido ha resultado ser ineficaz para el desalojo de restauraciones cementada con agentes resinosos, así como en el retiro de pernos de titanio [130], componentes que cada día se utilizan más frecuentemente en el área de la restauradora.

La disminución de la amplitud del desplazamiento de la punta de la lima activada por ultrasonido, a causa del contacto con las paredes del conducto radicular, limita la capacidad de ésta de producir el efecto de cavitación y disminuye la formación de la Micro corriente acústica, tal como lo reporta Wamsley y Willians [131].

Si bien la Micro corriente acústica generada por la aplicación del ultrasonido juega un papel preponderante en la limpieza y desinfección del conducto, ésta va a depender de ciertos factores como la frecuencia de la oscilación que la genera. Laukhuf et al [132] reportaron que los dispositivos sónicos generaban una mayor Micro corriente acústica que los ultrasónicos. Wamsley y Willians [133] proponen que la restricción del movimiento oscilatorio de la lima causado por el contacto con las paredes del conducto limitaba el efecto de la Micro corriente acústica. Ahmad et al , consideran a la Micro corriente acústica como el efecto más importante que intervenía en el procedimiento de limpieza y desinfección.

La generación de calor producido por la fricción del instrumento con las paredes potencia el efecto sobre los compuestos orgánicos del hipoclorito de sodio tal como lo proponen Cunningham y Balekjian [134], pero puede producir la formación de micro fracturas en la estructura dentinaria debido al calor generado por la fricción del instrumento, y por la instrumentación con una intensidad de energía excesiva [135]

La preparación biomecánica de sistemas de conductos radiculares con dispositivos sónicos y ultrasónicos es seriamente limitada a conductos amplios, y que presenten leves curvaturas en su morfología, ya que en los conductos curvos la lima va tener restringido su movimiento oscilatorio, disminuyendo su capacidad de corte hasta ser prácticamente nula [136]

Se debe tener mucha precaución en el empleo de instrumental sónico y ultrasónico en la preparación del sistema de conductos, ya que no se tiene control de su acción en la zona apical, pudiendo producir desgaste excesivo y perforaciones de la raíz [137], además que pueden producir alteraciones en las paredes del conducto como rectificaciones y formación de escalones [138] por lo que sólo se recomienda su uso en conductos amplios y de leves curvaturas, debido a las limitaciones en cuanto al diseño de los instrumentos [139].

No se ha demostrado que la aplicación de ultrasonido dentro del sistema de conductos radiculares tenga un efecto antimicrobiano per se. Se considera que su superioridad en el procedimiento de limpieza y desinfección se produce por la acción sinérgica del ultrasonido con el hipoclorito de sodio, debido a que potencia su acción biológica e impulsa su flujo en todo el sistema de conductos [140,141, 142,143].

## 15. CONCLUSIONES

Todos los procedimientos que se realizan durante la terapia endodóntica deben hacerse con prudencia y cuidado: A pesar de ello suelen ocurrir accidentes y complicaciones durante la preparación del sistema de conductos.

El odontólogo general y particularmente el especialista, deben tener un alto nivel de conocimientos y de experiencia clínica para poder manejar de manera exitosa todos los accidentes que se puedan presentar durante la terapia endodóntica y que previsiblemente pueden solventarse cuando se toman en cuenta los conceptos biológicos básicos para la endodoncia y posteriormente integrar la tecnología en el tratamiento endodóntico convencional. Igualmente, merece gran atención los factores que contribuyen a la prevención, tratamiento y pronóstico de los accidentes. Entre ellos se puede mencionar la calidad en la toma e interpretación radiográfica, las condiciones anatómicas del diente a tratar, las condiciones del instrumental y por último la experiencia del operador.

Aunque existen diferentes modalidades de tratamientos en la terapia endodóntica y diversas las técnicas que pueden usarse para tratar las dificultades en el diagnóstico y tratamiento endodóntico, se debe enfatizar que un factor importante para resolver los accidentes y complicaciones en la terapia endodóntica no es sólo otra técnica, un nuevo material o instrumental, sino más bien un buen conocimiento de los bases biológicas y un acercamiento preventivo al diagnóstico y al tratamiento. Estos son los factores esenciales del éxito para proveer un alto nivel de cuidado al paciente.

Las fracturas de instrumentos en endodoncia se pueden prevenir, pero no evitar en la práctica diaria. La falta de conocimiento en el uso de instrumental endodóntico hace que sean frecuentes los accidentes, tanto para dentistas generales como en especialistas al igual que la falta de planeación, y organización de los procedimientos influyen mucho, generando el estrés del clínico en el consultorio, aumentando la posibilidad de que ocurran accidentes de procedimientos. Lo recomendado es informar siempre al paciente de cualquier

eventualidad que pueda ocurrir, antes, durante y después del tratamiento y siempre contar con historia clínica, consentimiento informado y aviso de privacidad de datos, firmados por el paciente.

Es importante contar con un seguro médico legal, nos da mucha tranquilidad, es un buen respaldo y ahora una necesidad en la práctica diaria, ya que los accidentes de procedimientos a cualquiera nos pueden ocurrir, y las demandas odontológicas cada vez son más frecuentes. Por ello es importante hacer nuestro trabajo con responsabilidad y ética, ya que todo paciente entra a nuestro consultorio confiando su salud bucal en nosotros, los especialistas y de ahí parte el éxito de nuestra profesión el cual se refleja en la satisfacción de nuestros pacientes.

## 16. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alonso, M., Finn, E., Física, vol. II, 2ºEd. México, Fondo educativo Interamericano, 1976.
- 2.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 3.- Alonso, M., Finn, E., Física, vol. II, 2ºEd. México, Fondo educativo Interamericano, 1976.
- 4.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 5.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 6.- Alonso, M., Finn, E., Física, vol. II, 2ºEd. México, Fondo educativo Interamericano, 1976. Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 7.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 8.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 9.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 10.- Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopædia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 11.- Blítz J. Fundamento de los ultrasonidos. 1ºEd. Madrid, Ed. Alambra,1969.
- 12.- Hueter T, Bolt F, Richard H. Sonics, London,Ed. John Wiley & sons Inc. 1955

- 13.- Blitz J. Fundamento de los ultrasonidos. 1°Ed. Madrid, Ed. Alambra, 1969.
- 14.- Stamos D, Sadeghi E, Haasch G, Gerstein H. An in Vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. J Endod. 1987 Sept; 13(9): 434-440.
- 15.- Blitz J. Fundamento de los ultrasonidos. 1°Ed. Madrid, Ed. Alambra,1969.
- 16.- Hueter T, Bolt F, Richard H. Sonics, London,Ed. John Wiley & sons Inc. 1955
- 17.- .- Blitz J. Fundamento de los ultrasonidos. 1°Ed. Madrid, Ed. Alambra,1969.
- 18.- Oman C, Applebaum E. Ultrasonic cavity preparation, II Progress report. J Am Dent Assoc. 1955 April; 50 414-17.
- 19.- Banerjee A, Watson T, Kidd A. Dentine caries excavation : a review of current clinical techniques, Br Dent J, 2000 May, 188(9): 476-482
- 20.- Zinner D. Recent ultrasonic dental studies, including periodontopatía, without the use of abrasive. J Dent Res. 1955 Oct; 34(5): 748-49
- 21.- Johnson W, Wilson J. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol. 1957; 28:264-71.
- 22.- Schenk G, Fleming T, Ruckdeschel G, Hickel R. Lack of antimicrobial effect on periodontopathic bacteria by ultrasonic and sonic scalers in Vitro. J Clin Periodontol. 2000; 27: 116-119.
- 23.- Chapple I, Walmsley D, Saxby M, Moscrop H. Effect of instrument power setting during ultrasonic scaling upon treatment outcome. J Periodontol. 1995 Sept; 66(9):756-60.
- 24.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984; 34(3): 198-203.
- 25.- Ingle J, Bakland L, Peter D, Buchanan S, Mullaney T. Preparación de la cavidad Endodóntica, en: Ingle J, Bakland L. editores, Endodoncia, 4° Ed. México, McGraw-Hill Interamericana, 1996, Cap.3.

- 26.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
- 27.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
- 28.- Spångberg L. Instrumentos, materiales y aparataje. En: Cohen S., Burns, R., Editores, *Vías de la pulpa*, 7° Ed.1999, Harcourt, Madrid, Cap. 13.
- 29.- Spångberg L. Instrumentos, materiales y aparataje. En: Cohen S., Burns, R., Editores, *Vías de la pulpa*, 7° Ed.1999, Harcourt, Madrid, Cap. 13.
- 30.- Ingle J, Bakland L, Peter D, Buchanan S, Mullaney T. Preparación de la cavidad Endodóntica, en: Ingle J, Bakland L. editores, *Endodoncia*, 4° Ed. México, McGraw-Hill Interamericana, 1996, Cap.3.
- 31.- Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987 Nov; 13(11): 541-545
- 32.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
- 33.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
- 34.- Ingle J, Bakland L, Peter D, Buchanan S, Mullaney T. Preparación de la cavidad Endodóntica, en: Ingle J, Bakland L. editores, *Endodoncia*, 4° Ed. México, McGraw-Hill Interamericana, 1996, Cap.3.
- 35.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
- 36.- American Association of endodontist. *Glossary*, 6° Ed. Chicago, 1998.

- 37.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.
- 38.- Cunningham W, Martin H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg. 1982 May; 53(5): 527-31.
- 39.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. Oral Surg. 1976 Jul; 42(1): 92-99.
- 40.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984; 34(3): 198-203.
- 41.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.
- 42.- Zinner D. Recent ultrasonic dental studies, including periodontopatia, without the use of abrasive. J Dent Res. 1955 Oct; 34(5): 748-49
- 43.- Johnson W, Wilson J. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol. 1957; 28:264-71.
- 44.- Johnson W, Wilson J. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol. 1957; 28:264-71.
- 45.- Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. J Endod. 1987 Nov; 13(11): 541-545
- 46.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.
- 47.- Wamsley A, Willians A. Effect of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. J Endod. 1989 May; 15(5): 189-94.
- 48.- Ahmad M, Roy R. Some observations on the breakage of ultrasonic files driven piezoelectrically. Endod Dent Traumatol. 1994; 10: 71-76.

- 49.- American Association of endodontist. Glossary, 6° Ed. Chicago, 1998.
- 50.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
- 51.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
- 52.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved *J Endod* 1987 March; 13(3): 93-101.
- 53.- Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *J Endod.* 1993 Sept; 19(9): 453-457.
- 54.- Laukhuf G, Mickel A, Chogle S. Sonic versus ultrasonic in effectiveness of bacterial reduction and release. *J Endod.* 2000 Sept; 26(9): 547.
- 55.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. *Oral Surg.* 1976 Jul; 42(1): 92-99.
- 56.- Walmsley A, Lumley P, Laird W. The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. *Int Endod J.* 1989; 25: 125-32.
- 57.- Cunningham W, Balekjian A. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hipoclorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980 feb; 49(2): 175-77.
- 58.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
- 59.- Waplinton M, Lumley P, Blunt L. An in Vitro investigation in the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. *Endod Dent Traumatol.* 2000; 16: 158-61.
- 60.- Waplinton M, Lumley P, Blunt L. An in Vitro investigation in the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. *Endod Dent Traumatol.* 2000; 16: 158-61.

61.- Frank R, Antrim D, Backland L. Effect of retrograde cavity preparations on root Apexes. Endod Dent Traumatol. 1996; 12: 100-103.

62.- Gray G, Hatton J, Holtzmann D, Jenkins D, Nielsen C. Quality of root-end Preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. J Endod. 2000 April; 26(5): 281-283.

63.- Layton C, Marshall G, Morgan L, Baumgartner C. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root end preparation. J Endod. 1996 April; 22(4): 157-60.

64.- Min M, Brown C, Legan J, Kafrawy A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. J Endod. 1997 Oct; 23(10): 624-28.

65.- Rainwater A, Jeansonne B, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation. J Endod. 2000 Feb; 26(2): 72-5.

66.- Waplinton M, Lumley P, Blunt L. An in Vitro investigation in the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. Endod Dent Traumatol. 2000; 16: 158-61.

67.- Min M, Brown C, Legan J, Kafrawy A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. J Endod. 1997 Oct; 23(10): 624-28.

68.- Gray G, Hatton J, Holtzmann D, Jenkins D, Nielsen C. Quality of root-end Preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. J Endod. 2000 April; 26(5): 281-283.

69.- Layton C, Marshall G, Morgan L, Baumgartner C. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root end preparation. J Endod. 1996 April; 22(4): 157-60.

70.- Min M, Brown C, Legan J, Kafrawy A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. J Endod. 1997 Oct; 23(10): 624-28.

71.- Rainwater A, Jeansonne B, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation. J Endod. 2000 Feb; 26(2): 72-5.

72.- Buchanan S. Cleaning and shaping the root canal system, part 2: Cleaning

concepts. Dent Today. 1993 October; 1-5. En: Clinical monographs, Dental Education Laboratories, 2001.

73.- Cameron J. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. J Endod. 1982 Oct; 8(10): 472-74.

74.- Ruddle C. Cleaning and Shaping the root canal system. En: Cohen S., Burns, R., Editors, Pathways of the pulp. 8° Ed. St Louis, Harcourt Brace, 2001, Cap 8.

75.- Buchanan S. Cleaning and shaping the root canal system, part 2: Cleaning

76.- McComb D, Smith D. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. J Endod. 1975 Jul; 1(7): 238-242.

77.-Cunningham W, Martin H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg. 1982 May; 53(5): 527-31.

78.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984; 34(3): 198-203.

79.- Waplington M, Lumley P, Walmsley A, Blunt L. Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument. Endod Dent Traumatol. 1995; 11: 177-80.

80.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.90.

81.- Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. J Endod. 1987 Nov; 13(11): 541-545

82.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.

83.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.90.

- 84.- Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. J Endod. 1987 Nov; 13(11): 541-545
- 85.- Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. J Endod. 1993 Sept; 19(9): 453-457.
- 86.- Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hocino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with hypochlorite. Int Endod J. 1998; 31: 242-50.
- 87.- Ruddle C. Cleaning and Shaping the root canal system. En: Cohen S., Burns, R., Editors, Pathways of the pulp. 8° Ed. St Louis, Harcourt Brace, 2001, Cap 8.
- 88.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.
- 89.- Baumgartner J, Cuenin P. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. J Endod. 1992 Dec; 18(12): 605-12.
- 90.- Baumgartner J, Cuenin P. Efficacy of several concentrations of sodiumhypochlorit Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. J Endod. 1987 Nov; 13(11): 541-545 e for root canal irrigation. J Endod. 1992 Dec; 18(12): 605-12. 90.
- 91.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. Oral Surg. 1976 Jul; 42(1): 92-99.
- 92.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.
- 93.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. Oral Surg. 1976 Jul; 42(1): 92-99.
- 94.- Sjögren U, Sunquist G. Bacterial evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1987, March; 63(3): 366-370.

- 95.- Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hocino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with hypochlorite. *Int Endod J.* 1998; 31: 242-50.
- 96.- Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hocino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with hypochlorite. *Int Endod J.* 1998; 31: 242-50.
- 97.- Schenk G, Fleming T, Ruckdeschel G, Hickel R. Lack of antimicrobial effect on periodontopathic bacteria by ultrasonic and sonic scalers in Vitro. *J Clin Periodontol.* 2000; 27: 116-119.
- 98.- Schenk G, Fleming T, Ruckdeschel G, Hickel R. Lack of antimicrobial effect on periodontopathic bacteria by ultrasonic and sonic scalers in Vitro. *J Clin Periodontol.* 2000; 27: 116-119.
- 99.- Laukhuf G, Mickel A, Chogle S. Sonic versus ultrasonic in effectiveness of bacterial reduction and release. *J Endod.* 2000 Sept; 26(9): 547.
- 100.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
- 101.- Gutmann J, Witherspoon D. Sistema de obturación de los canales radiculares Limpios y conformados. En: Cohen S, Burns R. editores, *Vías de la pulpa*, 7° Ed. Madrid, Harcourt 1999, cap. 9, pp. 306.
- 102.- Lasala A. *Endodoncia*, 4° Ed. Barcelona, Masson Salvat, 1992, Cap. 20, pp. 461.
- 103.- Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7° Ed, Madrid, Harcourt, 1999, cap. 23, pps. 774-5.
- 104.- Yoshida T, Gomyo S, Itoh T, Shibata T, Sekine I. An experimental study of the removal of cemented dowel-retained cast cores by ultrasonic vibration. *J Endod.* 1997 April; 23(4): 239-241.
- 105.- Yoshida T, Gomyo S, Itoh T, Shibata T, Sekine I. An experimental study of the removal of cemented dowel-retained cast cores by ultrasonic vibration. *J Endod.* 1997 April; 23(4): 239-241.
- 106.- Gomez A, Kubo C, Santos R, Padilha R. The influence of ultrasound on the

Retention of cast post cemented with different agents. *Int Endod J.* 2001; 34:93-99.

107.- Altshul J, Marshall G, Morgan L, Baumgartner C. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force *J Endod.* 1997 Nov; 23(11): 683-5.

108.- Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7° Ed, Madrid, Harcourt, 1999, cap. 23, pps. 774-5.

109.- Smith B. Removal of fractured post using ultrasonic vibration: An in Vivo study. *J Endod.* 2001 Oct; 27(10): 632-4.

110.- Johnson W, Leary J, Boyer D. Effect of ultrasonic vibration on post removal in extracted human premolar teeth. *J Endod.* 1996 Sept; 22(9): 487-488.

111.- Gomez A, Kubo C, Santos R, Padilha R. The influence of ultrasound on the Retention of cast post cemented with different agents. *Int Endod J.* 2001; 34:93-99.

112.- Bergerson B, Murchison D, Schindler W, Walker W. Effect of ultrasonic vibration and various sealer and cement combinations on titanium post removal. *J Endod.*

113.- Altshul J, Marshall G, Morgan L, Baumgartner C. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force *J Endod.* 1997 Nov; 23(11): 683-5

114.-. Chenail B, Tepliski P. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstruccions *J Endod.* 1987 April; 13(4): 186-90.

115.- Lovdahl, P, Gutmann J. Problems in nonsurgical root canal retreatment. En: Gutmann J, Dumcha T, Lovdahl P, Hovland E. *Problem solving in endodontics*. 3° Ed., St. Louis, Motsby, 1997, cap. 7, pps. 186-189.

116.- Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7° Ed, Madrid, Harcourt, 1999, cap. 23, pps. 774-5.

117.- Hülsmann M. Removal of fractured instruments using a combined automated/ultrasonic technique. *J Endod.* 1998 March; 20(3): 144-46.

- 118.- Nehme W. Eliminations of intracanal obstruccions by abrasion using an operational microscope and ultrasonic. J Endod. 2001 May; 27(5): 365-67.
- 119.- Haidet J, Reader A, Beck M, Meyers W. An in Vivo comparison of the step-back Technique, versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. J Endod. 1989 May; 15(5): 195-99.
- 120.- Lovdahl P, Guttman J. Problems in locating and negociating fine and calcified canals. En: Guttman J, Dumcha T, Lovdahl P, Hovland E. Problem solving in endodontics. 3° Ed., St. Louis, Motsby, 1997, cap. 4, pp.84.
- 121.- Spångberg L. Instrumentos, materiales y aparataje. En: Cohen S., Burns, R., Editores, Vías de la pulpa, 7° Ed.1999, Harcourt, Madrid, Cap. 13.
- 122.- Waplington M, Lumley P, Blunt L. An in Vitro investigation in the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. Endod Dent Traumatol. 2000; 16: 158-61.
- 123.- Diccionario de la real academia de la lengua española, edición del tricentenario.
124. Cunningham W, Martin H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg. 1982 May; 53(5): 527-31.
- 125.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. Oral Surg. 1976 Jul; 42(1): 92-99.
126. Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984; 34(3): 198-203.
- 127.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.
- 128.- Ahmad M, Pitt ford T, Crum L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.
- 129.- Gomez A, Kubo C, Santos R, Padilha R. The influence of ultrasound on the Retention of cast post cemented with different agents. Int Endod J. 2001; 34:93-99.

130.- Bergerson B, Murchison D, Schindler W, Walker W. Effect of ultrasonic vibration and various sealer and cement combinations on titanium post removal. J Endod. 2001 Jan; 27(1): 13-17.

131.- Wamsley A, Willians A. Effect of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. J Endod. 1989 May; 15(5): 189-94.

132.- Laukhuf G, Mickel A, Chogle S. Sonic versus ultrasonic in effectiveness of bacterial reduction and release. J Endod. 2000 Sept; 26(9): 547.

133.- Wamsley A, Willians A. Effect of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. J Endod. 1989 May; 15(5): 189-94.

134.- Cunningham W, Balekjian A. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hipoclorite endodontic irrigant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980 feb; 49(2): 175-77.

135.- Min M, Brown C, Legan J, Kafrawy A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. J Endod. 1997 Oct; 23(10): 624-28.

136.- Wamsley A, Willians A. Effect of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. J Endod. 1989 May; 15(5): 189-94.

137.- Langeland K, Liao K, Pascon E. Work-saving devices in endodontics: Efficacy of sonic and ultrasonic techniques. J Endod. 1985 Nov; 11(11): 499-509.

138.- Nagy C, Bartha K, Brenáth M, Verdes E, Szabó J. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. Int Endod J. 1997; 30: 133-40.

139.- Langeland K, Liao K, Pascon E. Work-saving devices in endodontics: Efficacy of sonic and ultrasonic techniques. J Endod. 1985 Nov; 11(11): 499-509.

140.- Cameron J. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. J Endod. 1982 Oct; 8(10): 472-74.

141.- Cunningham W, Martin H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg. 1982 May; 53(5): 527-31.

142.- Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hocino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with hypochlorite. *Int Endod J.* 1998; 31: 242-50.

143.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.