

" Ultrasonido en Endodoncia "

por **Enrique J. Padrón**

Odontólogo, Universidad Central de Venezuela , 1998

Especialista en Endodoncia, Universidad Central de Venezuela, 2001-2003

e-mail: enripadron@cantv.net

Resumen

El ultrasonido es una forma de energía sónica que se transmite en forma de un patrón de ondas elásticas que tiene la propiedad de propagarse a través de distintos medios, sólidos, líquidos y gaseosos. El ultrasonido se aplica en distintas áreas, como lo son la investigación, la industria y la medicina. El uso del ultrasonido en Odontología comienza a mediados del siglo pasado, y en la actualidad su uso tiene gran importancia especialmente en el área de Periodoncia y Endodoncia. El uso del ultrasonido en Endodoncia, se basa en los distintos fenómenos que se producen durante la aplicación de éste dentro del conducto radicular. Estos fenómenos: oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, van a producir efectos sobre la estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de barrillo dentinario, así como la potenciación de efectos antimicrobianos al utilizarse en combinación con soluciones irrigantes. El uso del ultrasonido en la terapéutica endodóncica abarca desde la eliminación de restauraciones para acceder al sistema de conductos, eliminación de obstrucciones como instrumentos fracturados y calcificaciones, la preparación biomecánica, irrigación ultrasónica y obturación del sistema de conductos, así como en la cirugía endodóntica.

Introducción

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 la especialidad de Endodoncia, surge en el año 1957 cuando Richman desarrolla un dispositivo ultrasónico para la preparación de

conductos radiculares, siendo el primero en utilizarlo en endodoncia. Posteriormente Martin en el año 1976 demuestra la efectividad de la aplicación del ultrasonido en la limpieza y desinfección del sistema de conductos, surgiendo la endosónica o la terapéutica endodóntica con la utilización de dispositivos sónicos o ultrasónicos. El objetivo de este trabajo será el de describir los efectos producidos por el ultrasonidos en el conducto radicular y su aplicación en la terapéutica endodóntica.

Definición

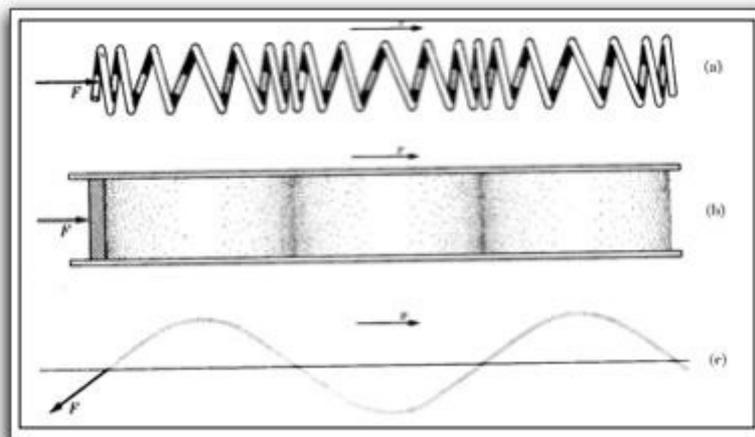
El sonido se define como ondas elásticas que se propagan a través de un medio (sólido, líquido, gas), las cuales al propagarse por el aire y ser recibidas por el oído, producen la sensación auditiva ^{7,27}.

El ultrasonido se define como un sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales así como también en medicina ⁷⁷.

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 ⁷.

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, al ser recibida por el oído, se produce la sensación auditiva que se conoce como sonido ²⁷.



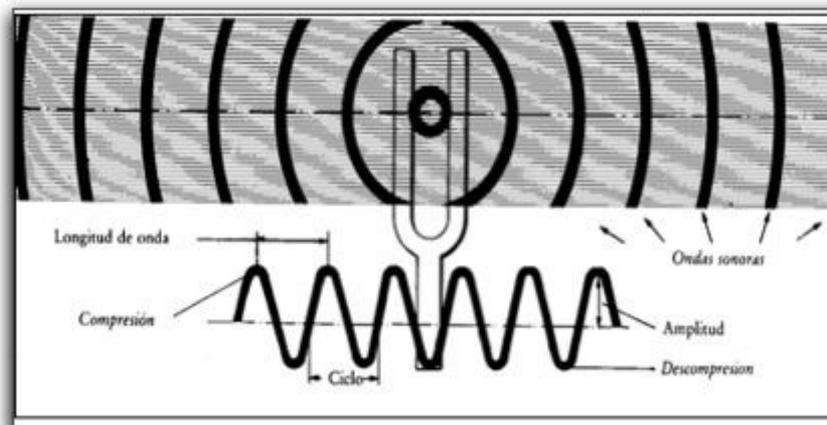
Ondas elásticas en (a) un resorte, (b) un gas y (c) una cuerda.
Tomado de Alonso M., Finn E., Física, 1976.

El sonido se propaga en formas 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 ⁷.

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, 27}.

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 ^{7,77}. 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.⁷

La aplicación, estudio y uso de las ondas con frecuencia mayor de 16 KHz corresponde al campo de la ultrasónica, rama de la acústica, la cual tiene una amplia gama de aplicaciones como en ingeniería mecánica, eléctrica y química, en biología, e ingeniería sanitaria, y en la medicina ^{13,41}.



En la generación de ondas sonoras a partir de la vibración de un diapasón se distinguen varias magnitudes ondulatorias, como la longitud y la amplitud de onda o la unidad llamada ciclo.

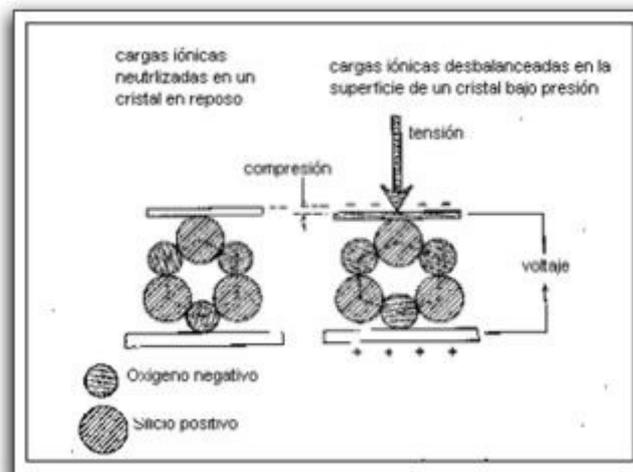
Tomado de Enciclopedia Hispánica, 1995.

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 ^{13,84}.

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 Rochelle 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 ^{13,41}.

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 ¹³.



Representación esquemática de la interacción entre la fuerza y el campo en un cristal piezoeléctrico.

Tomado de Hueter, Bolt, Richard, Sonics, 1955.

Ultrasonido en Odontología

Desde la década de los años 50, se han diseñado distintos dispositivos sónicos y ultrasónicos para distintas aplicaciones odontológicas. Oman y Applebaum⁷⁴, 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 ¹¹,

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 ⁹⁷ 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 ⁴⁸ 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 ⁷⁹ 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 ²¹. 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.

Ultrasonido en Endodoncia

Martin y Cunningham ^{44,65}, 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 magnetostrictivo, 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 si en forma sinérgica ⁶⁵.

Entre los dispositivos piezoeléctricos mas 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 ⁸³.

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 magnetostrictivos ⁸³.

Las piezas de mano sónicas se caracterizan que se pueden conectar a la toma de aire de la unidad y pueden 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 MicroMega 1500 y 1400 (Micromega/Medidenta, EUA/Suiza)⁴⁴.

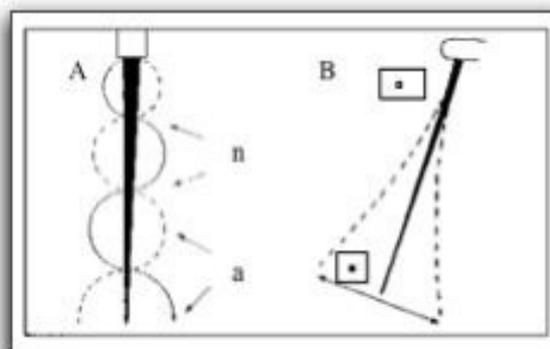
Propiedades Físicas, Mecánicas y Biológicas del Ultrasonido en el Conducto Radicular

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 sinérgico que potencia la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular ^{17,65,89}.

-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 ⁴⁴.

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 a 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 ⁸⁹



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

-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 ⁹.

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, éstas 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 ⁴.

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.^{25,64,65,89}

Según Nyborg y Willians, citados por Walmsley ⁸⁹, 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. Éstos campos pueden ocasionar una ruptura electrolítica de la molécula de agua, generando radicales libres (H y OH) que podrían producir productos intermedios como el peróxido de hidrógeno (H₂O₂), 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 ⁹⁷, 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 ⁴⁸, 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 ⁴⁸.

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 ¹⁷.

Ahmad, Pittford y Crum ⁴, 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.

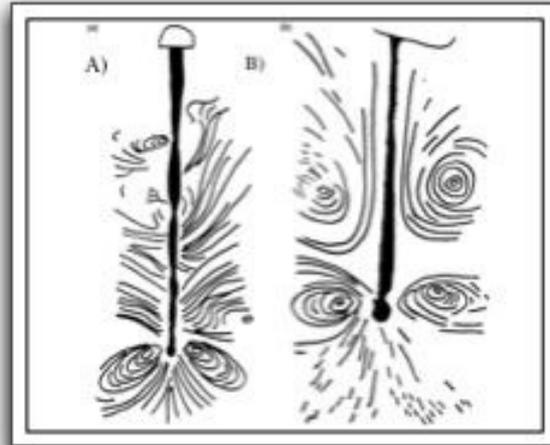
El contacto de la lima ultrasónica con las paredes del conducto radicular va a reducir el efecto de cavitación, debido a que el posible contacto de la pared, impide el movimiento de oscilación de la lima y disminuye la amplitud del movimiento oscilatorio, reduciendo la cavitación⁹². Ahmad y Roy ⁶ realizaron 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.⁶

-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.⁹ 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.⁸⁹

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 ⁸⁹

Ahmad, Pittford y Crum ⁴, 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) sónica.

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 efectiva en los planos perpendiculares a la orientación de la lima ultrasónica oscilante.⁶³

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 .

-Generación de calor

La generación de calor es otra de las propiedades físicas que produce la aplicación de ultrasonido dentro del conducto radicular. La generación de 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.^{64,91}

El aumento de la temperatura potencia la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cunningham y Balekjian²⁴ 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.

Efectos de la aplicación del ultrasonido en el conducto radicular

-Efectos sobre la dentina

El efecto de oscilación transversal del instrumento endodóntico al ser activado ultrasonicamente, 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 ^{89,93}.

Waplinton et al.⁹³ 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.^{32,36,55,69,76}

La formación de microgrietas en las paredes dentinarias de la preparación apical esta atribuida principalmente al calor generado y a la vibración del instrumento.⁹³ Min et al.⁶⁹ 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 microfracturas.

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 retropreparación, además de incrementar las posibilidades de fractura radicular.^{36,55,69,76}

-Efectos sobre la capa de desecho dentinario

La instrumentación del conducto radicular produce que las paredes del mismo sean recubiertas con detritos dentinarios. Esta 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^{15,67}

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 interfase 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 microfiltración, y la subsecuente disminución del porcentaje de éxito.⁷⁸

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.^{15,67}

Distintos autores han tratado de explicar, el mecanismo por el cual ocurre la eliminación de la capa de desecho dentinario por efecto del ultrasonido. Cunningham y Martin²⁵ 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.⁶⁵

Otros autores como Ahmad et al.⁴, Walmsley⁸⁹ y Cameron¹⁷, relacionaron a la remoción de la capa de desecho dentinario como resultado producido por el fenómeno de la microcorriente acústica.

Ahmad et al.⁴ realizaron un estudio in Vitro para evaluar la evidencia de la formación de la corriente microacústica, 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 microacústica, que resultara en fuerzas hidrodinámicas que contribuyeran en la remoción de la capa de desecho.

Walmsley ⁸⁹ relacionó el papel de la microcorriente 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 ¹⁷, 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 ovoides por medio de dispositivos sónicos y ultrasónicos, realizado por Lumley et al.⁶³ 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.⁴³ 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 ⁷⁸ recomienda la utilización de microcepillos para el lavado final y la remoción de la capa de desechos. Estos microcepillos 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.

-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 microcorriente 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 ^{4,10,17,64,89}.

La acción del ultrasonido va a producir la ruptura de las paredes celulares de los microorganismos, debido a la turbulencia creada por la microcorriente 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.⁶⁴

Sjögren et al.⁸¹ 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 monorradiculares con pulpas necróticas, cámaras intactas y evidencia radiográfica de lesión periapical. Observaron que algunas especies como *Bacteroides intermedius*, *Actinomyces israelii*, *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 período entre citas. Debido a esto, recomiendan indistintamente el uso de medicamentos intraconducto como el hidróxido de calcio, entre cada sesión.

Huque et al.⁴³ concluyeron, de acuerdo un estudio realizado *in Vitro*, que el uso del 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 canalículos 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.⁴³

Schenck et al.⁷⁹ 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 produjeron 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 periododental de raspado subgingival no producían ningún efecto antimicrobiano por sí mismos sobre las especies antes mencionadas.⁷⁹

Laukuf et al.⁵⁴ 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 monorradiculares 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.

Usos del ultrasonido en Endodoncia

Desde el año 1976 cuando Martin ⁶⁵ 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 ^{38,53}.

-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.¹⁸

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.⁹⁶

La forma y el tiempo de aplicación del ultrasonido sobre la restauración, así como el cemento empleado va a influir en el retiro de ésta. Yoshida et al.⁹⁶ 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.³⁴ 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.

-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.⁸

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 interfase 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 ¹⁸.

En un estudio realizado por Smith ⁸² 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. El autor propone que por cada mm. de la porción radicular del perno, el tiempo de aplicación del dispositivo ultrasónico requerido para su desalojo es de un minuto, independientemente del tipo de cemento de unión utilizado.

De acuerdo a Johnson et al.⁴⁷ 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.³⁴

Bergerson et al.¹² 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.

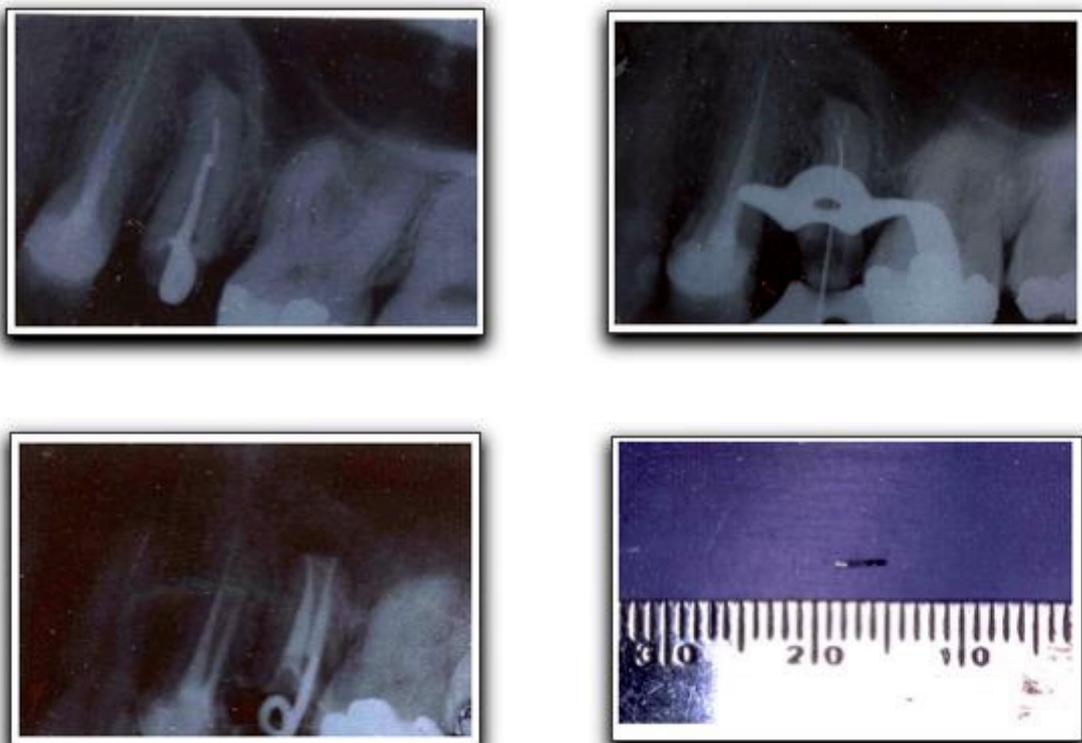
Altshul et al.⁸ realizaron un estudio para comparar la incidencia de microfracturas producidas durante el retiro de pernos por aplicación de ultrasonido y por el sistema para remoción de pernos Gonan. Obtuvieron como resultado una leve diferencia, no significativa en cuanto al número de microfracturas presentes a nivel de la unión amolocementaria, 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 microfractura detectable.

-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.²²

Lovdahl y Gutmann ⁵⁸ 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 libera 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 ¹⁸ 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.

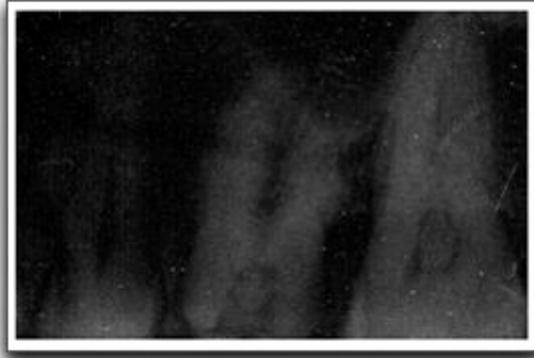
Hülsmann ⁴² propuso una técnica que combina el uso del Canal Finder y el ultrasonido, ya que con la ayuda del Canal Finder se lograba seguir la trayectoria del conducto radicular permitiendo sobrepasar el instrumento, para luego liberarlo por medio la acción del ultrasonido.

Recientemente Nehme ⁷³ 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.

-Eliminación de calcificaciones radiculares

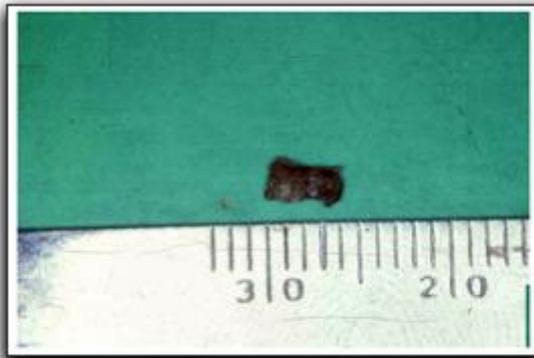
Se ha propuesto el uso de la instrumentación ultrasónica para penetrar los conductos calcificados o bloqueados de una forma pasiva. La aplicación del ultrasonido en conjunto con hipoclorito de sodio podría potenciar la penetración del irrigante a toda la longitud del instrumento, disolviendo el colágeno, las sustancias orgánicas, y también desalojando las calcificaciones por la acción física del ultrasonido, lo que facilitaría la permeabilidad del conducto ^{39, 57,85}.

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 ⁹³

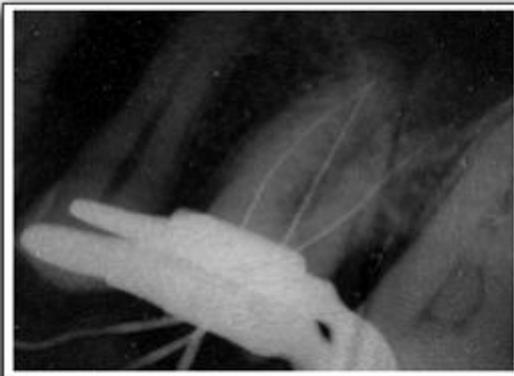


Retiro de una calcificación pulpar realizada con un dispositivo ultrasónico.

1° molar superior con calcificación pulpar



Se desalojó la calcificación por medio de la aplicación de ultrasonido



Permeabilización de los conductos radiculares



Tratamiento completado exitosamente.

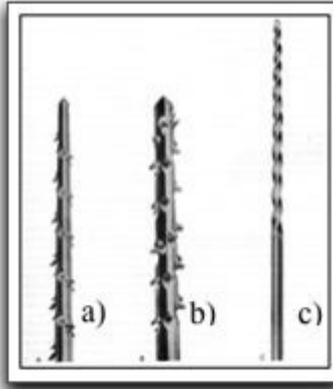
-Preparación biomecánica del conducto radicular

La instrumentación ultrasónica del sistema de conductos radiculares, es una síntesis de acciones biológicas, químicas y físicas, lo que permite al operador una limpieza, conformación y desinfección más rápida y efectiva del sistema de conductos de una manera más sencilla ⁶⁵.

Las limas activadas por ultrasonido han demostrado tener una mayor capacidad de corte del tejido dentinario que las limas activadas manualmente, debido a que las limas al ser energizadas por la onda ultrasónica se vuelven totalmente activas en su capacidad de corte ⁶⁴. En el año 1955, Oman ⁷⁴ reportó la capacidad de las piezas de mano activadas por ultrasonido, de cortar los tejidos dentarios duros. La utilización del ultrasonido en la preparación biomecánica fue primeramente desarrollada por Martin⁶⁴ en el año 1976, como un método eficaz para la desinfección del sistema de conductos, y posteriormente, Martín y Cunningham ⁶⁵ en el año 1984, lo introdujeron para la conformación del sistema de conductos.

Los instrumentos utilizados para la preparación ultrasónica generalmente son limas k estandarizadas de acuerdo a las normas ISO, que se fabrican en diámetros del #15 al #40. Aparte de éstos se han desarrollado otros instrumentos como limas diamantadas que tienen como ventaja el alisado de la superficie de las paredes del conducto radicular, obteniendo como resultado una superficie mucho mas uniforme ^{44,66,70}.

La casa Micromega/Medidenta (EUA, Suiza) ha desarrollado unos sistemas de limas ultrasónicas específicos para su sistema MM1500, estos sistemas son conocidos como Rispisonic, Heliosonic y Shaper Sonic. El sistema Rispisonic esta formado por una serie de limas dentadas, no estandarizadas de acuerdo a las normas ISO, presentándose en una numeración del 1 al 6. Se caracterizan en que en su diseño presentan una mayor conicidad que las limas estandarizadas por las normas ISO, y además son más delgadas en su extremo apical que sus equivalentes ISO. Este diseño permite que el instrumento realice una preparación más conservadora en el tercio apical, con los instrumentos de menor diámetro, mientras al incrementar el diámetro en los tercios medio y coronal se obtiene una conformación cónica ^{44, 60}.



Tres instrumentos utilizados con la pieza de mano 1500 SonicAir a)Rispisonic, b)Shapersonic y c) Triosonic o Heliosonic.

Tomado de Ingle, Bakland, 1996.

El sistema Shaper Sonic, es una serie de limas dentadas estandarizadas de acuerdo a las normas ISO y numeradas del #15 al #40, mientras el sistema Heliosonic posee un diseño semejante a una lima Hedström de triple hélice. Todos estos instrumentos tienen puntas inactivas de una longitud de 1.5 a 2 mm ^{44, 60}.

El movimiento aplicado a la lima durante la preparación ultrasónica es esencialmente un movimiento de limado, en forma longitudinal, para obtener así un mayor desgaste de dentina. El movimiento es también circunferencial en contacto con las paredes del conducto con la finalidad de proporcionarle al conducto una forma cónica uniforme, considerada óptima para la limpieza y obturación del conducto ⁶⁵.

De acuerdo a Briggs et al.¹⁴ las variables que pueden influir en la capacidad de corte de la lima son las siguientes: la frecuencia y amplitud de oscilación de la lima, la carga o fuerza interfacial entre la lima y la dentina, los movimientos realizados por el operador y el tiempo de activación de la lima dentro del conducto durante la fase de instrumentación.

Las limas endodónticas activadas por ultrasonido muestran un patrón de oscilación transversal característico. Este patrón de oscilación va a depender principalmente del diseño de la lima, de acuerdo al grado de angulación que tenga la parte activa del instrumento con respecto a su eje longitudinal. La amplitud de desplazamiento de la punta de la lima va a aumentar en forma directamente proporcional con respecto al incremento de la potencia de la unidad generadora, pero esta relación tiende a no ser exponencial cuando se aumenta la potencia al máximo. El aumento en la amplitud de desplazamiento va a producir también una mayor eficacia de corte de la lima activada por ultrasonido ^{61,94}.

Según los resultados obtenidos por Lumley ⁵⁹, al estudiar las variables que afectan la eficacia de corte de las limas activadas por ultrasonido, la carga es el factor más significativo, incluso más que la potencia de activación del instrumento, del tipo de lima, o el diámetro de ésta. La aplicación de la carga no va a tener efecto sobre la acción longitudinal del instrumento, pero si va a afectar su movimiento oscilatorio transversal;

si la carga es aplicada sobre un nodo, se va a observar poco o ningún cambio en el patrón de oscilación de la lima, pero si la carga es aplicada sobre un antinodo, se va a producir un cambio en el patrón de oscilación del instrumento que resultará en una acción de vibración incontrolada de la punta o un "latigazo" producido por la lima ⁶².

De acuerdo a Wamsley et al ⁹¹, el patrón de oscilación transversal es ineficiente y puede ser fácilmente reducido por cualquier carga aplicada a la lima durante su uso. Esto causa que al aplicar la carga sobre el instrumento se transforme el patrón de oscilación de transversal a longitudinal, el cual es más deseable, debido a que las limas endodónticas convencionales están diseñadas para tener una acción de corte longitudinal. Este cambio de patrón de oscilación solo se presenta en las limas activadas por dispositivos sónicos, pero no se observa en aquellos instrumentos activados por ultrasonido, los cuales mantienen su mismo patrón de oscilación, a pesar de la carga aplicada.

La acción de restringir el movimiento de oscilación de la lima activada por ultrasonido en un área correspondiente a un antinodo causa una mayor reducción en la amplitud de desplazamiento del instrumento que al restringir el movimiento de oscilación en un nodo. En un conducto curvo donde la lima queda sumamente ajustada, ésta va a contactar con las paredes del conducto en varios puntos, por lo que su vibración va a ser nula. Debido a esto se explica la impredecibilidad que tienen éstos instrumentos en la preparación del tercio apical, ya que al eliminar la vibración del instrumento éste se vuelve inefectivo ⁹².

La restricción relativa de la vibración combinado con los movimientos de limado producidos por el operador van a incrementar la capacidad de corte de los instrumentos activados por ultrasonido, además de alterar su patrón de corte. La disminución relativa de la oscilación de la lima y el incremento de la carga sobre el instrumento, durante el movimiento de limado, son algunas de las formas de controlar la capacidad de corte del instrumento en la zona apical. Estos hallazgos son relevantes para controlar la conformación del conducto radicular, precisamente en los sitios donde se requiere un menor desgaste dentinario, como en las caras internas de las curvaturas. Se puede aplicar la técnica de limado de anticurvatura, propuesta por Abou-Rass et al.² siempre que se tome en cuenta que la dirección de la oscilación de la lima sea paralela al plano de la curvatura durante la activación del instrumento ⁹².

Se han realizado numerosos estudios comparativos de la eficacia del ultrasonido con otras técnicas en la conformación del sistema de conductos. Martin y Cunningham ⁶⁶ publicaron un estudio comparativo sobre la capacidad de corte de las limas diamantadas diseñadas para ultrasonido con respecto a la lima K, por medio de un estudio in Vitro que evaluaba la diferencia de peso de unos discos de dentina que fueron sometidos a instrumentación con alguno de los dos sistemas de instrumentos. Obtuvieron como resultado que el desgaste dentinario con limas de diamante activadas por ultrasonido, fue significativamente superior al obtenido con las limas K manuales.

Langeland et al.⁵² presentaron un estudio cuyo propósito fue comparar la eficacia de la instrumentación ultrasónica, sónica y manual en dientes extraídos y vitales de monos. Obtuvieron como resultado que ninguno de los sistemas y de las técnicas empleadas lograba una limpieza completa del sistema de conductos, pero los sistemas sónicos y ultrasónicos lograban una limpieza completa en los canales rectos y circulares, además acotaron, debido a los resultados obtenidos, que los instrumentos sónicos y ultrasónicos

deben manejarse con suma precaución durante la instrumentación, ya que pueden desgastar excesivamente el conducto, produciendo escalones y perforaciones.

Jahde et al.⁴⁵ en un estudio histológico, compararon la respuesta de los tejidos periapicales a la sobreextensión de limas manuales y ultrasónicas durante la instrumentación. Observaron que no hubo diferencia significativa en los grados de inflamación que presentaban los tejidos periapicales, ante la sobreextensión de limas manuales o ultrasónicas, por lo cual supusieron que ambas sobreextensiones tenían un efecto semejante en los tejidos periapicales asumiendo que no se transmitía energía acústica a dichos tejidos debido a que las paredes del conducto junto con el foramen apical limitaban la vibración del instrumento y bloqueaban la transmisión de energía.

Fairbourn et al.²⁹ realizaron un estudio, donde comparaban la cantidad de detritus extrudidos a través del foramen apical de dientes extraídos al ser instrumentados con alguna de las siguientes técnicas: instrumentación manual convencional, instrumentación manual con preparación cervical previa, técnica ultrasónica y técnica sónica. Obtuvieron como resultado que todas las técnicas de instrumentación producían extrusión de detritus a través del foramen apical, siendo las técnicas sónica y manual con preparación cervical previa, las que produjeron la menor cantidad de detritus extrudidos a través del foramen, existiendo una diferencia significativa entre la cantidad de detritus expulsados por la técnica sónica, comparada con la técnica manual.

Siqueira et al.⁸⁰ realizaron un estudio comparativo sobre la efectividad de cinco técnicas de instrumentación en la limpieza y remoción de tejido orgánico del tercio apical. Las técnicas estudiadas fueron: técnica paso-atrás con limas de acero inoxidable, técnica de paso-atrás con limas de níquel titanio, técnica ultrasónica, técnica de fuerzas balanceadas y la técnica e instrumental Canal master U. Estos autores instrumentaron molares humanos extraídos, frescos. Posteriormente disecaron los ápices, los cuales fueron preparados para su estudio histológico. Observaron que si bien todas las técnicas fueron efectivas en remover gran cantidad de detritus y restos orgánicos de la mayoría de los conductos, ninguna logró una limpieza total del sistema de conductos, no obteniendo diferencias significativas entre la efectividad de ninguna de las técnicas empleadas.

Nagy et al.⁷² realizaron un estudio cuyo propósito era conocer la relevancia de la morfología del conducto radicular en la creación de deformaciones del conducto durante su instrumentación. Para ello tomaron 450 raíces que dividieron en distintos grupos, las cuales fueron instrumentadas con alguno de los distintos sistemas y técnicas de instrumentación, entre ellas la instrumentación ultrasónica. Observaron que la instrumentación ultrasónica no alteraba significativamente la morfología inicial del conducto, al compararla con la obtenida después de la instrumentación, en cualquier nivel o plano. Este tipo de instrumentación tiende a rectificar el conducto radicular, pudiendo producir la desviación del conducto y la formación de escalones, pero los resultados obtenidos mostraron que la instrumentación ultrasónica fue más eficaz que la instrumentación manual.

Distintos autores han comparado la efectividad de la preparación biomecánica realizada con la técnica de paso-atrás con la combinación de técnicas paso-atrás y la aplicación de ultrasonido. La combinación de ambas técnicas produce como resultado una limpieza

superior de los conductos radiculares, al ser comparada con la aplicación única de la técnica de paso-atrás ^{39,56,80}.

Aunque la instrumentación ultrasónica ha demostrado tener una capacidad de limpieza superior, la falta de diseño de nuevos instrumentos adaptados especialmente al patrón de vibración transversal obtenido por la activación ultrasónica ha limitado su efectividad como técnica de instrumentación, por lo tanto la instrumentación ultrasónica debe limitarse solo a conductos amplios y de poco grado de curvatura ⁶³.

-Irrigación y desinfección ultrasónica

Una terapia endodóntica exitosa requiere de una limpieza y conformación cuidadosa del sistema de conductos radiculares, así como de una obturación tridimensional de los mismos. La irrigación es una parte integral de la preparación biomecánica. Ésta actúa en la remoción de detritus, reducción del número de microorganismos y en la desinfección del conducto ⁶⁴.

De acuerdo a Abbott et al.¹ la finalidad del uso de los irrigantes durante la terapia endodóntica son las siguientes: lubricación de las paredes del conducto durante la instrumentación, remoción de los detritus por drenaje del conducto, disolución de la materia orgánica e inorgánica, efecto antimicrobiano, y limpieza de aquellas áreas inaccesibles a los métodos de limpieza mecánicos.

El Hipoclorito de Sodio es el irrigante que cumple con mayor eficacia con los objetivos de la irrigación. El principio activo del Hipoclorito de Sodio es la cantidad de moléculas de HOCl no disociadas. Éstas son responsables de la acción oxidativa en los materiales orgánicos, en los tejidos y microorganismos. Una solución de Hipoclorito forma HOCl a partir de cloruro de sodio (NaOCl) y agua (H₂O), el cual se va a consumir en la interacción con la materia orgánica, de allí parte su capacidad autolimitante ⁷¹.

Baumgartner y Cuenin ¹⁰ determinaron que la concentración mínima de hipoclorito de sodio para que tuviera una acción eficaz como irrigante endodóntico es del 1%. Cunningham y Balekjian²⁴ propusieron que la acción de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 2.5% era más eficaz para disolver tejido colágeno, cuando era calentado a una temperatura de 37° C., que una solución de mayor concentración (5%) a temperatura ambiente.

De acuerdo a Ahmad et al.⁵ la acción antimicrobiana del hipoclorito de sodio no se conoce exactamente, se cree que el cloro libre se combina con las proteínas de las membranas celulares de la capa externa de las esporas bacterianas, formando compuestos que interfieren con el metabolismo celular.

Estos autores observaron que la aplicación de ultrasonido de por si no ofrece ninguna utilidad desde el punto de vista clínico, ya que las tensiones generadas por la punta activa de la lima no eran suficientes para romper las paredes celulares de las bacterias. Se observó que las bacterias eran dispersadas por el efecto de Microcorriente acústica, y que el fenómeno de cavitación no se producía en medios de alta viscosidad. El autor relacionó el efecto antibacteriano a la acción de limado seguido por una irrigación continua ⁵.

Martin ⁶⁴ relacionó el efecto de drenaje y limpieza del conducto radicular al efecto sinérgico que producía la combinación de ultrasonido con el hipoclorito de sodio, debido a que el ultrasonido potenciaba la acción antimicrobiana del irrigante, y además, por los efectos de cavitación y de Microcorriente acústica, se producía un efecto de cepillado sobre la superficie de las paredes del conducto radicular produciendo un desalojo de los detritus. También impulsaba a la solución irrigante por todas las dimensiones del sistema de conductos, efectos que no conseguían los demás métodos de irrigación.

El efecto de fricción producido por el contacto entre la lima con las paredes del conducto radicular genera calor, el cual produce un aumento de la temperatura del irrigante, potenciando su acción antimicrobiana ⁸⁹.

La aplicación de la irrigación con hipoclorito de sodio de concentración al 2% o más, combinado con ultrasonido, por un periodo de tres minutos, produce la eliminación de la capa de barrillo dentinario que recubre la superficie del conducto radicular, tal como lo demostró Cameron ¹⁷. Éste lo atribuyó al efecto sinérgico que se producía entre el ultrasonido y el irrigante, ya que la aplicación del ultrasonido o del hipoclorito por si solos no eliminaban la capa de desecho.

Según Ahmad et al.⁴ el efecto de cavitación no parece tener ningún papel en la limpieza y desinfección del conducto. Ellos asumieron que la Microcorriente acústica era el mecanismo causal más importante que intervenía en el procedimiento de limpieza y desinfección. Lumley et al.⁶³ propusieron que la restricción de la oscilación de la lima producida por el contacto de ésta con las paredes del conducto, limitaba el efecto de la Microcorriente acústica, reduciendo así el flujo del irrigante en toda la extensión del sistema de conductos por lo que disminuía su efectividad en lograr un efecto de limpieza y desinfección adecuados.

En un reporte presentado por Cameron ¹⁶ se explica la técnica clínica para la irrigación ultrasónica. Una vez culminada la instrumentación, el autor realizaba una irrigación final con 5 ml. de hipoclorito de sodio al 3%. Posteriormente se llenaba la cámara pulpar con hipoclorito y procedía a activar la solución utilizando un cavitron con una lima ultrasónica colocada hasta el tercio medio del conducto radicular. Se llevaba a cabo la activación durante un periodo inicial de un minuto, y se volvía a irrigar de nuevo, repitiendo el procedimiento. El autor reporta que se obtenía una mayor eliminación de detritus y la sensación de unos conductos más uniformes en su superficie con la implementación de esta técnica.

Distintos autores han reportado la superioridad de la irrigación ultrasónica en la limpieza y desinfección del conducto radicular, comparado con la técnica manual. Dichos reportes han sido realizados por medio de estudios al microscopio y evaluando la efectividad de la limpieza del conducto radicular, en base a los restos de tejidos orgánicos, detritus dentinarios, y eliminación de la capa de desecho ^{25,40,46,84}.

Langeland et al.⁵² realizaron un estudio comparativo sobre la eficacia de los dispositivos sónicos y ultrasónicos en la limpieza de los conductos, obteniendo como resultado que ninguno de los dispositivos lograba una limpieza adecuada de los mismos, especialmente de aquellos conductos irregulares o curvos. Los autores consideraron

incorrecta la propuesta de los fabricantes de estos dispositivos, sobre la limpieza total del sistema de conductos y la remoción de detritus.

Ciucchi et al.²³ realizaron un estudio comparativo con diferentes irrigantes, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) e hipoclorito de sodio, utilizados individualmente, y activados por ultrasonido. Concluyeron que ninguno de los métodos lograron eliminar completamente la capa de desecho dentinario, por lo que se plantearon la siguiente alternativa: el clínico pudiera aceptar una superficie de las paredes del conducto limpia pero recubierta por una capa de desecho, o remover hipotéticamente dicha capa sobreextendiendo la preparación y utilizando técnicas costosas y riesgosas.

Sjögren et al.⁸¹ concluyeron en su estudio que algunos microorganismos pueden resistir a la acción de la irrigación ultrasónica y después proliferar en el conducto radicular no obturado, por lo que hacen hincapié en la importancia de la medicación intraconducto entre citas.

-Obturación del sistema de conductos

Los dispositivos de ultrasonido pueden ser utilizados en el procedimiento de obturación del conducto radicular. Moreno, citado por Lasala ⁵³ reporto en el año 1976, una técnica en la que utilizaba el ultrasonido para reblandecer la gutapercha durante la obturación, llamando a dicha técnica como compactación termomecánica. La técnica sugerida por las casas fabricantes es una modificación de la técnica de condensación lateral, la cual aprovecha el calor generado por la punta ultrasónica para reblandecer la gutapercha, sin embargo se le ha prestado muy poca atención al desarrollo de esta técnica, por lo que no existe todavía una estandarización de la misma ³⁸.

También se ha evaluado la efectividad de los dispositivos ultrasónicos en la colocación del cemento sellador. Aguirre et al.³ evaluaron dos técnicas en la colocación del cemento sellador, manual y ultrasónica. En la técnica manual el sellador fue llevado al conducto radicular por medio de una lima ultrasónica sin activar hasta la longitud de trabajo, mientras en la técnica ultrasónica el sellador fue llevado con la misma lima ultrasónica hasta la longitud de trabajo, para luego activarse por un lapso de 10 segundos. Los autores observaron que la colocación del cemento sellador era más efectiva con la técnica ultrasónica que con la técnica manual. También evaluaron los tiempos de activación, obteniendo que con un tiempo mínimo de 10 segundos se obtenía una distribución adecuada del cemento sellador en el conducto radicular.

Kahn et al.⁴⁹ evaluaron la efectividad de distintas técnicas de colocación del cemento sellador, para ello utilizaron distintos dispositivos, tales como. léntulos, conos de papel, agujas Max-i-Probe (MPL Technologies, Illinois, USA), un dispositivo Ultrasónico Cavi Endo (Dentsply International, York, PA, USA), y un dispositivo sónico Micromega 1500 (Medidenta, NY., USA), sobre conductos artificiales hechos en tacos de resina. Obtuvieron como resultado que el léntulo fue el sistema mas efectivo, seguido de la aguja Max-i-Probe, los dispositivos ultrasónicos y sónicos, siendo el método manual el menos efectivo.

Ultrasonido en cirugía endodóntica

El uso del ultrasonido ha adquirido suma importancia en el procedimiento de preparación retrógrada de la cavidad en el extremo radicular. La técnica de preparación ultrasónica permite realizar una adecuada de la cavidad apical y resolver los problemas asociados a las preparaciones realizadas con fresas convencionales ^{19,20}.

La finalidad de la preparación retrógrada de una cavidad en el extremo radicular de la raíz reseca, es el crear espacio suficiente para la colocación de un material de obturación que mejore el sellado del sistema de conductos radiculares y evite la microfiltración apical ³⁷.

El procedimiento de la preparación retrógrada de la cavidad apical consiste en la elaboración de una cavidad clase I según la clasificación de Black, convencionalmente, la preparación retrógrada de la cavidad se realizaba por medio de instrumental rotatorio, utilizando minicontraángulos, pero debido a lo limitado del espacio disponible en el área quirúrgica, lo que dificulta la visión, se tendían a realizar una serie de errores, siendo los mas comunes los siguientes: Preparación retrógrada no ubicada paralela al eje longitudinal del conducto radicular, la cavidad no presentaba una retención y extensión adecuados que permitiera un buen sellado, la preparación no incluía zonas correspondientes al istmo apical, y se producía un desgaste exagerado de la dentina radicular que debilitaba la raíz con riesgo de perforaciones ¹⁹.

El uso del ultrasonido en la cirugía apical surge desde el año 1957, de acuerdo a lo citado por Von Arx y Walker ⁸⁸, cuando Richman indica su uso en el procedimiento de resección del extremo radicular; mientras los primeros reportes de preparaciones de cavidades apicales fueron realizados por Bertrand et al. en el año 1976. Flath y Hicks ³¹, en el año 1987, reportaron dos casos donde las preparaciones retrógradas fueron realizadas por limas ultrasónicas modificadas y precurvadas para obtener acceso a la zona reseca.

En la década de los noventa, comienzan a aparecer en el mercado las primeras puntas ultrasónicas diseñadas específicamente para la preparación retrógrada de la cavidad apical. La mayor ventaja de estos dispositivos está en que han sido diseñados de forma tal que puedan penetrar directamente la zona apical del conducto radicular y que puedan ser posicionados en un eje paralelo al eje longitudinal del conducto radicular ⁸⁸.

Al carecer de partes móviles los dispositivos ultrasónicos pueden ser diseñados en una variedad de formas, que faciliten el acceso directo a cualquier raíz a tratar, de acuerdo a su ubicación, y su capacidad de corte es menor que la del instrumental rotatorio lo que permiten realizar una preparación dentro de los confines del espacio del conducto radicular sin riesgo de perforar la raíz y obteniendo una cavidad más conservadora.^{88,50}

La capacidad de corte de las puntas ultrasónicas va a depender principal mente de la intensidad de la energía acústica transmitida al instrumento por la unidad generadora, existiendo una relación directamente proporcional entre el aumento de la energía y la amplitud de desplazamiento de la punta del instrumento ^{26, 76, 88}.

La capacidad de corte del instrumento, también va a depender del diseño de éste. La angulación y el número de dobleces que presenta el instrumento va a influir en su patrón de vibración. A medida que aumenta el ángulo entre la punta del instrumento con respecto al plano del eje de inserción de éste, disminuye el patrón de oscilación

longitudinal, y aumenta el patrón de oscilación transversal disminuyendo la capacidad de corte, además ocurre una concentración de fuerzas en las esquinas y dobleces de la punta que actúan como antinodos, que pudieran inducir a la fractura del instrumento^{26,76,90}.

Otro factor que afecta la capacidad de corte relacionada con el diseño corresponde al tipo de punta, si es diamantada o no. De acuerdo con Miserendino et al.⁷⁰ las puntas diamantadas tienen una capacidad de corte superior produciendo una superficie más uniforme, con la aplicación de una menor carga sobre el instrumento. Otros factores que afectan la capacidad de corte son la carga aplicada sobre el instrumento, el diámetro y la longitud de la parte activa del instrumento ²⁶.

De acuerdo un estudio realizado por Pin Lin et al.⁷⁵ la preparación ultrasónica de la cavidad apical produce un menor desgaste de la estructura dentaria que aquellas realizadas con instrumental rotatorio convencional, los autores compararon el incremento del diámetro apical producido por la preparación con instrumental rotatorio y ultrasónico, obteniendo que la mayor variación del diámetro del conducto se producía al realizar preparaciones con instrumental rotatorio.

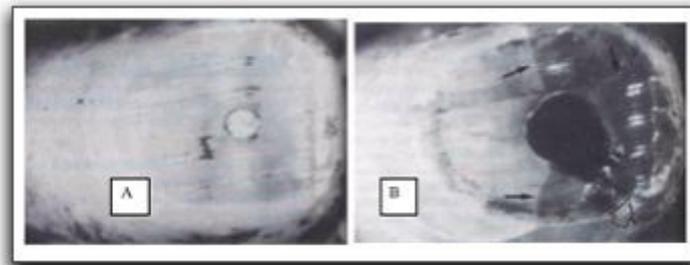
En la cirugía apical convencional se procedía a realizar una resección apical con un bisel de 45° con respecto al eje longitudinal de la raíz, con el único propósito de visualizar e identificar el conducto radicular y poder prepararlo ⁵¹. De acuerdo a Gagliani et al.³³ al aumentar el ángulo del bisel se expone mayor cantidad de superficie radicular descubriendo una mayor cantidad de canaliculos dentinarios, lo cual incrementa las posibilidades de microfiltración a nivel apical. El diseño del instrumental ultrasónico permite utilizar medios auxiliares de visualización tales como espejos, lupas y microscopio, por lo que se puede realizar una resección radicular con un bisel de 90° con respecto al eje longitudinal de la raíz, permitiendo una menor exposición de túbulos dentinarios, y una mayor posibilidad del sellado hermético de éstos al poder realizar una preparación y obturación retrógrados adecuados, a una profundidad de 3mm. del ápice radicular.

Las preparaciones apicales realizadas con la técnica ultrasónica son superiores que las preparaciones realizadas por instrumental rotatorio, de acuerdo a lo propuesto por Melhaff et al.⁶⁸ y Sumi et al.⁸⁷, según estos autores, las preparaciones realizadas con la técnica ultrasónica requerían una apertura de menor diámetro de la cripta ósea, permitían realizar un menor bisel para facilitar la preparación, la cavidad preparada era más profunda, abarcando hasta 3mm. de profundidad y con una orientación paralela al eje axial de la raíz, que facilitaba obtener un mejor sellado la realizar la obturación retrógrada.

El abordaje y la preparación del istmo radicular puede ser llevada a cabo de una manera más precisa, de acuerdo a lo acotado por Engel y Steiman ²⁸, Los autores observaron que con el uso del ultrasonido en la preparación de la cavidad apical se obtenía, una cavidad más conservadora que se encontraba más centrada en el conducto radicular y en el istmo, reduciendo el riesgo de perforación de la raíz. La identificación y preparación del istmo radicular permite aumentar la tasa de éxito de la cirugía endodóntica, y la preparación ultrasónica ha demostrado ser más eficaz para el abordaje del istmo radicular que la preparación rotatoria, además, esta efectividad se potencia al utilizarse en conjunto con el microscopio clínico ⁹⁵.

La preparación de la cavidad apical con el ultrasonido produce una superficie dentinaria libre de capa de desecho y con túbulos dentinarios permeables, que permite un mejor sellado de la cavidad, esto se produce por las propiedades de cavitación y corriente microacústica que se generan durante la preparación de la cavidad, utilizando el dispositivo ultrasónico con irrigación de solución fisiológica ³⁵. Además, de acuerdo estudios in Vitro realizados por Sultan y Pitt Ford ⁸⁶, se produjo una disminución significativa del número de microorganismos presentes en la zona apical de la raíz, al comparársele con el número presente antes de la preparación.

Se ha asociado la preparación ultrasónica de la cavidad apical con la formación de microfracturas. Diversos autores han relacionado la alta intensidad, la generación de calor, la morfología del conducto en la zona apical, y la inadecuada irrigación durante la preparación, como causantes de la formación las microfracturas. La presencia de éstas disminuyen el pronóstico del tratamiento que pueden servir como reservorio de microorganismos, además de permitir la filtración apical ^{32,55,69,76}



(A) No se observan fracturas después de la resección radicular (antes de la preparación apical). (B) Se formaron múltiples fracturas en un patrón ramificado con una fractura radicular externa (flecha abierta). Magnificación original 20X.

Tomado de Rainwater, 2000

Discusión

Luego 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.

Numerosos autores,^{25,64,65,89} 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 ⁴ 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 ³⁴, pero el ultrasonido ha

resultado ser ineficaz para el desalajo de restauraciones cementada con agentes resinosos, así como en el retiro de pernos de titanio ¹², componentes que cada día se utilizan mas 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 Microcorriente acústica, tal como lo reporta Wamsley y Willians ⁹².

Si bien la Microcorriente 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 ⁵⁴ obtuvieron que los dispositivos sónicos generaban una mayor Microcorriente acústica que los ultrasónicos. Wamsley y Willians ⁹² proponen que la restricción del movimiento oscilatorio de la lima causado por el contacto con las paredes del conducto limitaba el efecto de la Microcorriente acústica. Ahmad et al⁴ consideran a la Microcorriente 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 ²⁴, pero que puede producir la formación de microfracturas en la estructura dentinaria debido al calor generado por la fricción del instrumento, y por la instrumentación con una intensidad de energía excesiva ⁶⁹.

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 ⁹².

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 ⁵², además que pueden producir alteraciones en las paredes del conducto como rectificaciones y formación de escalones ⁷² 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 ⁵².

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 ^{16,25,43,65}.

Distintos autores han señalado la superioridad del uso del ultrasonido en la preparación retrógrada de la cavidad apical durante la cirugía endodóntica, pero otros han demostrado la formación de microfracturas en la zona apical posterior al procedimiento de preparación ^{28,32,55,68,69,78,87}.

Conclusiones

- 1.- El ultrasonido es una forma de emisión de energía por medio de ondas elásticas, que tiene la propiedad de propagarse por medios sólidos, líquidos y gaseosos.
- 2.- La aplicación del ultrasonido produce efectos químicos, físicos y biológicos sobre distintos componentes, estos efectos se emplean en la industria, en la biología y en la medicina.
- 3.- La introducción del ultrasonido como recurso a utilizar en la práctica endodóntica ha permitido la simplificación de técnicas y procedimientos, además, ha optimizado otros procedimientos como la limpieza y desinfección de los conductos.
- 4.- Existen controversias sobre la formación de ciertos efectos inducidos por el ultrasonido dentro del conducto radicular, sin embargo su utilización de forma adecuada y con precaución podrá disminuir las probabilidades de producir efectos no deseables durante la terapéutica endodóntica.
- 5.- La instrumentación ultrasónica debe utilizarse sólo en casos que lo requieran. La prudencia y el juicio clínico del operador determinará qué técnica de instrumentación se adapte de una forma mas adecuada para cada caso en particular.
- 6.- La irrigación, limpieza y desinfección ultrasónica ha demostrado, hasta ahora, ser uno de los métodos más efectivos para la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares.
- 7.- El empleo del ultrasonido ha demostrado superioridad en la cirugía endodóntica en el procedimiento de preparación retrógrada de la cavidad apical al compararse con los dispositivos rotatorios, ya que permite un abordaje mas conservador, la realización de una cavidad que permita una obturación retrógrada mas adecuada que mejora el pronóstico del tratamiento.

Bibliografía

- 1.- Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 1991; 24: 308-16.
- 2.- Abou-Rass M, Frank A, Glick D. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal *J Am Dent Assoc.* 1980 Nov; 101:792-794.

- 3.- Aguirre A, El Deeb M, Aguirre M. The effect of ultrasonics on sealer distribution and sealing of root canals. *J Endod.* 1997 Dec; 23(12): 759-64.
- 4.- 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.
- 5.- Ahmad M, Pitt Ford T, Crum L, Wilson R. Effectiveness of ultrasonic files in the disruption of root canal bacteria. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990 Sept; 70(3): 328-32.
- 6.- Ahmad M, Roy R. Some observations on the breakage of ultrasonic files driven piezoelectrically. *Endod Dent Traumatol.* 1994; 10: 71-76.
- 7.- Alonso, M., Finn, E., Física, vol. II, 2°Ed. México, Fondo educativo Interamericano, 1976.
- 8.- 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.
- 9.- American Association of endodontist. Glossary, 6° Ed. Chicago, 1998.
- 10.- Baumgartner J, Cuenin P. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992 Dec; 18(12): 605-12.
- 11.- Banerjee A, Watson T, Kidd A. Dentine caries excavation : a review of current clinical techniques, *Br Dent J*, 2000 May, 188(9): 476-482
- 12.- 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.
- 13.- Blitz J. Fundamento de los ultrasonidos. 1°Ed. Madrid, Ed. Alambra, 1969.
- 14.- Briggs P, Gulabivala K, Stock C, Setchell J. The dentine removing characteristics of an ultrasonically energized K-file. *Int Endod J.* 1989; 22: 259-68.
- 15.- 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.
- 16.- Cameron J. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod.* 1982 Oct; 8(10): 472-74.

- 17.- Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987 Nov; 13(11): 541-545
- 18.- Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7° Ed, Madrid, Harcourt, 1999, cap. 23, pps. 774-5.
- 19.- Carr G. preparación ultrasónica del extremo radicular. *Dent Clin North Am.* 1997, 3: 611-24
- 20.- Carr G, Bentkover S. Cirugía endodóntica. En Cohen s, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7°Ed. Madrid, Harcourt, 1999, cap. 17, pps. 598-608.
- 21.- 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.
- 22.- Chenail B, Tepliski P. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstruccions *J Endod.* 1987 April; 13(4): 186-90.
- 23.- Ciucchi B, Kethabbi M, Holtz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of smear layer: a scanning electron microscope study. *Int Endod J.* 1999; 22: 21-28.
- 24.- 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.
- 25.- 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.
- 26.- Devall R, Lumley P, Waplinton M, Blunt L. Cutting characteristics of a sonic root-end preparation instrument. *Endod Dent Traumatol.* 1996, 12: 96-99.
- 27.- Enciclopedia hispánica. 1°Ed. 5° rev. . Barcelona, EncyclpÆdia Britannica Publishers, Inc., 1995. Vol. 1, Pag. 53-55.
- 28.- Engel T, Steiman R. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation,. *J Endod.* 1995September, 21(9): 443-5.
- 29.- Fairbourn D, McWalter M, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987 march; 13(3): 102-8.

- 30.- Flanders D. New techniques for removing separated root canal instruments. NY State Dent J. 1996 May: 30-32.
- 31.- Flath R, Hicks M. Retrograde instrumentation and obturation with new devices. J Endod, 1987, 13(11): 546-9
- 32.- Frank R, Antrim D, Bakland L. Effect of retrograde cavity preparations on root apexes. Endod Dent Traumatol. 1996; 12: 100-103.
- 33.- Gagliani M, Tascheri S, Molinari R. Ultrasonic root end preparation: influence of cutting angle on the apical seal. J Endod. 1998 November, 24(11): 726-29.
- 34.- 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.
- 35.- Gorman M, Steiman H, Gartner A. Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparation. J Endod. 1995 March, 21(3): 113-17.
- 36.- 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.
- 37.- Gutmann J, Harrison J. Surgical endodontics, St. Louis, Ishiyaku EuroAmerica Inc. 1994, pps. 216-7.
- 38.- 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.
- 39.- 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.
- 40.- Heard F, Walton R. Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. Int Endod J. 1997; 30: 323-31.
- 41.- Hueter T, Bolt F, Richard H. Sonics, London, Ed. John Wiley & sons Inc. 1955
- 42.- Hülsmann M. Removal of fractured instruments using a combined automated/ultrasonic technique. J Endod. 1998 March; 20(3): 144-46.
- 43.- 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.

- 44.- Ingle J, Bakland L, Peters 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.
- 45.- Jahde E, Himel V, Weir J. A comparison of short- term periapical responses to hand and ultrasonic file overextension during root canal instrumentation in the Macaca fascicularis monkey. J Endod. 1987 Aug; 13(8): 388-91.
- 46.- Jensen S, Walker T, Hutter J, Nicoll B. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. J Endod. 1999 Nov; 25(11): 735-738.
- 47.- 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.
- 48.- Johnson W, Wilson J. The application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol. 1957; 28:264-71.
- 49.- Kahn F, Rosenberg P, Schertzer L, Korthals G, Nguyen P. An in Vitro evaluation of sealer placement methods. Int Endod J. 1997; 30: 181-86.
- 50.- Kellert M, Solomon C, Chalfin H. A modern approach to surgical endodontics : Ultrasonic apical preparation. NY State dent J. 1994 July: 25-28.
- 51.- Kim S. Principios de microcirugía endodóntica, Dent Clin North Am. 1997, 3: 547-63.
- 52.- 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.
- 53.- Lasala A. Endodoncia, 4° Ed. Barcelona, Masson Salvat, 1992, Cap. 20, pp. 461.
- 54.- Laukhuf G, Mickel A, Chogle S. Sonic versus ultrasonics in effectiveness of bacterial reduction and release. J Endod. 2000 Sept; 26(9): 547.
- 55.- 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.
- 56.- Lev R, Reader A, Beck M, Meyers W. An in Vitro comparison of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique for 1 and 3 minutes. J Endod. 1987 Nov; 13(11): 523-30.
- 57.- Lovdahl P, Gutmann J. Problems in locating and negotiating fine and calcified canals. En: Gutmann J, Dumcha T, Lovdahl P, Hovland E. Problem solving in

endodontics. 3° Ed., St. Louis, Motsby, 1997, cap. 4, pp.84.

- 58.- 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.
- 59.- Lumley P. Cutting ability of Heliosonic, Rispisonic and Shaper files. J Endod. 1997 April; 23 (4): 221-223.
- 60.- Lumley P, Harrington E, Walmsley A, Marquis P. Taper and stiffness of sonic endodontic files. Endod Dent Traumatol. 1996; 12: 71-82.
- 61.- Lumley P, Walmsley A. Inherent variability in the power output of endosonic instruments. Int Endod J. 1991; 24: 298-302.
- 62.- Lumley P, Walmsley A, Laird W. Streaming patterns produced around endosonic files. Int Endod J., 1991; 24: 290-97.
- 63.- 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.
- 64.- Martin H. Ultrasonic disinfections of the root canal. Oral Surg. 1976 Jul; 42(1): 92-99.
- 65.- Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984; 34(3): 198-203.
- 66.- Martin H, Cunningham W, Norris J. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980 Dec; 50(6): 566-568.
- 67.- McComb D, Smith D. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. J Endod. 1975 Jul; 1(7): 238-242.
- 68.- Mehlhaff D, Marshall G, Baumgartner C. Comparison of ultrasonic and high speed bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. J Endod, 1997 July, 23(7): 448-52
- 69.- 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.
- 70.- Miserendino L, Miserendino C, Moser J, Heuer M, Osetek. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part III. Comparison of sonic and ultrasonic instrument Systems. J Endod. 1988 January, 14(1): 24-30

- 71.- Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1982; 15: 187-96.
- 72.- 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.
- 73.- Nehme W. Eliminations of intracanal obstruccions by abrasion using an operational microscope and ultrasonic. *J Endod.* 2001 May; 27(5): 365-67.
- 74.- Oman C, Applebaum E. Ultrasonic cavity preparation, II Progress report. *J Am Dent Assoc.* 1955 April; 50 414-17.
- 75.- Pin Lin C, Guang Chou H, Chuan Kuo J, Hong Lan W. The quality of ultrasonic root end preparation : A Quantitative study. *J Endod.* 1998 October, 24(10): 666-70.
- 76.- Rainwater A, Jeansonne B, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation. *J Endod.* 2000 Feb; 26(2): 72-5.
- 77.- Real academia española. Diccionario de la lengua española, 21ª Ed. Madrid, Espasa Calpe, 1991.
- 78.- Ruddle C. Cleaning and Shaping the root canal system. En: Cohen S., Burns, R., Editor's, *Pathways of the pulp.* 8ª Ed. St Louis, Harcourt Brace, 2001, Cap 8.
- 79.- 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.
- 80.- Siqueira J, Araújo M, Garcia P, Fraga R, Sabóia C. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod.* 1997 Aug; 23(8): 499-502.
- 81.- Sjögren U, Sunquist G. Bacterial evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987, March; 63(3): 366-370.
- 82.- Smith B. Removal of fractured post using ultrasonic vibration: An in Vivo study. *J Endod.* 2001 Oct; 27(10): 632-4.
- 83.- Spångberg L. Instrumentos, materiales y aparataje. En: Cohen S., Burns, R., editores, *Vías de la pulpa,* 7ª Ed. 1999, Harcourt, Madrid, Cap. 13.

- 84.- 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.
- 85.- Stamos D. F, Stamos D. G, Perkins S. Retreatodontics and ultrasonics. J Endod. 1988 Jan; 14(1): 39-42.
- 86.- Sultan M, Pitt Ford T. Ultrasonic preparation and obturation of root end cavities. Int Endod J. 1995, 28 : 231-38
- 87.- Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results. J Oral Maxillofac Surg, 1996, 54: 590-93.
- 88.- von Arx T, Walker W. Microsurgical instruments for root end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. Endod dent Traumatol, 2000, 16:47-62
- 89.- Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987; 20:105-111.
- 90.- Walmsley A, Lumley P, Johnson W, Walton R. Breakage of ultrasonic root-end preparations tips. J Endod. 1996 June, 22(6): 287-289.
- 91.- Walmsley A, Lumley P, Laird W. The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. Int Endod J. 1989; 25: 125-32.
- 92.- Wamsley A, Willians A. Effect of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. J Endod. 1989 May; 15(5): 189-94.
- 93.- 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.
- 94.- Waplinton M, Lumley P, Walmsley A, Blunt L. Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument. Endod Dent Traumatol. 1995; 11: 177-80.
- 95.- Yi Hsu Y, Kim S. La superficie radicular resecada, el problema de los istmos canaliculares, Dent Clin North Am. 1997, 3: 597-625.
- 96.- 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.
- 97.- Zinner D. Recent ultrasonic dental studies, including periodontopatia, without the use of abrasive. J Dent Res. 1955 Oct; 34(5): 748-49

