



Universidad de Valparaíso
Facultad de Odontología
Escuela de Graduados
Cátedra de Endodoncia



UTILIZACIÓN DEL ULTRASONIDO EN ENDODONCIA.

Monografía conducente al grado de Especialista en Endodoncia.

Autor: Dr. Enrique Caballero Almanza.

Profesor Guía: Prof. Dr. Gastón Zamora Álvarez.

Año 2010

**“Para mí familia, ya que sin su
Apoyo nada de esto hubiera
sido posible”.**

**“A mi Profesor y Guía;
Gracias de Corazón”.**

INDICE:

• Introducción.....	1
• Fundamentos.....	2
• Indicaciones de uso.....	9
• Instrumental.....	10
• Evaluación bibliográfica.....	26
• Conclusiones.....	52
• Bibliografía.....	54

ULTRASONIDO EN ENDODONCIA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

INTRODUCCIÓN

Fue en 1883 cuando Galton crea el primer resonador de alta frecuencia para medir la capacidad auditiva del ser humano, dando como resultado el estudio y la aplicación del ultrasonido en distintas áreas del quehacer humano, siendo la medicina una de las más beneficiadas.

Las ondas ultrasónicas se utilizan en medicina desde hace aproximadamente sesenta años, Fukada & Yassuda en 1957 lo utilizaron con fines terapéuticos renales, mediante un disparador de alta frecuencia de ondas acústicas el cual al chocar contra las formaciones calcáreas, las pulverizaba, para posteriormente ser eliminadas por el organismo en forma natural.

En medicina, sin embargo, su aplicación es más amplia ya que puede ser utilizada con fines diagnósticos, como en exámenes de ultrasonografía o ecogramas los cuales utilizan un transductor que convierte la energía eléctrica en ondas acústicas las cuales al pasar por tejidos que poseen distintas densidades vuelven en forma de eco, que al ser decodificada por un computador, generan una imagen exacta de una estructura.⁷¹

Durante el examen ecográfico, las ondas de ultrasonido oscilan a una misma frecuencia y así se dirigen hasta el órgano a examinar direccionado por medio de un transductor ultrasónico: las ondas son entonces reflejadas de vuelta (ecos) desde las interfaces de los tejidos u órganos de acuerdo a sus propiedades mecánicas y acústicas. Un computador entonces transforma estos ecos en imágenes. Cuando la energía de color doppler es aplicada en la examinación ecográfica, la presencia, dirección e intensidad del fluido sanguíneo puede también ser representado en esta área.³²

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 la Periodoncia y Endodoncia.

En Odontología su amplia gama de aplicabilidades continúa en aumento, esta abarca desde preparaciones cavitarias conservadoras, en Odontopediatría por su aplicación casi indolora y silenciosa, como acelerador de movilizaciones Ortodónticas y en Endodoncia en la fase de preparación biomecánica de los conductos radiculares, lo cual es aun punto de controversia.⁷¹

En 1955, Zinder, reportó el uso de una unidad ultrasónica para remover depósitos de tártaro desde la superficie dentaria, esto fue luego mejorado por Jhonson y Wilson, y el Scaler

ultrasónico llegó a ser el instrumento para la eliminación de la placa y tártaro dentario mas utilizado.

Richman, en 1957, fue el primero que utilizó el ultrasonido en Endodoncia, con el Cavitron, al cual se le adapto limas endodónticas en la punta PR30.

Richman, citado por Cameron, realizo una investigación sobre una muestra de 40 dientes, donde describió una técnica usando un Cavitron dental para la preparación de cavidades de acceso, instrumentación, y obturación de conductos radiculares.²⁵

Martin y Cunningham, en el año 1976, desarrollaron un dispositivo ultrasónico el cual comercializaron con el nombre de Caviendo (Caulk/Dentsplay, EUA), el cual consistía en un dispositivo magnetoestrictivo, que generaba una potencia de 25-30 Khz. y que incluía un receptáculo integrado para 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 en forma sinérgica. ⁷⁸

Este trabajo tiene como objetivo central el ayudar a comprender los fenómenos físicos, químicos y biológicos que actúan al utilizar unidades ultrasónicas en la práctica endodóntica, así como el actualizar las distintas aplicaciones que hoy en día se utilizan, validadas por una sólida investigación científica y tecnológica aportada por la actual literatura.

FUNDAMENTOS DEL ULTRASONIDO

El sonido son ondas elásticas que se propagan a través de un medio (sólido, líquido o gaseoso), las cuales al propagarse por el aire y ser recibidas por el oído, producen la sensación auditiva.³⁹

Se define ultrasonido como un sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales y se emplea en medicina.³⁹

Ultrasonido es el nombre dado a las ondas acústicas que tienen frecuencia mayor que las ondas perceptibles por el oído humano. El menor limite de frecuencia de ondas ultrasónicas es de aproximadamente 16 Kc. /seg. a 20 KHz.^{71,99}

La unidad que mide la frecuencia de las ondas se denomina Hercio (Hz), y se define como la frecuencia de un movimiento vibratorio en el cual se ejecuta una vibración cada segundo. ³⁹

El dispositivo de ultrasonido 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.

El rango de frecuencias empleadas en las primeras unidades ultrasónicas oscilaba entre 25 y 40 KHz. Luego fueron desarrolladas las unidades de más baja frecuencia (1 a 8 Khz.) ya que estas últimas causaban menos estrés dentario produciendo con esto menos alteraciones a las superficies de los dientes.⁹⁹

En endodoncia se emplea el ultrasonido al convertir esa elevada franja de frecuencia en una forma de acción mecánica, vibratoria, que actúa directamente sobre la punta de un instrumento o inserto en el área de aplicación.⁷¹

Existen dos métodos básicos para producir ultrasonido:

El primero de ellos es la **Magnetostricción** (convencional), la cual convierte energía electromagnética en energía mecánica. ^{71,99}

El generador ultrasónico utiliza una placa de metal, de níquel preferentemente, que actúa como transductor vibrador.

Esta placa metálica al estar bajo la acción de un campo magnético alterado y estable, emite vibraciones mecánicas que se transmiten a las limas por medio de la punta endodóntica encajada a la pieza de mano donde está el generador ultrasónico. ⁷¹

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.

Los aparatos que usan este método transforman la corriente eléctrica alterna doméstica, de 50/60 Hertz en una corriente de 25 ciclos que el transductor de níquel convierte en vibraciones mecánicas de hasta 25.000 ciclos por segundo.⁷¹

La gran desventaja de este método de generación ultrasónica es la producción de gran cantidad de calor, razón por la cual es necesario un sistema de refrigeración por agua.

El segundo método está basado en el principio **Piezoeléctrico**, en el cual se utilizan los cambios dimensionales experimentados por un cristal cuando es aplicada sobre él una carga eléctrica. La deformación de este cristal es convertida en oscilación mecánica sin producción de calor. ⁹⁹

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 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. Su principal ventaja es el amplio intervalo de frecuencia siendo su límite superior más de 10.000 megahercios.

El mayor o menor número de vibraciones depende de los siguientes factores:

- Frecuencia eléctrica usada.
- Calidad del cristal usado.
- Espesor del cristal.
- Tipo de cristal.

Aunque con funcionamiento similar, el diseño piezoeléctrico tiene ventajas en comparación con los sistemas magnetostrictivos. Por ejemplo, los dispositivos piezoeléctricos generan poco calor, además, el transductor piezoeléctrico trasfiere más energía a la lima que el sistema magnetostrictivo, por lo que es mas potente, 40 versus 24 KHz. 26,99

Las puntas de las unidades piezoeléctricas trabajan con un movimiento lineal, hacia abajo y arriba, en un movimiento como el descrito por un pistón. Lo cual en el caso de la endodoncia es el movimiento ideal. 99

Con un dispositivo ultrasónico, la lima vibra de una forma ondulada sinusal. A lo largo de la ondulación existen áreas con desplazamiento máximo (es decir antinodos) y zonas sin desplazamiento (es decir, nodos). La punta del instrumento tiene un antinodo. Si se aplica demasiada potencia, el instrumento se romperá a causa de una vibración intensa. Es por esta razón que las limas se tienen que utilizar a una potencia adecuada y por un tiempo corto. 26,99

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 de 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. Este patrón de oscilación va a depender de la frecuencia, del diseño y tipo de instrumento.

FENÓMENOS ASOCIADOS A LA ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA

Los dispositivos ultrasónicos producen en un fluido, dos fenómenos físicos significativos: la **Cavitación**, y la generación de un flujo unidireccional o flujo acústico o **Microcorriente acústica**. 8, 26,99

Durante la oscilación en un fluido, una presión positiva es seguida de una presión negativa en el fluido. Si durante esta oscilación de gradientes de presión se supera la resistencia a la tensión del fluido, se forma una cavidad a lo largo de la fase negativa. En la siguiente fase de presión positiva, la cavidad implosiona con gran fuerza. Este fenómeno se conoce con el nombre de cavitación.²⁶

Por otro lado, la microcorriente acústica crea un movimiento pequeño, circular e intenso de fluido alrededor de los instrumentos. Los remolinos ocurren más cerca de la punta que en el extremo coronal de la lima, con un flujo de dirección apical en la punta. El flujo acústico aumenta el efecto de limpieza del irrigante en el espacio pulpar a través de fuerzas de arrastre hidrodinámicas.⁷

- I. **Cavitación:** cuando un líquido experimenta una variación local de presión a causa de la activación ultrasónica, su tensión superficial puede romperse y como resultado se forman miles de cavidades transitorias en su superficie. La ruptura de las paredes de estas micro burbujas pueden llegar a velocidades supersónicas, determinando así fuertes ondas de impacto. La acción solvente resulta de ese impacto de ondas. Martin, citado por Ahmad, sugirió que las burbujas submicroscópicas producidas durante la activación ultrasónica se debían a la alternancia de presiones dadas como consecuencia de la vibración de la lima endodóntica. La subsiguiente implosión de estas micro burbujas podían producir ondas de choque radiales, las cuales a su vez resultaban en una efectiva acción de limpieza.^{8,26,99}

Al sumergir en un fluido un objeto vibrante, las oscilaciones son transmitidas a este, lo que produce que haya un incremento local (compresión) y una reducción (rarefacción) en la presión del fluido. Durante la fase de rarefacción, a una cierta amplitud de presión, el líquido puede colapsar debido a la tensión acústica, y formar burbujas de cavitación. Durante la próxima fase de compresión, estas burbujas colapsan por implosión, produciendo altas temperaturas y presiones dentro de los gases contenidos en las burbujas, lo que resulta en la generación de radicales libres y la generación de ondas de choque asociadas al colapso de las burbujas.⁸

En sencillas palabras podemos definir la cavitación ultrasónica como aquel fenómeno mediante el cual en un medio líquido, las señales de alta frecuencia producidas por un oscilador electrónico y enviadas a un transductor (lima endodóntica). Es capaz de generar ondas de compresión y depresión a una altísima velocidad. Esta velocidad depende de la frecuencia de trabajo del generador de ultrasonido. Generalmente estos trabajan en una frecuencia comprendida entre 24 y 40 KHz. Las ondas de compresión y depresión en el líquido originan el fenómeno de "cavitación ultrasónica".

El esquema siguiente muestra las distintas fases que se suceden durante el proceso de cavitación ultrasónica en un líquido:

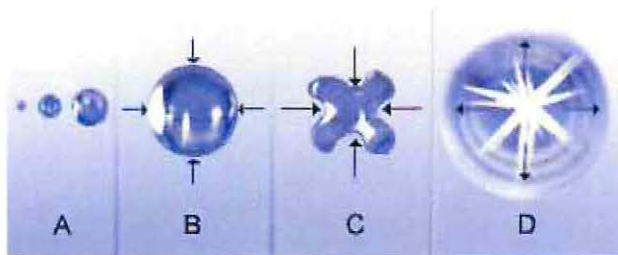


Fig 1: formación de cavidades y fenómeno de implosión.

Durante la fase de depresión (Fig. 1 fase A) se crean en el seno del líquido una infinidad de burbujas de gas que se agrandan mientras dura la fase de depresión acústica (presión negativa). Esta formación de burbujas microscópicas de gas es el inicio de la cavitación (o sea, la formación de cavidades gaseosas en el interior del líquido).

Durante la segunda fase de compresión ultrasónica (Fig. 1 fase B), la enorme presión ejercida sobre las burbujas recién expandidas, comprime a las mismas aumentando enormemente la temperatura del gas en ellas contenido (Fig. 1 fase C) hasta que las burbujas colapsan en si mismas implotando con la consiguiente expulsión de una enorme cantidad de energía (Fig. 1 fase D). La energía provocada por la implosión de las burbujas de gas, golpean la superficie de las paredes del conducto interactuando tanto física como químicamente. Físicamente tendremos un fenómeno de "micro barrido" a una altísima frecuencia (cerca de 40.000 veces por segundo con un transductor que funciona a 40 KHz) y químicamente con el efecto detergente de la sustancia química presente como líquido limpiador.

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 direcciones y 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 su desalojo.

Ahmad, Pittford y Crum, 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. 7

Sin embargo, otros estudios han demostrado que en condiciones clínicas la potencia de las unidades ultrasónicas odontológicas es demasiado baja para crear efectos de cavitación significativos en las paredes dentinarias del conducto radicular. 8, 26,99

Esto se explica ya que 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 cavitación. Ahmad y Roy realizaron observaciones de las fracturas de instrumentos endodónticos activados por ultrasonido, observando que en su superficie presentaban excavaciones, las cuales asumieron, como producto de las implosiones de las microburbujas sobre la superficie del instrumento.7, 8, 9,123

- II. **Microcorriente acústica:** se define como un rápido movimiento de partículas de un fluido desde el vértice alrededor del objeto vibrante. Esta microcorriente es comúnmente asociada con la vibración producida por la lima endodóntica, pero, también se puede producir por la oscilación producida por las diferencias de presión creadas al chocar las pequeñas burbujas generadas por la lima durante el proceso de cavitación. 7

Es decir, es la producción de una circulación de fluidos alrededor de un objeto sometido a vibraciones (limas endosónicas). La microcorriente acústica se considera como un efecto secundario de un campo acústico, y ofrece una característica estándar de torbellino externo e interno del flujo del agua que corre a lo largo de toda la extensión del objeto que vibra, en el caso endodóntico, la lima en el interior del conducto radicular.

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 micro corrientes, muchos de los efectos benéficos del ultrasonido.

La microcorriente acústica es la creación de patrones de movimiento o de flujo circular intenso y continuo alrededor de las limas endodónticas, suceso que se conoce como remolinos (Fig. fotografía y esquema). Cuando las limas se activan con ultrasonido de una manera pasiva, la corriente acústica realza el efecto de limpieza de la solución irrigante en el espacio del conducto radicular a través del choque hidrodinámico. La activación pasiva implica el no realizar ninguna tentativa de cepillado, o entrar en contacto con las paredes del conducto con la lima. 89

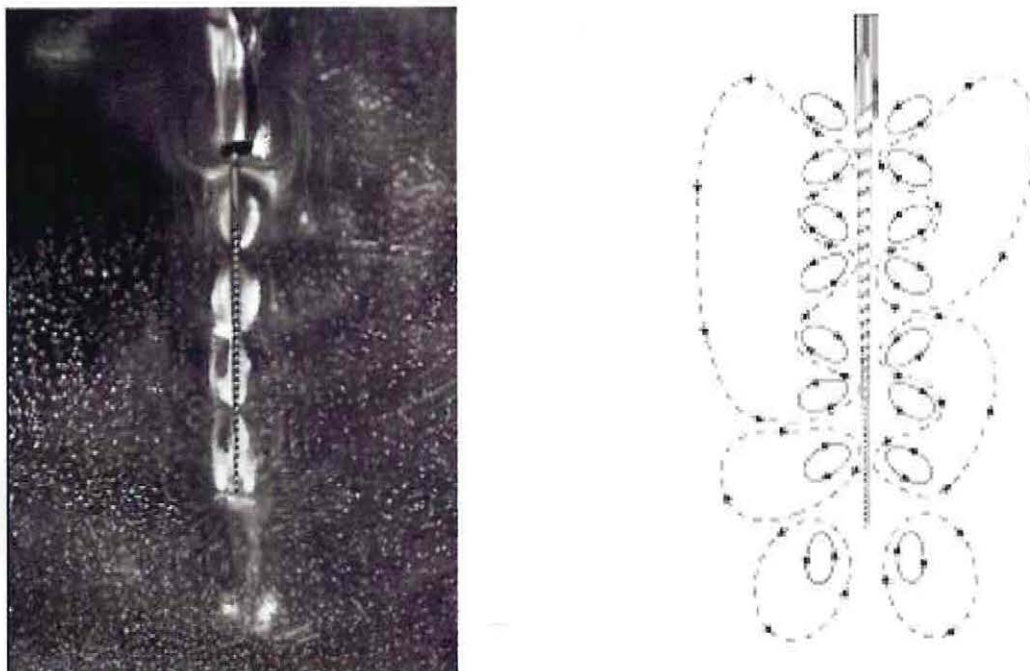


Fig 2: fotografía que muestra el efecto de la microcorriente electroacústica que provoca una lima en un líquido. Al lado un esquema del fenómeno.

Para maximizar el efecto de la microcorriente acústica se tienen que utilizar limas de pequeño diámetro en el interior del conducto, según lo demostró Ahmad y colaboradores. 7,99

Ahmad y colaboradores, realizaron observaciones de la microcorriente acústica producida por una lima activada por ultrasonido. Ellos 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. 7

Un estudio demostró que las microcorrientes acústicas generadas por dispositivos sónicos tenían mas velocidad y mayores fuerzas vibratorias hidrodinámicas que las generadas por dispositivos ultrasónicos, los autores correlacionaron esto con el patrón de vibración característico de los sistemas sónicos, los cuales permiten una mayor amplitud de movimiento en la punta del instrumento, debido al patrón de oscilación de la lima. 67

INDICACIONES DE USO.

Fue en el año 1976 cuando Martin describió el mecanismo de desinfección del conducto radicular por medio de la aplicación de un instrumento activado por ultrasonido, y este fue solo el comienzo de una serie de aplicaciones y adaptaciones de procedimientos que involucran a la terapia endodóntica y la utilización del ultrasonido. Estos van desde el retiro de restauraciones definitivas para así lograr acceder al sistema de conductos, o la limpieza de estos para su posterior obturación. También podemos retirar obstrucciones calcáreas así como de otro tipo. Es sin duda un instrumento que nos da un amplio abanico de posibilidades para su utilización según el principio de su mecánica funcional, presentamos aquí una lista de frecuentes aplicaciones del ultrasonido en endodoncia:

- 1) Retiro de restauraciones definitivas.
- 2) Despejar el acceso, encontrar conductos calcificados, y remover las calcificaciones pulpaes.
- 3) Remoción de obstrucciones intraconductos (instrumentos fracturados, postes radiculares, conos de plata, y postes metálicos fracturados).
- 4) Incrementar la acción de las soluciones irrigantes.
- 5) Irrigación ultrasónica pasiva.
- 6) Condensación ultrasónica de la gutapercha.
- 7) Colocación de MTA.
- 8) Cirugía endodóntica: preparación de la cavidad a retro y colocación del material de obturación.
- 9) Instrumentación del conducto radicular.

Cada una de estas aplicaciones se ha logrado gracias al desarrollo de distintas puntas ultrasónicas y a la utilización de técnicas descritas en la bibliografía las que nos otorgan verdaderos protocolos de acción clínica, sin embargo es sin duda el criterio clínico lo que nos hará aprovechar al máximo este invaluable recurso y así lograr la excelencia clínica en nuestros tratamientos.

Una descripción detallada de las alternativas en cuanto a instrumental disponible en el mercado local es la que se realiza a continuación para luego avalar con investigación científica las distintas aplicaciones del ultrasonido en endodoncia.

Unidades de Ultrasonido.

Quizás una de las unidades de ultrasonido mas reconocida en nuestro medio, y con justicia, es el **Suprasson P5 Booster** de la casa Italiana Satelec. Es un generador piezo-eléctrico de ultrasonidos con selector de potencia que va desde los 27 a 32 KHz. Mando de control regulable desde 0,5% para periodoncia delicada, hasta máxima potencia Booster para cirugía apical. Cuatro escalas y catorce niveles de potencia. Se pueden utilizar todos los insertos de la gama Satelec en diversos tratamientos de profilaxis, endodoncia, periodoncia, operatoria, etc.



Fig 3: Suprasson P5
Booster casa dental Satelec

Una de las últimas unidades piezo-eléctrico de la casa dental Satelec es el **Suprasson P5 Newtron XS** el cual a todas las bondades expuestas anteriormente se le agrega una mayor potencia la que va desde 28 a 36 KHz, un recipiente para irrigación de soluciones estériles como hipoclorito o clorhexidina de 300ml. un código de colores para seleccionar la intensidad de poder requerido para cada punta, ya sean estas para periodoncia (bajo poder y amplitud, tratamientos delicados) color verde; endodoncia, (poder medio y amplitud media, lo cual da precisión de tratamiento) color amarillo; Scaler de color azul y por último color naranja lo que da un máximo poder y amplitud, indicado para desalojo de coronas y puentes.



Fig 4: Suprasson P5
Newtron XS
casa dental Satelec

Un aparato de origen suizo y reconocido en el mercado nacional es el **Piezon Master 400**, de la casa dental Tanaka. Este aparato tiene una frecuencia máxima de 32 KHz, sistema de irrigación independiente con bomba peristáltica y reservorio de 250 ml el cual se puede accionar o desconectar dependiendo de la función deseada. También viene en una versión

compacta, quizás la mas difundida, el **MiniPiezon**, este viene sin bomba peristáltica y sin reservorio, y por lo tanto requiere una adaptación al sistema de presión del equipo. Tanto la versión **Piezon Master 400** como el **MiniPiezon** traen una caja autoclavable, para cuatro insertos de periodoncia (A, B, P y PS), embutidos, cada uno en una llave para fijarlo o removerlo del transductor, sin que haya contacto del inserto con el operador.

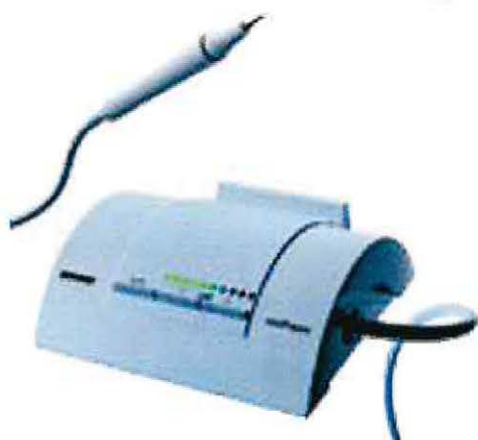


Fig 5: MiniPiezon
Casa dental EMS. Suiza



Fig 6: Piezon Master 400
Casa dental EMS. Suiza

El último aparato de la casa dental Tanaka en llegar a nuestro mercado es el **Piezon Master 600**, el cual cuenta con un microprocesador que le permita elegir entre distintos niveles de potencia (Endo-perio-restorative), y el cual se puede programar. El pedal incorpora cuatro posiciones diferentes (irrigación + ultrasonidos, solo irrigación, solo ultrasonidos y Booster). El nuevo **Piezon Master 600** puede conectarse a la red de agua general o funcionar con dos botellas de gran capacidad que lleva incorporadas y que podemos rellenar con distintos líquidos irrigantes para utilizar así el que más convenga.



Fig 7: Piezon Master 600
Casa dental EMS. Suiza.

La casa Morita provee al mercado local de la unidad ultrasónica **AZ Ultrasonic**, de gran adaptación tecnológica y ergonómica. Otorga la energía necesaria para su utilización en procedimientos tan variables como endodoncia, periodoncia y scaler. Con la innovación del aumento o disminución de la energía necesaria automáticamente compensando el esfuerzo aplicado. Dando a cualquier nivel de operación una amplitud continua y una vibración constante. El diseño ergonómico, ligero, permite que la pieza de mano sea fácil de maniobrar en boca haciendo aun más precisos nuestros tratamientos. La unidad cuenta con controles para el poder y el flujo de agua.



Fig 8: AZ Ultrasonic.
Casa dental J. Morita

Otro aparato piezo-eléctrico, de tecnología Brasileña es el **Jet Sonic Four Plus** de la casa Gnatus. Un aparato con frecuencia de 29 KHz derivado del Francés **Suprasson Prophy Max lux**. Este tiene tecla con tres funciones y sus respectivos niveles de potencias: periodoncia (Perio) de 0 a 1W, Endodoncia (Endo) de 0,5 a 2,5W y remoción de pernos y coronas (Scaling) de 1,5 a 10W. Además de las teclas de función el potenciómetro tiene escala de 0 a 10 para su ajuste. Su sistema de irrigación electroneumático es quizás su principal desventaja ya que necesita presión para ser activado lo que limita el uso de irrigantes especiales teniendo que sufrir adaptaciones para su utilización.



Fig 9: Jet Sonic Four plus
Casa dental Gnatus. Brasil

Un estudio in Vitro realizado por Ernesto Paz y colaboradores en 2005 tubo como objetivo el seleccionar una prueba o protocolo y utilizarlo para evaluar y comparar la eficiencia de corte de unidades ultrasónicas. Para esto los autores seleccionaron dos unidades ultrasónicas, el P5 Booster de Satelec y el Spartan de Obtura, utilizando dos puntas ultrasónicas distintas.

Los autores comprobaron que la unidad de ultrasonido P5 Booster de Satelec resulto ser más eficiente en su poder de corte con ambas puntas y ambos poderes seleccionados, el medio y el máximo. (Ernesto paz)

Philip Tomson y colaboradores, realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar las variaciones en el poder de salida dado por 4 unidades ultrasónicas de igual marca y modelo (Piezon Master 400) con la utilización de 4 piezas de mano del mismo modelo (analytic handpieces- analytic Technologies) en sus combinaciones.119

La metodología de medición fue realizada mediante un scanner vibrométrico láser el cual medía la amplitud de desplazamiento de una punta de cirugía endodóntica, la KIS2D (obtura). Se realizaron 10 repeticiones para cada unidad y cada punta en sus posibles combinaciones a un poder de salida medio 6.

Los resultados entregados, mostraron que existía una correlación lineal entre el aumento de la amplitud de desplazamiento de la punta endodóntica con el aumento de potencia de la unidad ultrasónica, siendo esto estadísticamente significativo. Otro dato no menor fueron las diferencias en la amplitud de desplazamiento de las puntas endodónticas a igual

potencia pero con distintas unidades ultrasónicas al compararlas entre sí, no así las piezas de mano las cuales se comportaban mas uniformemente. Dato no menor en lo que respecta al comportamiento de las unidades en la clínica cotidiana, razón por la cual los autores recomiendan comenzar siempre los procedimientos con el nivel de potencia más bajo. 119

Puntas de Ultrasonido.

Una gran variedad de puntas endodónticas vamos a encontrar a nuestra disposición en el mercado local, algunas de ellas compatibles solo con unidades ultrasónicas afines mientras otras son mas universales. Es así como detallaremos las distintas puntas endodónticas, sus usos y aplicaciones que el fabricante recomienda, así como la unidad ultrasónica compatible.

ProUltra de la casa Dentsply-Maillefer, instrumentos ultrasónicos para endodoncia y cirugía periapical son compatibles para unidades Satelec y EMS (solo cambia el hilo de fijación). Entre sus ventajas resalta su forma angulada lo que permite acceder mejor a todos los dientes, además poseen un revestimiento abrasivo lo que aumenta su eficacia y precisión, están diseñadas para trabajar en seco otorgando una mejor visibilidad y seguridad.

Están divididas en dos grandes grupos: el set endodóntico el cual cuenta con 8 puntas 5 de acero inoxidable y 3 de Níquel-Titanio. Y un set para cirugía periapical el cual cuenta con 6 puntas de acero inoxidable que se utilizan con irrigación (Fig. 10.)

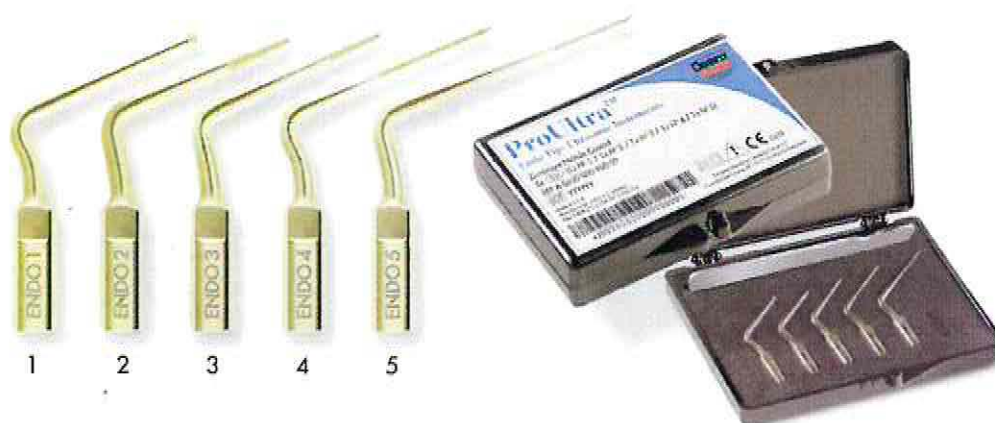




Fig 10: set de puntas para ultrasonido ProUltra Endo

Aplicaciones de las puntas de endodoncia ProUltra Endo:

- ◆ Las puntas N° 1-2 están indicadas para desmontar restauraciones.
- ◆ Las puntas N° 2-3 están diseñadas para el retiro de calcificaciones pulpares.
- ◆ Además las puntas N° 2-3 pueden ayudar en la localización de conductos calcificados, aberrantes o previamente ignorados.
- ◆ También se pueden utilizar en el ensanchamiento de aletas o istmos en los conductos radiculares.
- ◆ Las puntas N° 1-2 también están indicadas en la eliminación de núcleos de cavidades coronales, sean estos de amalgama, composites o restos de cementsos.
- ◆ Se utilizan además las puntas N° 1-2 para la eliminación de espigas u postes desde los conductos radiculares.
- ◆ Las puntas N° 3-8 se utilizan para retirar materiales obturantes como la gutapercha o cemento.
- ◆ También se ocupan las puntas N° 3-8 para el retiro de instrumentos fracturados en el interior de los conductos.
- ◆ Las puntas N° 4-8 se pueden utilizar para la colocación de MTA mediante vibración.

En general, las longitudes de los instrumentos de endodoncia ProUltra Endo 3-5 y 6-8 aumentan progresivamente, mientras que sus diámetros disminuyen, también progresivamente. Esto permite mejorar el acceso y la seguridad cuando los procedimientos exigen trabajar en los tercios coronales, medios y apicales de las raíces.

La potencia utilizada para cada uno de los instrumentos dependerá en cada caso de la aplicación clínica, sin embargo los fabricantes de piezos eléctricos tienen una modalidad Endo de utilización la cual es de potencia baja a media.

Es necesario resaltar que los instrumentos ProUltra Endo se utilizan sin irrigación, lo que mejora ostensiblemente la visión y el control de cada punta.

Por otro lado los instrumentos de cirugía ProUltra Surgical facilitan el acceso, tanto técnico como visual, a la zona sujeta al procedimiento radicular. Cuentan con un recubrimiento abrasivo en su punta activa lo que mejora su precisión y eficacia. Todos los instrumentos vienen equipados con una salida para su irrigación colocada en una posición óptima, lo que permite mejorar la seguridad y la visibilidad durante los procedimientos de cirugía periapical, además del enfriamiento de la punta ultrasónica.

Las ventajas de las puntas ProUltra que realzan sus fabricantes son:

- ◆ Su mayor longitud permite acceder con mayor facilidad a las raíces posteriores.
- ◆ Sus múltiples ángulos mejoran la seguridad de las preparaciones radiculares.
- ◆ Por su recubrimiento abrasivo se reduce el riesgo de microfracturas.
- ◆ Su revestimiento abrasivo mejora la eficacia del corte y la retención de restauraciones.



Fig 11: Instrumentos para cirugía apical ProUltra Surgical

En líneas generales a la hora de elegir un instrumento para cirugía de la línea ProUltra se debe tener en cuenta el grado de acceso necesario, la anatomía radicular y el procedimiento que debe realizarse, sin embargo según el diseño del instrumento el fabricante nos recomienda:

- ◆ SURG 1 se utiliza como un instrumento universal con ángulo sencillo de 80° diseñado para conductos finos en dientes anteriores.
- ◆ SURG 2 instrumento universal con un ángulo sencillo de 80° diseñado para los conductos más anchos de los dientes anteriores.
- ◆ SURG 3 este instrumento tiene un ángulo doble de 75° y se utiliza para preparar las raíces de los dientes posteriores mandibulares izquierdos y las raíces bucales de los dientes posteriores maxilares superiores derechos.
- ◆ SURG 4 instrumento con ángulo doble de 110° y se utiliza para preparar las raíces más linguales de los dientes posteriores mandibulares izquierdos y los dientes posteriores maxilares superiores derechos.
- ◆ SURG 5 instrumento con un ángulo doble de 75° y se utiliza para preparar las raíces de los dientes posteriores mandibulares derechos y las raíces bucales de los dientes posteriores maxilares izquierdos.
- ◆ SURG 6 este instrumento tiene un ángulo doble de 110° y se utiliza para preparar las raíces más linguales de los dientes posteriores mandibulares derechos y los dientes posteriores maxilares izquierdos.

La casa Morita nos aporta una variedad de puntas endodónticas, todas necesitan refrigeración por agua para su utilización y están hechas en una aleación de acero inoxidable.



Punta ET18D con punta diamantada, diseñada para remoción de materiales de obturación durante el retratamiento o para la remoción de instrumentos fracturados en el tercio coronal de conductos largos.



Punta ET25 delicada, flexible diseñada para el retiro de instrumentos fracturados en el tercio apical, incluso en conductos curvos.



Punta ETPR para remoción de coronas y postes de inserción radicular.



Punta ETBD con bola diamantada para la localización de conductos y exploración del piso cameral.



Punta S07 de tamaño medio, usada para condensación lateral de gutapercha en conductos largos. (se utiliza sin refrigeración de agua)



Punta ET40D, ET40 con y sin punta diamantada, para remoción de materiales extremadamente duros, es la punta endodóntica más poderosa y fuerte de la serie.

También la línea de puntas de endodoncia de la casa Morita nos provee de una serie de puntas de irrigación de distintos diámetros y longitudes pensadas para agitación y calentamiento de irrigantes de conductos radiculares



Ejemplo de punta de irrigación, de diámetro 25 en un largo de 21 mm ó 25 mm.

Otras puntas de diseño exclusivo son las confeccionadas por los laboratorios del **Dr. Profesor Stephen Buchanan** cuya descripción y utilización detallaremos a continuación:



Fig: set de puntas del Dr. S. Buchanan

- ◆ La BUC-1 es un ejemplo de punta diamantada utilizada para la remoción de dentina desde zonas anguladas de la cámara pulpar, también utilizada para encontrar conductos MB2 en cámaras estrechas.
- ◆ La BUC-2 es una punta con una bola diamantada en su extremo lo que otorga un extremado poder y control de corte, sirve para la eliminación de calcificaciones pulpares en el interior de la cámara y la entrada de los conductos.
- ◆ La BUC-3 es de diseño similar a la BUC-1 pero se utiliza con refrigeración por agua lo que permite la limpieza de la zona tratada, se utiliza para localización de conductos, o remoción de restos de cemento o materiales de sellado.
- ◆ Otras puntas diamantadas para la eliminación y remoción de instrumentos fracturados en los distintos tercios del conducto según longitud.

Por último, la casa Francesa Satelec nos provee de un Kit. básico de puntas endodónticas diseñadas y desarrolladas por el Dr. Bertrand G. Khayat, llamado el **EndoSuccess**. Este juego de puntas nos permitiría la resolución de los problemas más comunes presentes en el tratamiento endodóntico actual.

Las puntas Satelec están confeccionadas con una nueva aleación metálica patentada por la casa Francesa, el Titanium-Niobium, aleación que se adecuan perfectamente a las exigencias impuestas para su utilización en endodoncia gracias a su excelente performance mecánico y una completa biocompatibilidad.

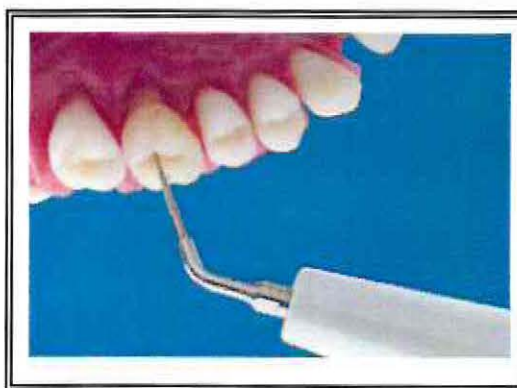
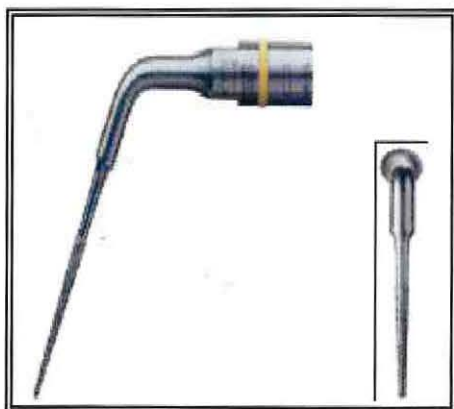
Es necesario recordar las recomendaciones del fabricante en cuanto a la graduación del poder de utilización en el cual las puntas ultrasónicas van a funcionar. Es por esta razón que adjuntamos la tabla otorgada por el fabricante para las distintas unidades ultrasónicas y las distintas puntas de tratamientos.

Graduación recomendada por unidad y punta endodóntica basado en los códigos de colores de equipos Satelec:

	P-Max Newtron	P5 Newtron	SP Newtron	Suprasson P5 Booster
ET 18 D	5 a 10	6 a 10	3 a 5	6 a 10
ET 20	5 a 10	6 a 10	3 a 5	6 a 10
ET 25	5 a 10	6 a 10	3 a 5	6 a 10
ETBD	5 a 10	6 a 10	3 a 5	6 a 8
ETPR	10	20	10	14

Puntas endodónticas Kit. EndoSuccess:

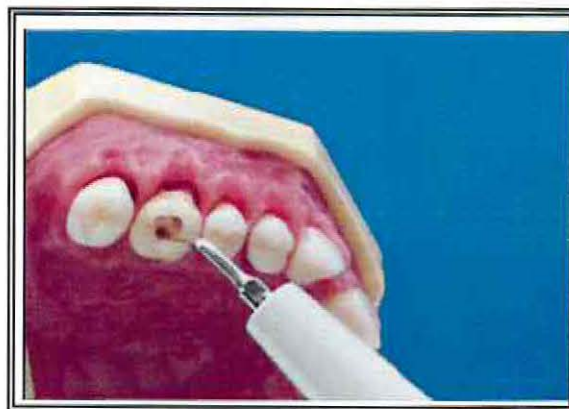
- ♦ **ET 18 D:** punta para tratamiento, con superficie diamantada, esta diseñada para su utilización en la cámara pulpar, específicamente en la eliminación de calcificaciones pulpares, materiales de obturación temporal y algunos materiales de relleno de conductos. Se utiliza con irrigación.



- ♦ **ET 20:** punta de tratamiento utilizada en el tercio coronal del conducto radicular, se utiliza para remover material de relleno del conducto, instrumentos fracturados o restos necróticos. La punta se puede utilizar con y sin irrigación.



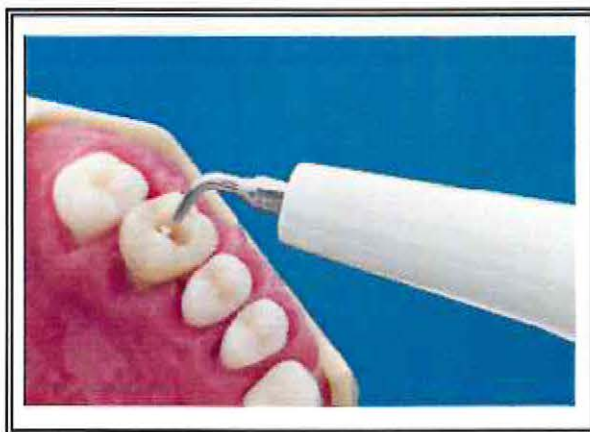
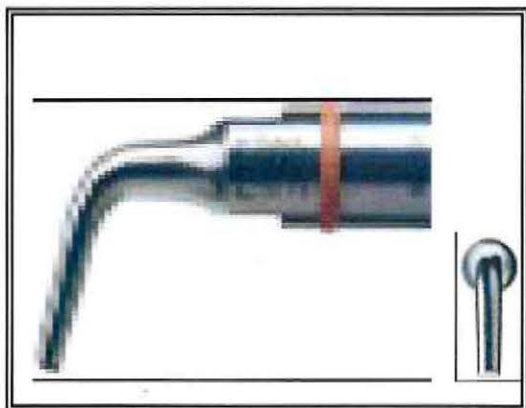
- ◆ **ET 25:** punta de tratamiento de aleación de Titanium-Niobium la cual ha sido diseñada para las más delicadas maniobras en el tercio medio y apical del conducto radicular. Es ideal para la eliminación de instrumentos fracturados y conos de plata desde áreas antes inaccesibles con instrumentos convencionales. Posee un orificio para irrigación.



- ◆ **ETDB:** punta con bola de diamante, es utilizada para la localización de conductos y exploración del piso cameral. La punta diamantada permite una rápida y precisa acción, asegurando siempre el control necesario para este delicado procedimiento. Su utilización es con irrigación.



- ◆ **ETPR:** la punta para tratamiento y remoción de postes, se utiliza para la remoción de pines y postes con retención radicular. También es utilizado para la extracción de prótesis fija. Su utilización es con irrigación y máximo poder, siempre se debe mantener el contacto con el elemento a ser eliminado.



Las limas contribuyen a la remoción de los contenidos del conducto. El efecto hidrodinámico del ultrasonido combinado con la acción del hipoclorito de sodio o Salvizol EDTA, provee una elevada acción de limpieza.

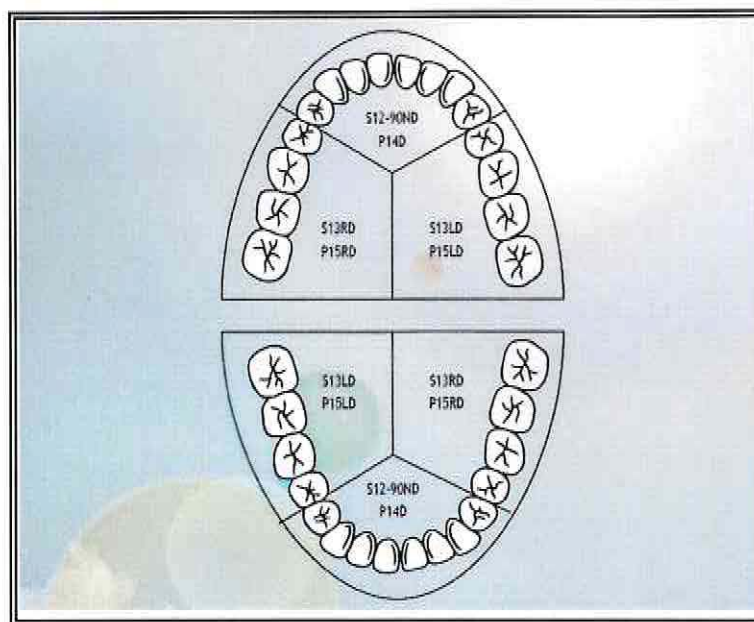
INSTRUMENTOS PARA CIRUGÍA APICAL, APICECTOMÍA Y MICROCIURUGÍA.

Satelec fue el primer fabricante de puntas endodónticas con micropuntas de superficie diamantadas las cuales aumentaban considerablemente su poder de corte, esto, en comparación a las antiguas microfresas o instrumentos manuales, lo que produjo una verdadera revolución en este campo.

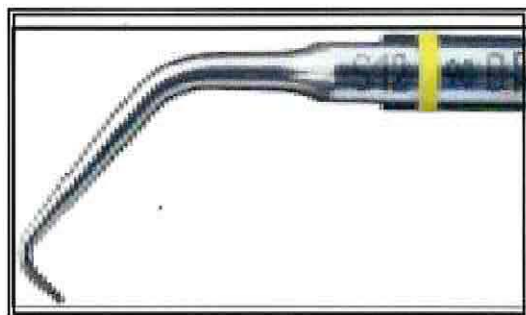
La serie “S” es el producto del desarrollo tecnológico en este campo, son utilizadas con poder medio (código de color amarillo) con presión leve y refrigeración con spray.

Existen distintos diseños los cuales nos permiten llegar a las distintas zonas anatómicas de la cavidad bucal.

Serie “S”:



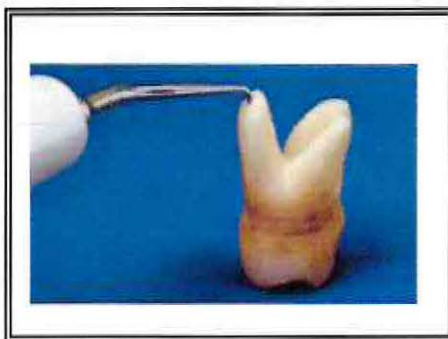
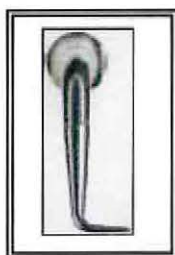
- ◆ **S12-90ND** punta “Universal”, recomendada para raíces de dientes anteriores.



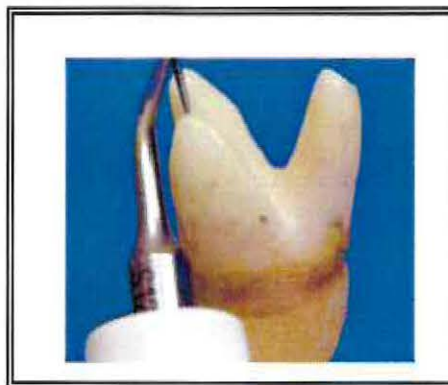
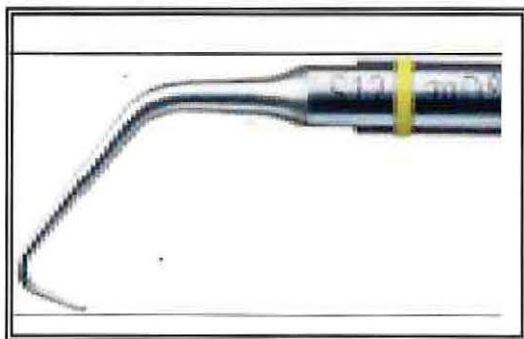
- ◆ **S13ID** punta “Left-angled preparation”, recomendada para premolares y molares.



- ◆ **S13RD** punta "Right-angled preparation", recomendada para los mismos usos que la anterior, molares y premolares.



- ◆ **S12-70D** punta "Back action", recomendada para tratamientos en zonas posteriores de difícil acceso.



Evaluación Bibliográfica:

Ricardo A. Bernales, Ivaldo G. de Moares y colaboradores, realizaron una evaluación de la preparación de cavidades apicales con puntas ultrasónicas. En este estudio fue evaluado el tiempo, ocurrencia de fractura y calidad de la preparación con tres diferentes puntas ultrasónicas; Satelec, Trinity, y una nueva de origen Brasileño, la CVD (chemical vapor deposition), utilizando para su evaluación y análisis un microscopio electrónico de barrido.¹⁶

Los resultados arrojaron que el grupo preparado con las puntas CVD mostró el más bajo tiempo requerido en la preparación de cavidades, sin la presencia de fracturas. Sin embargo no existieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la calidad de la preparación de ninguna de las tres puntas. ¹⁶

Paz y colaboradores realizaron un estudio in Vitro para comparar entre otras variables la eficiencia de corte en dentina de dos tipos de puntas ultrasónicas, la ET-20D de Satelec y la CPR-2D de Obtura. Ambas utilizadas a dos niveles de poder y con una angulación de 90 grados y una presión de 60 gr.⁹⁵

Los resultados arrojaron una superioridad estadísticamente significativa para las puntas Satelec utilizada a poder medio y alto.⁹⁵

Waplington et al. Realizaron un estudio para determinar la capacidad de corte en la dentina de tres puntas endodónticas diseñadas para la preparación de cavidades a retro. Ellos comprobaron que el incremento de la habilidad de corte era directamente proporcional al aumento del poder de funcionamiento de la unidad ultrasónica.¹²⁶

En el mismo estudio, los autores observaron que los distintos movimientos en la oscilación de la punta endodóntica y de su capacidad de corte pueden ser atribuidos a los distintos diseños de ellas, en particular a su angulación. La oscilación transversa de la punta de la lima depende del grado de angulación con respecto del eje axial de la punta endodóntica, siendo las puntas anguladas hacia la derecha o izquierda las más eficientes.¹²⁶

Yu-beng Lin en 2006 realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia de corte de tres distintas puntas ultrasónicas diseñadas para cirugía endodóntica. Las puntas eran fabricadas en tres materiales: acero inoxidable, nitrito de zirconio y diamante.¹³³

Otras variables tales como la unidad de ultrasonido, el poder de funcionamiento y la carga ejercida sobre la punta fueron controladas y estandarizadas.

Los resultados mostraron que las puntas de diamante eran significativamente más eficientes en su poder de corte que las puntas de acero o zirconio. A su vez, las puntas de acero mostraron una eficiencia inicial mayor en comparación con las de zirconio, sin embargo, esto se manifestaba sólo hasta la cuarta preparación (de 10), no alcanzando a ser significativa en el promedio de las preparaciones.

En este estudio las únicas puntas que se fracturaron fueron las diamantadas.133

Efectos del ultrasonido sobre la dentina.

Waplington et al. 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. 125

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. 95,124,125,133

Paz y colaboradores en 2005 en un estudio in Vitro donde probó dos unidades ultrasónicas distintas y dos puntas ultrasónicas distintas a poder medio y alto, demostró que el poder de utilización de la unidad de ultrasonido, así como el tipo de punta y unidad de ultrasonido influían significativamente sobre la eficiencia de corte en dentina.95

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.5,8,13,20,78,123

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. 78

Sjögren et al. 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 israeli*, *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.108

Huque et al. 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 canaliculos dentinarios. Observaron además, efecto antimicrobiano sobre las bacterias ubicadas en las paredes de la dentina radicular, con la utilización de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.5%, por lo cual consideraron esta concentración como suficiente para lograr, en conjunto con la aplicación de ultrasonido, una desinfección eficaz del sistema de conductos radiculares.59

Schenck et al. realizaron un estudio *in Vitro* de los efectos antimicrobianos que producían la aplicación de dispositivos sónicos y ultrasónicos utilizados en la terapia periodontal, sobre microorganismos usualmente relacionados con procesos periodontales como el *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Campilobacter rectus*, y *Peptostreptococcus micros*. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación del ultrasonido sobre cultivos de estos microbios, en lapsos de 30 a 150 segundos, no produjo una reducción significativa del número de microorganismos, al ser comparado éste, con el número de microbios presentes en cultivos que no fueron tratados con la aplicación de ultrasonido. Los autores concluyeron que los dispositivos sónicos y ultrasónicos utilizados en la terapia periododental de raspado subgingival no producían ningún efecto antimicrobiano por sí mismo sobre las especies antes mencionadas.105

Laukuf et al. 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.⁶⁷

Eliminación del barro dentinario:

Al instrumentar el conducto radicular, las paredes de éste se recubren de desechos dentinarios. Esta cubierta conocida como **smear layer** o barro dentinario, es bruñida sobre la superficie del conducto por los movimientos realizados durante la instrumentación biomecánica.⁸²

La capa de barro dentinario está formada por virutas de dentina, mezcladas con tejido orgánico tales como restos pulpares, bacterias, endotoxinas, y algunas veces, restos de material de restauración. La remoción de esta capa de deshecho va a permitir una íntima relación entre el material de relleno endodóntico y las paredes del conducto. Si por el contrario, se mantiene la capa de barro dentinario, el sistema de conductos radiculares va a ser sellado inadecuadamente, aumentando con esto la potencial microfiltración, disminuyendo consecuentemente el porcentaje de éxito.⁸²

Weller realizó un estudio en el cual comparaba la capacidad de limpieza del conducto radicular entre la técnica de instrumentación manual convencional, la ultrasónica y la combinación de ambas mediante el uso de marcadores como la gelatina radioactiva. Los resultados arrojaron una diferencia significativa entre la combinación de las dos técnicas versus cada una por separado, siendo la primera más eficiente que las otras en forma individual.¹²⁸

Goldman realizó en el año 1988 un estudio in Vitro comparando la capacidad de limpieza y conformación de conductos radiculares mediante la utilización de tres métodos de instrumentación endodóntica; la manual convencional con limas K y H, lima Unifile e instrumentación ultrasónica. Para esto él dividió en tres zonas el conducto radicular, coronal media y apical. Los resultados obtenidos permitían concluir que no existía diferencia estadísticamente significativa en la capacidad de limpieza entre las tres técnicas de instrumentación por separado, sin embargo en cuanto a la conformación del conducto la instrumentación manual se destacó por sobre las otras mostrándose superior.¹³⁴

Por otra parte estudios conducidos por Yussef Haikel y Claude Allemann permiten confiar en que la eliminación del barro dentinario desde el tercio coronal y medio se realiza en forma más eficaz mediante el apoyo de ultrasonido que sin él. Esto se explica al comprobar que la amplitud oscilatoria de la lima endodóntica se ve disminuida en el tercio apical.

Varios autores se han esforzado en explicar los mecanismos por el cual ocurre la eliminación de la capa de barro dentinario por el efecto del ultrasonido. Cunningham y Martin, relacionaron la remoción de la capa de barro con el fenómeno de cavitación, ya que las presiones hidrodinámicas producidas en el irrigante, desalojan los detritos adosados a las paredes del conducto, y crea un efecto de succión sobre el tejido orgánico liberado arrastrando a los detritos fuera del conducto hacia la corriente principal de flujo del irrigante, para posteriormente ser expulsados fuera del conducto.³⁴

Otros autores relacionan la remoción del barro dentinario como resultado del fenómeno de microcorriente acústica. ^{7,19,24,123}

En 1987 Ahmad y Pittford realizaron un estudio in Vitro para evaluar la evidencia de la formación de microcorriente acústica, y su influencia sobre la capa de barro dentinario. Los autores observaron que los conductos presentaban áreas desiguales de dentina libre de barro, esto lo atribuyeron a que la lima no se encontraba lo suficientemente humectada como para producir una microcorriente acústica la cual resultará en fuerzas hidrodinámicas que contribuyeran en la remoción de la capa de barro dentinario.⁷

Walmsley relacionó el papel de la microcorriente acústica producida por la oscilación de la lima en el interior del conducto con la limpieza de éste. Además de mejorar el efecto del hipoclorito de sodio por medio del aumento de temperatura, produce un flujo continuo de 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 conducto. ¹²³

Cameron en 1987, 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 crea un incremento importante 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 barro dentro de un periodo de tres minutos.^{20,22}

Lee, Wu y colaboradores, realizaron un estudio donde compararon la capacidad de eliminación de detritos y barro dentinario desde el interior de conductos radiculares mediante la utilización de jeringas de irrigación convencionales, y jeringas con agitación ultrasónica. Los resultados obtenidos por los autores confirman lo publicado en la literatura en cuanto a que la utilización del ultrasonido en la eliminación del barro dentinario da como resultado una superficie dentaria mas limpia y regular, lo que se puede ver aun mas beneficiado con la utilización de soluciones quelante como el EDTA.⁷⁰

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 puede ser el hipoclorito de sodio.

La irrigación con EDTA apoyada por la acción del ultrasonido no mejora el efecto de limpieza del EDTA (30). Las ondas de sonido producidas por la vibración del ultrasonido reducen posiblemente el efecto desmineralizante del quelante reduciendo el tiempo de trabajo lo que afecta su eficacia (1). En cambio, se consigue una mayor limpieza del conducto luego de la irrigación con NaOCl (1-4%) agitada ultrasónicamente y EDTA, comparada con la irrigación ultrasónica de agua destilada o NaOCl solamente (24,52). (M. Hülsmann, M. Heckendorff & A. Lennon; International Endodontics journal, 36, 2003.)

Jeen-Nee, Hong-Guan Kuah y colaboradores por otro lado realizaron un estudio el año 2007 donde compararon la capacidad de eliminación del barro dentinario mediante la utilización de soluciones de EDTA con y sin surfactante o con y sin agitación ultrasónica. Partiendo de la base de que la adición del surfactante al EDTA permitiría un aumento en la capacidad penetradora de éste mediante una disminución de la tensión superficial de esta solución. Los resultados mostraron que el uso de surfactantes adicionados al EDTA no mejoraba su capacidad de eliminación de barro dentinario por parte de este último, sin embargo la utilización de ultrasonido en combinación con EDTA mostró una mejor performance que los otros grupos. Además ellos concluyeron la necesidad de la utilización de soluciones de hipoclorito de sodio en concentraciones de 5,26% para la eliminación del debris, ya que el EDTA por si solo es incapaz de eliminarlo.73

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 micro burbujas de gas, o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular.78,123

El aumento de la temperatura potencia la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cunningham y Balekjian observaron que el aumento de la temperatura a soluciones de hipoclorito de sodio, de una concentración de 2.6% desde una temperatura de 21°C hasta

37°C, potenciaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones, de concentración de 5.2%, utilizadas a temperatura ambiente. Sin embargo, no era significativa la diferencia a 37°C en su capacidad disolvente entre ambas concentraciones.³³

Utilización del ultrasonido en endodoncia:

En este punto describiremos apoyado en variados estudios, las distintas aplicaciones del ultrasonido durante cada una de las etapas de la terapia endodóntica, así como para la resolución de algunas problemáticas que durante ella se pueden presentar.

Las utilidades del ultrasonido en endodoncia abarcan temáticas tales como:

- 1) Retiro de restauraciones definitivas.
- 2) Despejar el acceso, encontrar conductos calcificados, y remover las calcificaciones pulpares.
- 3) Remoción de obstrucciones intraconductos (instrumentos fracturados, postes radiculares, conos de plata, y postes metálicos fracturados).
- 4) Incrementar la acción de las soluciones irrigantes.
- 5) Irrigación ultrasónica pasiva.
- 6) Condensación ultrasónica de la gutapercha.
- 7) Colocación de MTA.
- 8) Cirugía endodóntica: preparación de la cavidad a retro y colocación del material de obturación.
- 9) Instrumentación del conducto radicular.

Retiro de restauraciones definitivas:

Abbott realizó un estudio de 2000 pacientes de su práctica endodóntica, el autor reportó que el 37,7% de todos los casos requerían retratamiento. Y que de estos en el 25,7% de los casos era necesaria la remoción inicial de la restauración con PFU o poste endodóntico. Esto representa un 9,4% de todos los casos de retratamiento lo que nos demuestra la necesidad de una técnica atraumática para la remoción de este tipo de restauraciones.^{2,56}

Entre las distintas casas fabricantes de dispositivos ultrasónicos, cada una de ellas poseen un pool de puntas ultrasónicas diseñadas para la eliminación de restauraciones definitivas tales como coronas o puentes fijos. La ventaja radica en que la aplicación de energía ultrasónica reduce el riesgo de fractura radicular o daños a los tejidos adyacentes, además de reducir el tiempo clínico empleado para su retiro.

La explicación a este fenómeno según Yoshida y colaboradores. Radica en el hecho de que la vibración ultrasónica generada y transmitida por el diseño de la punta, provoca la fractura de la capa de cemento entre las paredes dentinarias y el cuerpo de la restauración y, como consecuencia de esto, el desalojo de esta última en una forma segura y conservadora.¹³²

La forma y el tiempo de aplicación sobre la restauración, así como el cemento empleado van a influir en el retiro de ésta. Yoshida y colaboradores 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 se acortaba el tiempo de aplicación del ultrasonido a un lapso de 3 a 5 minutos.¹³²

Gómez y colaboradores. Realizaron un estudio para observar la disminución de la retención provista por los distintos cementos para restauraciones, con la aplicación de ultrasonido. Ellos 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 periodos de aplicación de ultrasonido de 10 minutos. Al evaluar los cementos resinosos, no observaron variación en la retención provista por éstos, lo cual lo atribuyeron a la elasticidad del cemento lo cual tiende a disminuir la vibración y absorber la energía transmitida a la restauración.⁴⁶

Despejar el acceso, encontrar conductos calcificados, y remover las calcificaciones pulpaes:

Uno de los desafíos en endodoncia es el localizar conductos, particularmente aquellos en los cuales su acceso se encuentra obstruido por dentina secundaria o por materiales de obturación de tratamientos antiguos. La utilización de instrumental inadecuado para estos fines puede ser causal de perforaciones radiculares, falsas vías y rectificaciones del conducto lo cual muchas veces redundará en una imposibilidad por parte del clínico de poder negociar con el conducto radicular un correcto tratamiento.¹³⁵

En piezas dentarias difíciles de tratar tales como molares, el ultrasonido ha demostrado ser útil en la preparación del acceso no solo en la búsqueda de conductos sino, también en la reducción del tiempo de tratamiento y en la predictibilidad de estos.135

La utilización más común hoy en día del ultrasonido en la etapa de preparación del acceso endodóntico es en el refinamiento de éste, localización de conductos Mv2 de primeros y segundos molares superiores y conductos accesorios en el caso de otros dientes, y por supuesto, eliminación de calcificaciones pulpares o pulpolitos ubicados en la cámara pulpar.99

Una de las principales ventajas que tiene la utilización de puntas de ultrasonido versus fresas rotatorias, es que al no girar, las puntas de ultrasonido nos otorgan una capacidad de manejo más suave, incrementando el control y precisión en su utilización. Previendo con esto el riesgo de perforaciones accidentales. 99, 135

Remoción de obstrucciones intraconductos:

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.35

En un estudio realizado por Castrisos y Abbott en 2002, donde mediante encuesta realizada a los 74 miembros de la sociedad Australiana y de Nueva Zelanda de Endodoncia, se les consultó el método más utilizado por ellos para el retiro de pernos intraconductos. Los resultados fueron concluyentes a favor de la utilización del ultrasonido como método único, ó, en combinación con aparatos para estos fines.29

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.12,14,132

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.12,14

En un estudio realizado por Smith en treinta pacientes a los cuales se les retiraron pernos intraconductos, se correlacionó el tiempo de aplicación del ultrasonido con la longitud del fragmento intraradicular 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 desalajo es de un minuto, independientemente del tipo de cemento de unión utilizado.¹¹⁴

De acuerdo a Johnson et al. existe un conjunto de factores a tomar en cuenta con respecto al retiro de un perno intraradicular: 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.⁶³

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.⁴⁶

Bergerson et al. 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. Este factor unido a la menor dureza del material del perno y al uso de cementos adhesivos debió alterar significativamente la efectividad del ultrasonido para la remoción del perno.¹⁵

Altshul et al. 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 amelocementaria, en los grupos de dientes donde se utilizó alguno de ambos dispositivos. Al comparar ambos grupos con el grupo control, al cual solamente se les realizó tratamiento de conductos, se obtuvo una diferencia significativa, ya que el grupo control al observarse por medio del microscopio, no presentaba casi ninguna microfractura detectable.¹²

Lovdahl y Gutmann describieron una técnica que consiste primeramente en el ensanchado del conducto a fin de tener un acceso directo hasta el segmento, para después sobrepasar al instrumento fracturado a través de la brecha con la utilización de instrumentos manuales de

pequeño diámetro (limas #15). Al conseguir sobrepasar el instrumento, se introduce una lima ultrasónica del mismo diámetro del instrumento manual y se activa en la brecha, a una baja intensidad hasta que el fragmento se liberaba y era expulsado junto con el irrigante fuera del conducto radicular. En el caso de instrumentos ubicados a una gran profundidad, y que no pueden ser sobrepasados, los autores recomiendan la utilización del ultrasonido con la técnica de Masseran, donde el ultrasonido haría el papel de la fresa trepanadora, desgastando menor cantidad de tejido dentinario de las paredes del conducto radicular.¹³⁶

Carr 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.²⁶

Flanders 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.⁴²

Hülsmann 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 de la acción del ultrasonido.⁵⁸

Recientemente Nehme 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 esta técnica para la eliminación de materiales que no puedan ser desgastados por la acción del ultrasonido, tales como instrumentos u objetos metálicos.⁹³

Incrementar la acción de soluciones irrigantes:

De acuerdo a Abbott et al. 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. 1

Distintos estudios han demostrado que la aplicación de ultrasonido a soluciones de hipoclorito de sodio incrementa sus propiedades antibacterianas y de limpieza del conducto radicular.20,21,22,108

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 . 21,106

Las cloritas formadas entre la interacción del cloruro de sodio y agua, actúan como un fuerte agente oxidante, cuyo efecto antibacteriano se puede explicar por su interacción con grupos sulfidrilos (SH) de enzimas esenciales bacterianas, lo cual interrumpiría las funciones metabólicas de estas células. 106

Baumgartner y Cuenin determinaron que la concentración mínima de hipoclorito de sodio para que tuviera una acción eficaz como irrigante endodóntico es del 1%. Cunningham y Balekjian 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.13

El aumento de la temperatura potencia la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cunningham y Balekjian observaron que el aumento de la temperatura a soluciones de hipoclorito de sodio, de una concentración de 2.6% desde una temperatura de 21°C hasta 37°C, potenciaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones, de concentración de 5.2%, utilizadas a temperatura ambiente. Sin embargo, no era significativa la diferencia a 37°C en su capacidad disolvente entre ambas concentraciones.33

Confirmando lo anterior Vansan y colaboradores. Passarinho-Neto y colaboradores. aportan en sus estudios al concluir que la capacidad disolvente de tejido y antibacteriana del hipoclorito de sodio se ve incrementada al agitar a este ultrasónicamente ya que esto aumenta la temperatura y crea un movimiento constante y cíclico de solución irrigante en

permanente contacto con los restos pulpares y bacterianos que el conducto pueda tener.96,137

En un estudio comparativo realizado por Siquiera, Machado y colaboradores realizado en 1997, se sometió a estudio tres métodos de irrigación con hipoclorito de sodio al 4% para la eliminación del conducto del *Enterococcus faecalis*. El primero grupo mediante agitación manual, el segundo con agitación ultrasónica y el tercero con alternancia entre hipoclorito y peróxido de hidrógeno. Los autores concluyeron que no existe diferencia significativa entre los tres regimenes de irrigación utilizados entre ellos, pero si existe una diferencia significativa en relación al grupo control.106

Ciucchi et al. 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.30

En contraste con este estudio, S. J. Lee, M. K. Wu y colaboradores en su estudio acerca de la efectividad de la irrigación ultrasónica para eliminar restos pulpares y barro dentinario desde irregularidades en las paredes del conducto radicular. Concluyeron y ratificaron lo publicado en la literatura en cuanto a que la utilización del ultrasonido en la eliminación del barro dentinario y restos pulpares resulta en una superficie dentinaria limpia y regular, lo que se puede ver aun mas beneficiada con el uso de soluciones quelantes. 70

En relación a esto último, Mohammad Ali Mozayeni y colaboradores en 2007 realizaron un estudio comparativo en el cual se determino la efectividad en la remoción de barro dentinario desde las paredes del conducto radicular de dos soluciones quelantes. El MTAD y el EDTA al 17%. ambas utilizadas como lavado final luego de la irrigación del conducto con hipoclorito de sodio al 5, 25%. Ambas soluciones fueron capaces de eliminar efectivamente el barro dentinario desde el tercio cervical y medio del conducto, sin embargo el MTAD fue más eficaz en el tercio apical, mostrando diferencias significativas en comparación con el EDTA al 17%. 88

La irrigación con EDTA apoyada por la acción del ultrasonido no mejora el efecto de limpieza del EDTA (30,1). Las ondas de sonido producidas por la vibración del ultrasonido reducen posiblemente el efecto desmineralizante del quelante reduciendo el tiempo de trabajo lo que afecta su eficacia (1). En cambio, se consigue una mayor limpieza del conducto luego de la irrigación con NaOCl (1-4%) agitada ultrasónicamente y EDTA, comparada con la irrigación ultrasónica de agua destilada o NaOCl solamente (24, 25,52).

Irrigación ultrasónica pasiva:

Uno de los principales objetivos de la terapia endodóntica es la total conformación y limpieza del conducto radicular, objetivo que se ve muchas veces truncado por la complejidad de la anatomía radicular y del sistema de conductos. 90, 97,101

En un estudio realizado por Wu et al. 2003, se llegó a la conclusión que solo un 40% de las paredes del tercio apical del conducto eran instrumentadas cuando se utilizaban técnicas rotatorias en su preparación, razón por lo cual la irrigación del conducto radicular se transforma en la pieza esencial para su limpieza y desinfección.129

Se sometió a estudio la limpieza lograda por la técnica de instrumentación Step-back versus Step-back mas instrumentación ultrasónica en raíces mesiales de molares mandibulares. Los autores utilizaron el irrigante hipoclorito de sodio al 5,25% entre cada instrumento. Y en el caso de los grupos con instrumentación ultrasónica, esta era utilizada durante 3 minutos en el último instrumento. Los autores evaluaron el porcentaje de tejido removido. Ellos llegaron a la conclusión de que existían diferencias estadísticamente significativas entre la limpieza de las paredes de los conductos a un milímetro del nivel apical a favor de la instrumentación ultrasónica. Ellos apoyados por estudios previos realizados por Ahmad y colaboradores, postularon que el fenómeno responsable de los resultados fue el de corriente acústica en desmedro de la cavitación.55

Cuando una lima endodóntica es activada ultrasonicamente y es puesta en forma pasiva al interior del conducto radicular, se produce el fenómeno descrito como corriente acústica. (7,103) éste fenómeno es el indicado como responsable de la mejor limpieza lograda en el interior de los conductos gracias a que es capaz de producir un movimiento de fluido que interrumpe las uniones celulares y así remueve restos de éste. 103

La corriente acústica se define como un movimiento constante de fluido tiempo dependiente, unidireccional, que ocurre por la vibración de un pequeño objeto oscilante (6,7). Es importante destacar que como prerrequisito, la lima debe realizar una libre vibración al interior del conducto. 6,7

La velocidad de la corriente esta descrita por la formula $U_m = 2 \pi f a$ en la cual U_m es la velocidad de la corriente, f es 2 veces el impulso de la frecuencia, a se refiere a la amplitud de desplazamiento y r al radio de la lima. 7, 110,111

De acuerdo con ésta formula: (1) el diámetro de la lima (a), (2) la amplitud de desplazamiento (a) y (3) la frecuencia (f) son importantes en la irrigación ultrasónica. Los

mejores efectos se obtienen cuando la lima es pequeña, la amplitud de desplazamiento es larga y la frecuencia es alta. El diámetro del conducto es importante ya que puede influenciar la amplitud de desplazamiento. 110,111

Los efectos y usos de la irrigación ultrasónica pasiva (PUI):

- ◆ PUI versus jeringa de irrigación: después de la instrumentación y conformación del conducto radicular, la limpieza puede ser completada con una irrigación final mediante PUI o jeringa de irrigación, sin embargo al ser estos dos métodos comparados se concluyó que la PUI es más efectiva en la remoción de remanentes pulpares y restos dentinarios (21,36,50,53,70,84,96) además de flora bacteriana (59,108,115,127).

En el estudio de Mayer et al. (2002) no se encontraron diferencias significativas entre la PUI y la jeringa de irrigación en la remoción de restos dentinarios desde el conducto radicular. Antes de la activación ultrasónica del NaOCl, fue irrigado con EDTA el interior del conducto. La remoción de este EDTA antes de la inyección de 2 ml de NaOCl no fue mencionada en el método. El EDTA inactiva la acción del NaOCl siendo este hecho el posible responsable en la obtención de estos resultados.⁸¹

- ◆ PUI con NaOCl como irrigante: durante la PUI, el NaOCl remueve significativamente más barro dentinario, bacterias, tejido pulpar o restos dentinarios desde el conducto radicular que el agua (20,21,36,57,59,84,112,113, 121). El significativo incremento en la capacidad disolvente de tejido orgánico del NaOCl, cuando este es agitado por un dispositivo ultrasónico (87) o cuando su temperatura es elevada a causa de la agitación ultrasónica (9, 23,33) puede ser la mejor explicación para este realce en la performance del NaOCl. Cuando aumenta la concentración de NaOCl, también aumenta su eficacia (59,121).
- ◆ Remoción de bacterias: la PUI da como resultado una significativa reducción de bacterias (5, 31,78), o muestra resultados significativamente mejores que la jeringa de irrigación (59, 108, 115,127). Solo en el estudio de Siquiera et al. (106) no se encontró diferencias significativas. En el estudio realizado por Huque et al. (59), PUI con NaOCl al 12% como irrigante removió casi completamente diferentes tipos de agrupaciones bacterianas desde sitios paralelos del conducto radicular por el efecto de la corriente acústica a través de los túbulos dentinarios.

Estudios sobre el efecto antimicrobiano de la PUI se enfocan en la remoción de la placa bacteriana a través del efecto de lavado sobre las paredes del conducto. Los mecanismos físicos involucrados en el efecto de la PUI sobre el biofilms del conducto radicular no son totalmente conocidos, aunque el fenómeno de cavitación ha demostrado ser capaz de remover e incluso destruir el biofilms, según Ohl en 2006. (citado por van der Sluis). 113

- ◆ Remoción del barro dentinario: los estudios sobre el efecto de la PUI para la remoción del barro dentinario son poco concluyentes. Sin embargo, existen varios estudios que demuestran la capacidad de diferentes concentraciones de solución irrigante para estos fines. Cuando Cameron (19) usó NaOCl al 3% él encontró que la remoción total del barro dentinario se producía con 3 a 5 minutos de PUI; estos resultados fueron confirmados en un posterior estudio realizado por el mismo autor (21). Alaçam (10) pudo remover completamente el barro dentinario después de 3 minutos de PUI con NaOCl al 5%, y Huque et al. (59) después de 20 segundos de PUI con NaOCl al 12%. Una solución de NaOCl al 5% durante 3 minutos con PUI, puede remover mas barro dentinario que NaOCl al 0,5% desde el tercio apical y medio del conducto pedicular (121).

Cheung & Stock (36) no pudieron remover completamente el barro dentinario utilizando por 10 segundos PUI con NaOCl al 1%, aunque la PUI fue significativamente mejor que la jeringa de irrigación. En el estudio de Ciucchi et al. (30) y Abbott et al (1) el ultrasonido no incrementó la remoción de barro dentinario cuando EDTA o la combinación de EDTA y NaOCl fue utilizada como irrigante. Por otro lado, la PUI mejoró significativamente la capacidad del Savlon (0,03% clorexidina, 0,3% cetrimide) de remover barro dentinario. La PUI con agua como irrigante es totalmente incapaz de remover barro dentinario (19, 21, 57, 59,121). Todos los estudios mostraron bastante mas eficiencia en el tercio coronal que en lo otros, con excepción del realizado por Türkün & Cengiz 1997. (121)

- ◆ PUI en la limpieza de los istmos: algunos estudios evaluaron específicamente la eficacia de la PUI en la limpieza de los istmos que corren entre dos conductos radiculares. Los resultados confirman una limpieza significativamente mejor con el método de PUI versus la jeringa de irrigación (50, 53,84), lo cual demostró que la PUI tiene el potencial de remover más tejido pulpar y restos dentinarios desde lugares remotos del sistema de conductos no tocados por la instrumentación de estos.
- ◆ Aplicación de solución irrigante durante la PUI: dos métodos de lavado pueden ser usados durante la PUI, este puede ser a través de un flujo continuo de irrigante mediante la pieza de mano del ultrasonido o intermitentemente lavando con una

jeringa de irrigación (23). En este último el irrigante es puesto en el interior de los conductos repetidas veces y activado ultrasónicamente con una lima endodóntica o alambre no estriado la cual crea una oscilación del instrumento lo que produce un flujo de irrigante que desprende microorganismos, restos pulpares y dentinarios desde las paredes de los conductos radiculares para luego ser disueltos por la solución irrigante (87,128). Sucesivamente, el conducto es lavado con 2 ml de solución irrigante fresco para así remover mecánicamente los residuos desde el conducto. Ambos métodos resultaron igualmente efectivos para remover restos dentinarios desde el interior del conducto en modelos in vivo cuando el tiempo de activación era de 3 minutos. (110, 111,113).

Druttman & Stock (38) concluyó que usando un flujo continuo de irrigante. El irrigante repuesto en el interior del conducto radicular es más dependiente en su acción probablemente por el tiempo de contacto que por el volumen de irrigante utilizado. Esto fue confirmado en un estudio realizado por Passarinho-Neto et al. (96), cuando probaron 5 minutos de PUI remueven mas restos dentinarios desde el conducto que 1 minuto usando un flujo continuo de irrigante, cuando los volúmenes de NaOCl fueron los mismos en ambos grupos.

Condensación ultrasónica de la gutapercha:

Espaciadores activados ultrasonicamente han sido utilizados para termo plastificar la gutapercha en la técnica de condensación lateral. En algunos experimentos in Vitro, estos demostraron que la obturación obtenida es superior a la técnica de condensación lateral con respecto a las propiedades de sellado y densidad de la gutapercha. (Moreno A 1977, Deitch AK 2002, citados por Plotino) 99. Los espaciadores activados mediante un equipo ultrasónico, producen calor, este calor termo plastifica la gutapercha alcanzando a constituir una masa más homogénea con una disminución en el tamaño de las burbujas de aire produciendo una mas completa obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares (Deitch 2002). Esta técnica también ha sido evaluada clínicamente con favorables resultados (Zmener O, 1999 citado por Plotino) 99.

Se han descrito un variado número de protocolos para la técnica de condensación ultrasónica de la gutapercha:

- a) Reblandecimiento vía ultrasonido del cono maestro seguido de condensación lateral de la gutapercha en frío. (Moreno 1977)99
- b) Uno o dos tiempos de activación ultrasónica después de la conclusión del sellado del conducto mediante condensación lateral en frío. (Admitís, 1992)99
- c) La activación ultrasónica luego de colocar cada segundo cono accesorio. (Deitch 2002)99

- d) Activación ultrasónica después de colocar cada cono accesorio. (Baumgardner 1990, Bailey 2004, Bailey 2004b)99

La técnica de obturación recomendada cuando se utiliza condensación ultrasónica según Bailey, consiste en la colocación inicial de un cono maestro a longitud de trabajo, seguido por condensación lateral en frío de uno a tres conos accesorios utilizando espaciadores digitales. Luego se coloca en el centro de la masa de gutapercha un espaciador activado ultrasónicamente un milímetro menos que la longitud de trabajo, el poder de funcionamiento del aparato va a ser medio o bajo para así prevenir fracturas del instrumento o recalentamiento de las paredes del conducto. Este proceso es repetido hasta que el conducto se encuentre completamente sellado.99

El tiempo de funcionamiento del espaciador activado dentro del conducto es de aproximadamente 10 segundos para lograr la termo plastificación. Dejarlo durante un tiempo mas prolongado que este puede producir un aumento en la temperatura dañando la superficie radicular. (Bailey 2004,2004b) 99

En adición a esto se ha demostrado que la colocación de cementos selladores mediante la activación ultrasónica produce un mejor recubrimiento de las paredes del conducto y un mejor sellado de los conductos accesorios. (West 1989, Stamos 1995)99

Colocación de MTA:

Estudios realizados por Witherspoon y Ham (102) fueron los primeros en describir el uso del ultrasonido en la colocación de MTA. Material de sellado que según Gondim y cols(48). Entrega las mejores características de sellado en cavidades preparadas por puntas endodónticas. Las inherentes irregularidades y formas del foramen apical pueden provocar la falta de adaptación entre el material de sellado y las paredes dentinarias. Lo cual se ve superado gracias a la utilización de ultrasonido para colocar MTA ya que esto mejora significativamente el sellado de la cavidad. Esto a través de un aumento en la fluidez, adaptación y compactación del MTA. (68). Resultados que refuerzan lo publicado por Aguirre sobre la distribución y sellado de conductos radiculares mediante la utilización para la colocación de cemento por medio de ultrasonido. (4)

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 confección de la cavidad apical y resolver los problemas asociados a las preparaciones realizadas con fresas convencionales (26,27)

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 (54)

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 más comunes los siguientes: Preparación retrógrada no ubicada paralela al eje longitudinal del conducto radicular, la cavidad no presentaba una retención y extensión adecuadas 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 (27)

Los resultados publicados hasta antes de la técnica de cirugía periapical moderna en una revisión realizada por Sumi, mostraban cifras desalentadoras del orden del 48% obtenido por Hirsch, el 72% por Rud, ó el 75% por Mikkonen y colaboradores. Si tomamos una revisión retrospectiva de los últimos 30 años los resultados obtenidos por nuestro estudio nos entrega un porcentaje de éxito de la cirugía periapical de solo el 50%. (117)

Estudios actuales retrospectivos de cirugía endodóntica moderna muestran sin lugar a dudas, el éxito de la técnica y lo confiable de ella para la solución de casos resistente a terapias convencionales. (61, 65, 77,120)

El uso del ultrasonido en la cirugía apical surge desde el año 1957, de acuerdo a lo citado por Von Arx y Walker (122), 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, en el año 1987(43), reportaron dos casos donde las preparaciones retrógradas fueron realizadas por limas ultrasónicas modificadas y precurvadas para obtener acceso a la zona reseca.(43)

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. (122)

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. (64,122)

La capacidad de corte de las puntas ultrasónicas va a depender principalmente 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. (37, 100,122)

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 van 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. (37, 100,124)

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 (85). 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. (37)

De acuerdo un estudio realizado por Pin Lin et al. 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. (98)

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 (65). De acuerdo a Gagliani et al. (45) 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.(45)

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. y Sumi et al., 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 de la obturación retrógrada.(83,117)

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 (40), 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. (113)

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 (51). Además, de acuerdo estudios in Vitro realizados por Sultan y Pitt Ford (116), 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 microgrietas. La presencia de éstas disminuye el pronóstico del tratamiento que pueden servir como reservorio de microorganismos, además de permitir la filtración apical. (44, 69, 86,100)

Instrumentación 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. (79)

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 (78). En el año 1955, Oman reportó la capacidad de las piezas de mano activadas por ultrasonido, de cortar los tejidos dentarios duros (94). La utilización del ultrasonido en la preparación biomecánica fue primeramente desarrollada por Martin en el año 1976 (78), como un método eficaz para la desinfección del sistema de conductos, y posteriormente, Martín y Cunningham en el año 1984 (79), 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 más uniforme. (60, 80,85)

La casa Micromega/Medidenta (EUA, Suiza) ha desarrollado unos sistemas de limas sónicas 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.(Ingle 1996,Lumley 1996,97). 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. (60, 74,75)

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. (79)

De acuerdo a Briggs et al. 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.(18)

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. (74,126)

Según los resultados obtenidos por Lumley, 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.(75,76)

De acuerdo a Wamsley et al . 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. (124)

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 estos instrumentos en la preparación del tercio apical, ya que al eliminar la vibración del instrumento éste se vuelve inefectivo. (123,124)

La restricción relativa de la vibración combinado con los movimientos de limado producidos por el operador va 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. 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. (123,124)

Se han realizado numerosos estudios comparativos de la eficacia del ultrasonido con otras técnicas en la conformación del sistema de conductos. Martin y Cunningham 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. (80)

Langeland et al. 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.(66)

Por otro lado Weller en 1980 realizó un estudio cuyo propósito fue el comparar la capacidad de tres técnicas de instrumentación para lograr la limpieza del conducto. La técnica de instrumentación manual convencional, el ultrasonido con una lima modificada y la combinación de ambas. Los resultados obtenidos por los autores no evidenciaba diferencias en la limpieza del conducto entre la técnica manual y ultrasónica por separado, sin embargo sí existían diferencias estadísticamente significativas al utilizarlas complementariamente. Estos mismos resultados fueron conseguidos por Gutarts en 2005 y luego por Burleson el 2007. (58,128)

Jahde et al. en un estudio histológico, compararon la respuesta de los tejidos periapicales a la sobre extensión 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 sobre extensión de limas manuales o ultrasónicas, por lo cual supusieron que ambas sobre extensión 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. realizaron un estudio, donde comparaban la cantidad de detritus extraídos 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. (41)

Por otro lado Sabins en 2003 realizó un estudio que comparó la eficiencia en la limpieza de la irrigación sónica y ultrasónica pasiva después de la instrumentación manual del conducto. El autor concluyó que la irrigación ultrasónica pasiva produce canales más limpios y suaves que la sónica al compararlas a ambas. Sin embargo otro estudio similar realizado anteriormente por Jensen en 1999 no arrojó estas diferencias. (62,104)

Existen dispositivos sónicos y ultrasónicos para la preparación de conductos radiculares, la diferencia consiste en que los dispositivos ultrasónicos generan una potencia de 25-30Khz, según si eran magnetoestrictivo o piezo eléctricos. Mientras los dispositivos sónicos se caracterizan por que se pueden conectar a la toma de aire de la unidad dental y pueden generar una oscilación en un rango de frecuencia graduable entre los 1,5 a 3 KHz. Entre los sistemas sónicos más conocidos se encuentran el Sonic Air Micromega 1500 y 1400. (79)

Siqueira et al. 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. (107)

Nagy et al. 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. (92)

Calhoun y col. En 1988 realizaron un estudio en el cual se comparaban cuatro técnicas de instrumentación del conducto radicular. Manuales y ultrasónica, en base a 4 aspectos: centrado de la instrumentación en relación a la localización original del conducto, cantidad de dentina removida, dirección y longitud de la transportación y forma final de los conductos instrumentados. Los resultados obtenidos por los autores indicaban que pese a que las cuatro técnicas tienden a transportar el conducto hacia mesial en el tercio apical (zona de peligro), la técnica con ultrasonido fue la que causó mayor transportación y conductos ovales. (Calhoun)

Otro estudio realizado por Goldman en 1988, comparó la eficiencia de tres métodos de instrumentación endodóntica: manual con limas K y H, Lima Unifile e instrumentación ultrasónica. Los resultados mostraron una diferencia significativa entre las tres técnicas de instrumentación siendo la técnica manual la mejor evaluada. (Goldman)

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. (55, 72,107)

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. (76).

CONCLUSIONES:

- ◆ Desde que Richman introdujo a la endodoncia la utilización del ultrasonido en la instrumentación de los conductos radiculares, se han descubierto una diversidad de aplicaciones de esta tecnología para las distintas etapas de la terapia endodóntica.
- ◆ Existe controversia en relación a los fenómenos que se producen por la aplicación de ultrasonido en el interior del conducto radicular. Sin embargo, la microcorriente acústica se asoma como la responsable de las ventajas obtenidas por el uso de esta tecnología.
- ◆ Pese a la gran cantidad de equipos y diseños de puntas ultrasónicas que existen en el mercado, es de consenso que las puntas diamantadas son las de mejor performance.
- ◆ La utilización del ultrasonido incrementa la acción bactericida y de disolución del tejido orgánico del Hipoclorito de Sodio (NaOCl).
- ◆ Es controversial los resultados obtenidos en cuanto a que la utilización del ultrasonido eliminaría la capa de barro dentinario. Sin embargo, la alternancia de irrigantes tales como NaOCl y EDTA sí ayuda para este objetivo.
- ◆ El gran aporte del ultrasonido, se ve de forma evidente en la eliminación de obstrucciones en los conductos, limas fracturadas o espigas metálicas. Esto gracias a la ruptura de la interfase del medio cementante. Apoyado por la magnificación e iluminación proporcionada por el microscopio clínico.
- ◆ Existen diferencias significativas en la eliminación de restos dentinarios, detritus y restos pulpares desde zonas no instrumentadas del conducto e istmos entre la preparación ultrasónica pasiva y la irrigación convencional.

- ◆ No obstante la condensación ultrasónica de la gutapercha ha probado ser mejor que la condensación lateral en frío. No obstante es una técnica que requiere un cuidado y manejo exquisito y exigente.

- ◆ La colocación ultrasónica de MTA probó ser mejor en adaptación y compactación que la manual.

- ◆ Según la bibliografía, la oscilación de la lima en el interior del conducto es poco controlada, razón por lo cual no se recomienda la instrumentación ultrasónica del conducto radicular ya que pueden producirse perforaciones o falsas vías.

- ◆ Un gran desarrollo se ha producido en la cirugía periapical gracias a la utilización de magnificación y puntas ultrasónicas para la confección de la cavidad a retro. Esto ha provocado el desarrollo de una técnica quirúrgica moderna mucho mas predecible, menos invasiva y con un porcentaje de éxito de el 98% versus el 53% de la técnica convencional. (Von Arx T, 2000)

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. Abbott P. V. "Incidence of root fractures and methods used for post removal". *International Endodontic Journal*, 35; 63-67. 2002
3. 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.
4. Aguirre A. M., Mahmoud E. El Deeb, and Ramon Aguirre: "The effect of ultrasonics on sealer distribution and sealing of root canals". *Journal Of Endodontics*, vol 23, nº 12, Diciembre 1997.
5. Ahmad M, "Effect of ultrasonic instrumentation on *Bacteroides intermedius*". *Endodontics & Dental Traumatology*, 1989; 5: 83-6.
6. Ahmad M, Roy RA. "Some observations on the breakage of ultrasonic files driven piezoelectrically". *Endodontics & Dental Traumatology*, 1994; 10: 71-76.
7. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. "Ultrasonic debridment of root canals: acoustic streaming and its possible role". *Journal of Endodontics* 1987; 14: 490-9.
8. Ahmad M., Thomas R. Pitt Ford, and Lawrence A. Crum: "Ultrasonic debridment of root canals: An insight into the mechanisms involved". *Journal Of Endodontics*, vol 13, nº 3, Marzo 1987.
9. Ahmad M. "Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro". *Endodontics & Dental Traumatology*, 1990; 6: 230-1.
10. Alaçam T. "Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems". *International Endodontic Journal* .1987; 20:287-94.
11. Alaçam T., Ali Cernal Timez. "Second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using microscopy and ultrasonics". *Aust. Endod. J.* 2007.
12. Altshul J. H., Gordon Marshall, Leslie A. Morgan, and J. Craig Baumgartner. "Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force". *JOE*, vol 23, nº 11, Noviembre 1997.

13. Baumgartner J. C., and Paul R. Cuenin. "Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation". *JOE*, vol 18, n° 12, Diciembre 1992.
14. Berbert A. MT. Filho, AH. Ueno, CM. Bramante & A. Ishikiriama. "The influence of ultrasound in removing intraradicular post". *International Endodontic Journal* 1995;28:54-56.
15. Bergerson B. E, David F. Murchison, William G. Schindler, and William A. Walker III. "Effect of Ultrasonic vibration and various sealer and cement combinations on titanium post removal". *JOE*, vol 27, n° 1, Enero 2001.
16. Bernardes R., Ivaldo G. de Moraes y colaboradores. "Evaluation of apical cavity preparation with a new type of ultrasonic diamond tip". *JOE*, vol 33, n° 4, Abril 2007.
17. Bittencourt Garrido A. D, Tabajara Sabbag Fonseca, Edson Alfredo, Yara Teresinha Correâ Silva-Sousa, and Manoel D. Sousa-Neto. "Influence of ultrasound, with and without water spray cooling, removal of posts cemented with resin or zinc phosphate cements". *Journal Of Endodontics*, vol 30, n° 3, marzo 2004.
18. Briggs P, Gulabivala K, Stock C, Setchell J. "The dentine removing characteristics of an ultrasonically energized K-file". *Int. Endodontic J.* 1989; 22:259-268.
19. Cameron JA. "The use of ultrasonics in the removal of smear layer: a scanning electron microscope study". *JOE* 1983;9: 292-8.
20. Cameron JA. "The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite : A scanning electron microscopic evaluation". *J. Endod.* 1987 Nov: 13 (11) 541-545.
21. Cameron JA." The use of 4% sodium Hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study". *Australian Dental Journal* 1987; 32:204-13.
22. Cameron JA."the synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation". *JOE* 1987; 13: 541-5.
23. Cameron JA."The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall". *JOE* 1988; 14: 554-8.
24. Cameron JA. "Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics; a scanning electron microscopy study". *International Endodontics journal* (1995) 28, 47-53.

25. Cameron JA. "The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report". *Journal Of Endodontics*, vol 8, nº 10, Octubre 1982.
26. Carr G. Retratamiento. En: Cohen S, Burns R. Editores. *Vías de la pulpa*, 7º ed., Madrid, Harcourt, 1999, cap. 23, pps. 774-5.
27. Carr G. preparación ultrasónica del extremo radicular. *Dent Clin North Am.* 1997, 3: 611-24
28. Carver K., John Nusstein and cols. "In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars" *J. Endod* 2007; 33:1038-1043.
29. Castrisos T. and Abbott P. V. "A survey of methods used for post removal in specialist endodontic practice". *Int. Endod. J.* 35, 172-180. 2002.
30. 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.* 1989; 22: 21-28.
31. Collinson KL, Zakariasen MA." Microbiological assessment of ultrasonics in root canal therapy". *Abstract. JOE* 1986; 12: 131.
32. Cotti E., Valeria Simbola, Claudia Dettori, and Girolamo Campisi. "Echographi evaluation of bone lesions of endodontic origin: report of two cases in the same patient". *Journal Of Endodontics*, vol 32, nº 9, Septiembre 2006.
33. Cunningham W. T., and Aram Y. Balekjian. "Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant". *Oral Surg.* Vol 49, nº 2, Febrero, 1980.
34. 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
35. Chenail B. L., and Paul E. Teplitsky. "Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstructions". *Journal Of Endodontics*, vol 13, nº 4, Abril 1987.
36. Cheung GSP, Stock CJR."In vitro cleaning ability of root canal irrigant with and without endosonics". *International Endodontic Journal* 1993; 26: 334-74.

37. Devall R., Lumley P., Waplington M., Blunt L. "Cutting characteristics of a sonic root-end preparation instrument". *Endodontics & Dental Traumatology* 1996; 12: 96-99.
38. Druttman AC. Stock CJ. "An in vitro comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement". *International Endodontic Journal* 1989; 22: 174-8.
39. Enciclopedia hispánica. 1ºEd. 5º rev. . Barcelona, Encyclopedia Británica Publisher, Inc., 1995. Vol. 1, Pág. 53-55.
40. Engel T, Steiman R. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation,. *J Endod.* 1995September, 21(9): 443-5.
41. 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.
42. Flanders D. New techniques for removing separated root canal instruments. *NY State Dent J.* 1996 May: 30-32.
43. Flath R, Hicks M. Retrograde instrumentation and obturation with new devices. *J Endod,* 1987, 13(11): 546-9
44. Frank R, Antrim D, Bakland L. Effect of retrograde cavity preparations on root apexes. *Endod Dent Traumatol.* 1996; 12: 100-103.
45. Gagliani M. M., F. G. Gomi and L. Strohmenger. "Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5 year longitudinal comparison". *International Endodontic Journal;* 38, 320-327. 2005.
46. Gomez A. Kubo C y cols. "The influence of ultrasound on the retention of cast post cement with different agents" *Int. Endodontic J.* 2001;34: 93-99
47. Goncalves J.Passarinho-Neto and cols. "In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation". *Aust. Endod. J.* 2006; 32, 123- 128
48. Gondim E., A. A. Zaia, Gomes, Ferraz, Teixeira & Souza-Filho. "Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavities prepared with ultrasonic tips". *International Endodontic Journal,* 36, 491-499, 2003.
49. Gondim E., Syngcuk Kim, and Francisco José de Souza-Filho. "The investigation of microleakage from root- end fillings in ultrasonic retrograde cavities with or without finishing: A quantitative analysis". *OOOOE,* vol 99, nº 6, Junio 2005.

50. Goodman A, Reader A, Beck M, Meyers W. "An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars". JOE 1985; 11: 249-56
51. Gorman M. C., H. Robert Steinman, and Arnold H. Gartner. "Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations". Journal Of Endodontics, vol 21, n° 3, Marzo 1995.
52. Guerisoli D. M. Z., Marchesan M. A. , Walmsley A. D., Lumley P. J. And Pecora J. D. "Evaluation of smear layer removal by EDTAC and Sodium hypochlorite with ultrasonic agitation". Int. Endod. J. 35, 418-421. 2002
53. Gutarts R., John Nusstein, Al Reader, and Mike Beck. "In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars". JOE, vol 31, n° 3, Marzo 2005.
54. Gutmann J, Harrison J. Surgical endodontics, St. Louis, Ishiyaku EuroAmerica Inc. 1994, pps. 216-7.
55. Haidet J., Al Reader, Mike Beck, and William Meyers. "An in vivo comparison of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars". Journal Of Endodontics, vol, 15, n° 5, Mayo 1989.
56. Hauman C. H. J., N. P. Chandler & D. G. Purton. "Factors influencing the removal of post". International Endodontic Journal, 36, 687-690, 2003.
57. Heard F, Walton RE. " Scanning electron microscope study comparing four canal preparation techniques in small curved canals". International Endodontic Journal 1997; 30: 323-31.
58. Hülsmann M. Removal of fractured instruments using a combined automated/ultrasonic technique. J Endod. 1998 March; 20(3): 144-46.
59. 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.
60. 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.

61. Ishikawa H., N. Sawada, C. Kobayashi & H. Suda. "Evaluation of root-end cavity preparation using ultrasonic retrotips". *International Endodontic Journal*, 36, 586-590, 2003.
62. Jensen S. A., Thomas L. Walker, Jeffrey W. Hutter, and Brian K. Nicoll. "Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals". *JOE*, vol 25, n° 11, Noviembre 1999.
63. Johnson W. T., James M. Leary, and Daniel B. Boyer. "Effect of ultrasonic vibration on post removal in extracted human premolar teeth". *JOE*, vol 22, n° 9, Septiembre 1996.
64. Kellert M, Solomon C, Chalfin H. A modern approach to surgical endodontics : Ultrasonic apical preparation. *NY State dent J*. 1994 July; 25-28.
65. Kim S. Principios de microcirugía endodóntica, *Dent Clin North Am*. 1997, 3: 547-63.
66. Langeland K, Liao K, Pascon E. Work-saving devices in endodontics: Efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *JOE*. 1985 Nov; 11(11): 499-509.
67. Laukhuf G., A. K. Mickel, and S. Chogle. "Sonic versus ultrasonics in effectiveness of bacterial reduction and release". *JOE*, vol 26, n° 9, Septiembre 2000.
68. Lawley G. R., William G. Schindler, William A. Walker and David Kolodrubetz. "Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification". *JOE*, vol 30, n° 3, Marzo 2004.
69. Layton C, Marshall G, Morgan L, Baumgartner C." Evaluation of cracks associated with ultrasonic root end preparation". *JOE*. 1996 April; 22(4): 157-60.
70. Lee S. J., M. K. Wu and P. R. Wesselink. "The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls". *International Endodontic Journal*, 37, 672-679, 2004.g
71. Leonardo MR."Endodoncia tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos". *Artes Medicas/Latinoamérica* 2005 Cap 18; Pág. 647-687.
72. 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. *JOE*. 1987 Nov; 13(11): 523-30.

73. Lui Jeen-Nee, Hong-Guan Kuah and Nah_Nah Chen. "Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer". JOE, vol 33, n° 4, Abril 2007.
74. Lumley P, Walmsley A. Inherent variability in the power output of endosonic instruments. *Int Endod J.* 1991; 24: 298-302.
75. Lumley P, Walmsley A, Laird W. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J.*, 1991; 24: 290-97.
76. Lumley P. J. "Cutting ability of heliosonic, rispisonic, and shaper files". JOE, vol 23, n° 4, Abril 1997.
77. Maddalone M. & M. Gagliani. "Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study". *International Endodontic Journal*, 36, 193-198, 2003.
78. Martin H. "Ultrasonic disinfections of the root canal". *Oral Surg.* 1976 Jul; 42(1): 92-99.
79. Martin H, Cunningham W. "Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system". *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
80. Martin H., Walter T. Cunningham, and J. Philip Norris. "A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin". *Oral Surg.* Vol 50, n° 6, Diciembre, 1980.
81. Mayer B. E., Peters O. A. and Barbakow F. " Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study". *International Endodontic Journal*, 35, 582-589, 2002.
82. McComb D, Smith D. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures .*JOE* 1975 Jul; 1(7): 238-242.
83. Mehlhaff D, Marshall G, Baumgartner C. Comparison of ultrasonic and high speed bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *JOE*, 1997 July, 23(7): 448-52
84. Metzler R, Montgomery S. "The effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars"*JOE* 1989; 15: 373-8.
85. Miserendino L, Miserendino C, Moser J, Heuer M, Osetek. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part III. Comparison of sonic and ultrasonic instrument Systems. *JOE.* 1988 January, 14(1): 24-30

86. Min M, Brown C, Legan J, Kafrawy A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. JOE. 1997 Oct; 23(10): 624-28.
87. Moorer WR, Wesselink PR. "Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite". International Endodontic Journal 1982; 15: 187-96.
88. Mozayeni M. A. , Javaheri G. H. and cols. "Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: A scanning electron microscopic study". Aust. Endod. J. 2007.
89. Munley P. J. and Gary G. Goodell. "Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals". JOE, 33, 578-580, 2007.
90. Naïr PNR, Henry S, Cano V, Vera J. " Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after one visit endodontic treatment". OOO&E 2005; 99: 231-52.
91. Nagy C. D, Bartha K, Brenath M, Verdes E, Szabó J. "The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques". Int. Endod. J. 1997; 30, 133-140.
92. Nagy C. D, K. Bartha, M. Brenath, E. Verdes, J. Szabó. "A comparative study of seven instruments in shaping the root canal in vitro". International Endodontic Journal (1997) 30, 124-132
93. Nehme W. B. "Elimination of intracanal metallic obstructions by abrasion using an operational microscope and ultrasonics". JOE, vol 27, nº 5, Mayo 2001.
94. Oman C, Applebaum E. Ultrasonic cavity preparation, II Progress report. J Am Dent Assoc. 1955 April; 50 414-17.
95. Paz E., James Satovsky and Ivan Moldauer. "Comparison of the cutting efficiency of two ultrasonic units utilizing two different tips at two different power settings". JOE, vol 31, nº 11, Noviembre 2005.
96. Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. "In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation". Aust Endod J. 2006 dec; 32 (3): 123-8.

97. Peters OA. "Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review". JOE 2004; 30: 559-67
98. Pin Lin C, Guang Chou H, Chuan Kuo J, Hong Lan W. "The quality of ultrasonic root end preparation : A Quantitative study". JOE 1998 October, 24(10): 666-70.
99. Plotino G., Cornelis H. Pameijer, Nicola Maria Grande and Francesco Somma. "Ultrasonics in endodontics: a review of the literature". JOE, vol 33, n° 2, Febrero 2007.
100. Rainwater A, Jeansonne B, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation. JOE. 2000 Feb; 26(2): 72-5.
101. Ricucci D, Bergenhotz G. " Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries – a histobacteriological study of treated cases". International Endodontic Journal 2003; 36: 787-97.
102. Rojas Ximena, Linares Carla y cols. "evaluación de la capacidad del selle del Pro-Root condensado en forma manual o ultrasónica, posterior a la retropreparación apical con ultrasonido o microcontraángulo" revista CES Odontología vol. 17, n° 2, 2004.
103. Roy R. A, Ahmad M. and Crum L. A. "Physical mechanism governing the hydrodynamic response of oscillating ultrasonic file". Int. Endod. J. 1994, 27, 197-207.
104. Sabins R. A, James D. Johnson and John W. Hellstein. "A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals". JOE, vol 29, n° 10, Octubre 2003.
105. Schenck G, Glemming TF, Lob S, Ruckdeschel G, Hickel R. "Lack of antimicrobial effect on periodontopathic bacterial by ultrasonic and sonic scalers in vitro". Journal of Clinical Periodontology 2000; 27: 116-119.
106. Siqueira J. F. Jr, A. G. Machado, R. M. Silveira, H. P. Lopes and M. De Uzeda. "Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro". International Endodontic Journal, vol 30, 279-282, 1997.
107. Siqueira J. F. Jr, Marcos C. P. Araújo, Paulo F. Garcia, Ricardo C. Fraga and Carlos J. Sabóia Dantas. "Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals". JOE, vol 23, n° 8, Agosto 1997.

108. Sjögren U. and Göran Sundqvist. "Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation". *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1987; 63:366-70.
109. van der Sluis LWM, H. Shemesh, M. K. Wu & P. R. Wesselink. "An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings". *International Endodontic Journal*, 40, 356-361, 2007.
110. van der Sluis LWM, M. K. Wu and P. R. Wesselink. "A comparison between a smooth wire and K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation". *International Endodontic Journal*, 38, 593-596. 2005.
111. van der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. "The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper". *International Endodontic Journal* 2005; 38: 764-8.
112. van der Sluis LWM, M. K. Wu and P. R. Wesselink. "The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from on artificial standardized grooves in the apical root canal using different irrigation methodologies". *Int. Endod. J.* 40, 52-57, 2007.
113. van der Sluis LWM, M. Versluis, M. K. Wu & P. R. Wesselink. "Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature". *International Endodontic Journal*, 40, 415-426, 2007.
114. Smith B. J. "removal of fractured post using ultrasonic vibration: an in vivo study". *JOE*, vol 27, n° 10, Octubre 2001.
115. Spoleti P., Marthe Siragusa and María Julia Spoleti. "Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation". *JOE*, vol 29, n° 1, Enero 2003.
116. Sultan M. Pitt Ford T. "Ultrasonic preparation and obturation of root end cavities". *Int. Endod. J.* 1995, 28: 231-238.
117. Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results. *J Oral Maxillofacial Surg*, 1996, 54: 590-93.
118. Syngcuk Kim and Samuel Katchman. "Modern endodontic surgery concepts and practice: a review". *JOE*, vol 32, n° 7, Julio 2006.
119. Tomson P. L, Simon C. Lea, Philip J. Lumley and Damien Walmsley. "Performance of ultrasonic retrograde systems". *JOE*, vol 33, n° 5, mayo 2007.

120. Tsesis I., Eyal Rosen, Devorah Schwartz-Arad and Zvi Fuss. "Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique". JOE, vol 32, n° 5, Mayo 2006.
121. Türkün M. and Cenziz T. "The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness". Int. Endod. J. 1997, 30, 335-342.
122. Von Arx T, Walker WA. "Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicectomy: a literature review". Endodontics & Dental Traumatology, 2000; 16: 47-62.
123. Walmsley A. D. "Ultrasound and root canal treatment; the need for scientific evaluation". Int. Endod. J. 1987; 20, 105-111.
124. Walmsley A. D., P. J. Lumley, W. T. Jonson and R. E. Walton. "Breakage of ultrasonic root-end preparation tips". JOE, vol 22, n° 6, Junio 1996.
125. Waplington M, Lumley PJ, Blunt L." An in vitro investigation into the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments". Endodontics & Dental Traumatology 2000; 16: 158-161.
126. Waplington M, Lumley PJ, Walmley AD, Blunt L. "Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument". Endodontics & Dental Traumatology 1995; 11: 177-180.
127. Weber C. D, Scott B. McClanahan, Glenn A. Miller, Marie Diener-West and James D. Johnson. "The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5,25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals". JOE, vol 29, n° 9, Septiembre 2003.
128. Weller CD. McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson J. "Efficacy of ultrasonic cleaning". JOE 1980;6:740-3
129. Wu MK, van der Sluis LWM, Wasselink PR. " The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals". International Endodontic Journal 2003,36: 218-24.

130. Yasunori Sumi, Hiroto Hattori, Kiyoji Hayashi and Minoru Ueda. "Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results". *J. Oral Maxillofac. Surg.* 54: 590-93, 1996.
131. Yi Hsu Y, Kim S." La superficie radicular reseca, el problema de los istmos canaliculares". *Dent Clin North Am.* 1997, 3: 597-625.
132. 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.". *JOE* 1997 April; 23(4): 239-241.
133. Yu-beng Lin, André K. Mickel, Jefferson J. Jones, Thomas A. Montagnese and Alvaro F. González. "Evaluation of cutting efficiency of ultrasonic tips used in orthograde endodontic treatment". *JOE*, vol 32, nº 4, Abril 2006.
134. Goldman M, "Comparación de tres métodos de limpieza y conformación de canales radiculares In Vitro". *JOE*, 1988; vol 14:n 1.
135. Clark D. "The operating microscope and ultrasonics: a perfect marriage". *Dent Today* 2004; 23: 74-81
136. 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*. 3º Ed., St. Louis, Motsby, 1997, cap. 4, pp.84.
137. Vansan LP, Pecora JD, da Costa WF, Silva RG, Savioli RN. "Comparative in Vitro study of apically extruded material after four different root canal instrumentation techniques". *Braz Dent J* 1997; 8:79-83