



Revisión Bibliográfica

IMPORTANCIA DE LA ACTIVACIÓN DE LA IRRIGACIÓN DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Rodríguez Vázquez, P., Estévez Luaña, R., Valencia de Pablo, O., Cisneros Cabello, R.
Importancia de la activación de la irrigación durante el tratamiento de conductos: Una revisión de la literatura. Cient. Dent. 2015; 12; 1: 61-69.



Rodríguez Vázquez, Paula
Licenciada en Odontología por la Universidad Europea de Madrid.

Estévez Luaña, Roberto
Profesor del Máster de Endodoncia de la Universidad Europea de Madrid.

Valencia de Pablo, Óliver
Profesor del Máster de Endodoncia de la Universidad Europea de Madrid.

Cisneros Cabello, Rafael
Director del Máster de Endodoncia de la Universidad Europea de Madrid.

Indexada en / Indexed in:

- IME
- IBECs
- LATINDEX
- GOOGLE ACADÉMICO

Correspondencia:

Paula Rodríguez Vázquez
Dirección: C/Jerónimo Ibrán 3 1ºb
33600 Mieres (Asturias)
Paula.rodriguezvazquez@outlook.com
Tel.: 619 250 296

Fecha de recepción: 18 de noviembre de 2014.
Fecha de aceptación para su publicación:
19 de febrero de 2015.

RESUMEN

Introducción: La compleja anatomía presente en el sistema de conductos limita nuestra habilidad para limpiar y desinfectar de manera predecible. La remoción de cualquier resto pulpar vital y necrótico, microorganismos y sus toxinas, así como el barrillo dentinario que se produce durante la instrumentación, es esencial para el éxito del tratamiento de conductos.

Durante los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas de irrigación, empleando sistemas de activación y liberación, con el objetivo de mejorar la técnica convencional y lograr que el irrigante acceda a las zonas más inaccesibles del entramado radicular, como son: áreas no instrumentadas, conductos laterales, deltas apicales, etc.

En este estudio se revisará la bibliografía existente acerca de dos de las técnicas de irrigación mecánicas más importantes: la activación sónica y la ultrasónica, para comprobar su eficacia respecto a la técnica convencional, y también para compararlas entre sí.

Ambas técnicas se han probado más eficaces que la manual. No obstante, la técnica ultrasónica ha obtenido mejores resultados a la hora de eliminar detritus del conducto, así como al distribuir el irrigante y penetrar en áreas no instrumentadas en comparación con la activación sónica.

PALABRAS CLAVE

Irrigación; Activación ultrasónica pasiva; Activación sónica; Tratamiento de conductos

IMPORTANCE OF THE ACTIVATION OF IRRIGATION DURING ROOT CANAL TREATMENT: A REVIEW OF THE LITERATURE

ABSTRACT

The complex anatomy of root canal systems has limited our ability to clean and disinfect it predictably. The removal of any vital and necrotic pulp tissue, microorganisms and their toxins, along with the smear layer is essential for endodontic success.

Proper cleaning of the canal system is a necessary goal for endodontic treatment success, and so has been the subject of numerous studies. Recently, new irrigation techniques have been developed, which use mechanical systems in order to improve the manual technique and to help the irrigant get to the most intricated areas of the canal system.

This study will review the literature about two important mechanical irrigation techniques: Sonic and ultrasonic irrigation, in order to check its effectiveness over the conventional technique, and to compare them.

Both techniques have been proven to be more efficient than the traditional one. However, the use of ultrasonics has been more successful in removing debris from the duct, distributing irrigant and penetrating uninstrumented areas compared to sonic activation.

KEY WORDS

Irrigation; Passive ultrasonic irrigation; Sonic activation; Root canal treatment.

INTRODUCCIÓN

Es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico que el tejido pulpar vital y necrótico, los microorganismos y sus toxinas se remuevan del conducto radicular. Es prácticamente imposible conformar y limpiar el conducto en su totalidad, debido a la compleja anatomía que posee. Incluso los instrumentos rotatorios actuales actúan únicamente en la parte central del conducto, dejando casi siempre los conductos accesorios sin instrumentar. Estas áreas pueden acumular restos de tejidos y bacterias que dificultarán después la adaptación del material de obturación. Es por esto que la irrigación es una parte fundamental del tratamiento, debido a que permite limpiar el conducto en zonas a las que la instrumentación mecánica no puede acceder¹.

A lo largo de la historia de la endodoncia, se han hecho esfuerzos para desarrollar sistemas más eficaces para irrigar el sistema de conductos. Estos sistemas se pueden dividir en dos amplias categorías: técnicas manuales y mecánicas. Entre los procedimientos mecánicos se incluyen el uso de cepillos rotatorios, sistemas de irrigación combinados con instrumentación rotatoria del conducto, dispositivos de alternancia de presión y sistemas sónicos y ultrasónicos. Todos ellos parecen mejorar la limpieza de conductos en comparación con la jeringa convencional¹.

En la actualidad, ningún irrigante tiene la capacidad por sí solo de disolver el tejido pulpar orgánico, y de remover la materia inorgánica de las paredes del conducto, incluso si son usados a pH bajo, aumentando su temperatura o añadiendo surfactantes para mejorar su humectancia. Es por esto que en la práctica actual se emplean varios irrigantes: hipoclorito de sodio (NaOCl), agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), o desinfectantes como la clorhexidina².

El objetivo de la irrigación es eliminar los restos de tejido pulpar y los microorganismos del sistema de conductos. La eficacia de la irrigación depende del mecanismo de trabajo del irrigante, así como de la capacidad de mantener el irrigante en contacto con los elementos y estructuras del conducto que deben ser eliminados³.

A la irrigación que realizamos de manera convencional y rutinaria con nuestra aguja de irrigación, se le denomina irrigación por presión positiva. La capacidad de irrigar de una jeringa manual es bastante débil, y depende tanto de la anatomía del conducto (ángulo y radio de curvatura) como del diámetro y la profundidad a la que llegue la aguja. En las mejores circunstancias clínicas, el irrigante sólo alcanza un milímetro más apical a la cabeza de la aguja de irrigación. Un aumento del volumen no mejora significativamente ni su acción de lavado ni la eficacia en la eliminación de detritus. En conductos con un diámetro apical mayor, a pesar que el riesgo de extrusión del agente de irrigación es mayor, el desbridamiento y desinfección de los conductos es mejor. Sin embargo, sigue siendo difícil limpiar a fondo la parte más apical de cualquier preparación⁴.

A lo largo de la historia de la endodoncia, se han desarrollado nuevas y mejores técnicas de irrigación que favorezcan la eli-

minación de detritus y bacterias del conducto, así como mejores formas de distribuir el irrigante, para acceder a las zonas más intrincadas del sistema de conductos. Estas técnicas se pueden dividir en dos grupos: técnicas de irrigación manuales y mecánicas¹.

El mecanismo por el que se puede distribuir el irrigante por todas las superficies de los conductos radiculares, se conoce como activación de la irrigación. Moorer y Wesselink en su estudio realizado en 1982 resaltan que el movimiento es más importante que la concentración de clorina presente en el hipoclorito de sodio y describen que la energía ultrasónica tiene gran capacidad para movilizarlo⁴.

Entre los sistemas que existen para la activación de la irrigación podemos destacar: activación sónica (Endoactivator®, Maillefer, Ballaigues-Suiza) y ultrasónica (Irrisafe®, Satelec, Merignac-Francia), activación hidrodinámica mediante movimiento pulsátil del irrigante (Rinsendo®, Airtechniques Inc., 1295 Walt Whitman Road., Melville, New York 11747)¹, activación mediante el cono maestro^{5, 6} y desinfección mediante fotoactivación (PDA System, High Tech Laser Australia)^{7, 8}. La activación sónica y ultrasónica son las técnicas de mayor uso en el campo de la endodoncia.

ACTIVACIÓN SÓNICA

La activación sónica es aquella que emplea este tipo de energía para distribuir el irrigante a lo largo de todo el conducto. Fue introducido en el campo de la endodoncia por Tronstadt y cols., en 1985⁹. Al igual que ocurre con la activación ultrasónica, el instrumento que se utilice debe actuar de manera pasiva, evitando el contacto con las paredes para que no disminuya su efecto.

Los instrumentos sónicos actúan a una menor frecuencia (1-8 kHz) que los ultrasónicos (25-40 kHz) (Figura 1). Los movimientos oscilatorios se originan fundamentalmente alrededor de la punta del instrumento,¹⁰⁻¹² y cuando se activa la irrigación de manera pasiva también ocurre el fenómeno de microcorriente acústica. Sin embargo Jiang y cols.,¹² al comparar la actividad sónica y ultrasónica durante la activación de la irrigación, concluyen que el fenómeno de cavitación no tiene lugar en la activación sónica bajo las condiciones de su estudio, ya que la amplitud de movimiento que consigue el instrumento sónico provoca el contacto con las paredes, no consiguiéndose la velocidad necesaria para producir grandes tensiones en el irrigante.



Figura 1. 1a: pieza de mano del sistema sónico Endoactivator. 1b: aditamentos empleados para mover el irrigante con la unidad sónica.

ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA

Consiste en emplear energía ultrasónica sobre unos aditamentos o instrumentos, que cuando se activan en el interior del conducto, producen un movimiento del agente irrigante. El uso de los ultrasonidos fue introducido en endodoncia por Richman en 1957¹³. En el interior del conducto ha sido empleado no sólo únicamente para la activación de la irrigación, sino también para la instrumentación, aunque dejó de usarse para conformar el conducto porque producía grandes transportes apicales¹⁴, y deformación¹⁵ en el conducto, pudiendo comprometer el éxito del tratamiento.

En comparación con la energía sónica, la energía ultrasónica opera a alta frecuencia, pero a baja amplitud. Las limas están diseñadas para oscilar a frecuencias ultrasónicas de 25-30 KHz, que están más allá del límite del oído humano (> 20 KHz). Operan en una vibración transversal, estableciendo un patrón característico de nodos y antinodos a lo largo de su longitud.

Existen dos tipos de irrigación ultrasónica: una irrigación que es combinada con la instrumentación ultrasónica, y otra denominada irrigación pasiva ultrasónica (PUI: passive ultrasonic irrigation), donde no se emplea instrumentación ultrasónica. El término PUI, fue introducido por Weller y cols., en 1980¹⁶. Cuando se habla de irrigación pasiva, se refiere a que el instrumento empleado no tiene efecto cortante sobre las paredes, sino que solamente transmite la energía al irrigante. Ésta energía puede producir dos fenómenos sobre el líquido: microcorriente acústica (acoustic microstreaming) o el fenómeno de cavitación.

Acoustic streaming

Acoustic streaming o corriente acústica, término introducido por Walmsley en 1987¹⁷, es el rápido movimiento de un fluido en un movimiento circular en torno a una lima en vibración (Figura 2). La transmisión acústica que se produce en el conducto durante la irrigación ultrasónica ha sido descrita como acoustic microstreaming. Ésta se define como la transmisión

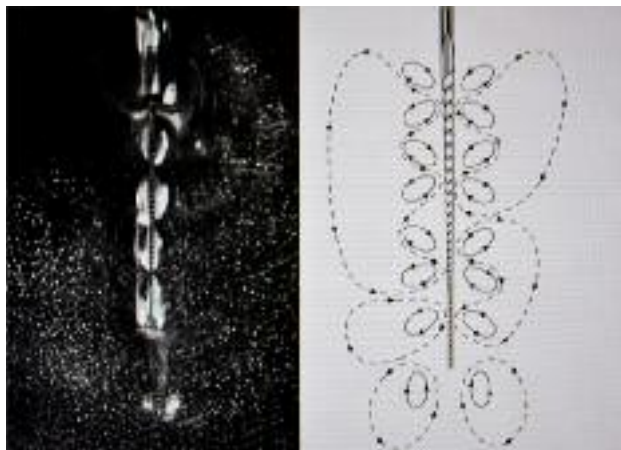


Figura 2. 2a: efecto que produce sobre un líquido la activación ultrasónica de la irrigación. 2b: nodos y antinodos que aparecen como consecuencia de la energía ultrasónica (van der Sluis y cols. 2006)⁴.



Figura 3. Situación clínica donde podemos ver la situación del aditamento ultrasónico centrado en el conducto radicular.

que se produce cerca de pequeños obstáculos colocados dentro de un campo de sonido, cerca de pequeñas fuentes de sonido, membranas vibrantes o alambres, que surgen de las fuerzas de fricción entre un límite y medianas vibraciones de frecuencia circular.

El patrón de transmisión se corresponde con el patrón característico de los nodos y los antinodos a lo largo de la longitud de la lima oscilante. La amplitud de desplazamiento es máxima en la punta de la lima, probablemente causando un flujo direccional de la parte coronal del conducto. Cuando la lima toca la pared del conducto en un antinodo se reducirá más la amplitud de desplazamiento en comparación con cuando toca en un nodo. Cuando la lima no puede vibrar libremente en el conducto (Figura 3), el microstreaming será menos intenso, sin embargo, no se detendrá completamente. El acoustic microstreaming resultante depende inversamente de la superficie de la lima que contacta con la pared del conducto.

En conductos curvos, precurvar la lima dará lugar a un microstreaming más potente. Una lima precurvada muestra el mismo patrón de nodos y antinodos que una lima recta tanto en aire como en la geometría de un conducto reducido. La intensidad del acoustic microstreaming está directamente relacionada con la velocidad de transmisión. La ecuación que describe en una primera aproximación la velocidad de transmisión es:

$$v = \frac{\omega \epsilon 20}{a}$$

Donde v es la velocidad del líquido de transmisión, ω es 2π veces la frecuencia de accionamiento, ϵ es la amplitud de desplazamiento y un radio de la del alambre. A raíz de la ecuación se puede concluir que cuanto más delgada sea la lima, mayor es la frecuencia y mayor es la amplitud de desplazamiento de ésta, será mayor también la velocidad de transmisión y por tanto el microstreaming será más potente. Aún queda por demostrar si esta ecuación también se cumplirá en el complicado patrón de transmisión no lineal durante PUI. La corriente de cizallamiento causada por el acoustic microstreaming produce tensiones de cizallamiento a lo largo de la pared del

conducto, las que pueden eliminar los residuos y las bacterias de la pared. La tensión de cizalladura se expresa en la siguiente ecuación¹⁸:

$$\tau = \eta \gamma = \eta \frac{v}{\delta}$$

Donde η es la viscosidad cinemática del líquido, V la velocidad de transmisión (de la ecuación 1) y δ el espesor de la capa límite. Esta ecuación es una aproximación y queda por demostrar si es aplicable a las condiciones típicas, más complejas, de flujo en el conducto radicular^{3, 19}.

Cavitación

La cavitación en el contexto de mecánica de fluidos se describe como la formación de cavidades en un líquido a través de fuerzas de tracción inducidas por fluidos a alta velocidad. La cavitación acústica se puede definir como la creación de nuevas burbujas o la expansión, contracción y/o distorsión de las burbujas pre-existentes (núcleos) en un líquido, un proceso que está asociado a la energía acústica.

Según Roy y cols.,²⁰ pueden ocurrir dos tipos de cavitación durante la activación pasiva ultrasónica: cavitación estable y cavitación transitoria. La cavitación estable puede definirse como la pulsación lineal de cuerpos llenos de gas en un campo de ultrasonidos de baja amplitud. Cavitación transitoria ocurre cuando las burbujas de vapor son sometidas a pulsaciones altamente energéticas. Cuando las presiones acústicas son lo suficientemente altas, las burbujas pueden ser conducidas a un colapso violento, radiando ondas de choque y generando altas presiones y temperaturas internas.

La energía en el punto de colapso es en algunos casos suficiente para disociar las moléculas de gas en la burbuja, que se recombinan radiactivamente para producir luz, un proceso conocido como sonoluminiscencia. En los estudios de Ahmad y cols.,¹⁸ Lumley y cols.,¹⁵ y Roy y cols.,²⁰ la sonoluminiscencia se utilizó para detectar la cavitación transitoria.

La cavitación transitoria sólo se produce cuando la lima vibra libremente en el conducto o cuando toca suavemente (no completamente) la pared del mismo. El aumento (intencional) de contacto con la pared del conducto, como en la irrigación ultrasónica, excluye la cavitación transitoria. La característica de la superficie de la lima es importante para la mejora de la cavitación. En un estudio de Roy y cols., una lima lisa con bordes afilados y una sección transversal cuadrada produjo más cavitación transitoria que una normal de K-file. Los bordes afilados podrían haber inducido la llamada cavitación de borde. La cavitación transitoria era visible en el extremo apical y a lo largo de la longitud de la lima. Cuando la lima entró en contacto con el conducto, la cavitación estable resultó menos afectada que la cavitación transitoria y se podía observar principalmente en el punto medio de la lima. Una lima preformada en un canal curvado tiene más probabilidades de producir cavitación transitoria en lugar de una lima recta. Otros investigadores afirman que la cavitación proporciona sólo un beneficio menor en la irrigación con ultrasonidos, o que no se produce en absoluto^{3, 21, 22}.

En esta revisión se analizarán las distintas características de los sistemas de activación sónica y ultrasónica, y se compararán entre sí, observando su eficacia para cumplir determinados objetivos a la hora de irrigar el sistema de conductos.

DISCUSIÓN

Con el fin de conseguir que el tratamiento endodóntico alcance el éxito, todos los esfuerzos del operador tienen que ir encaminados en eliminar, en la mayor medida posible, los restos de tejido orgánico e inorgánico del interior del sistema de conductos mediante la estricta preparación quimiomecánica, unida a un correcto sellado tridimensional.

Numerosos autores²³⁻²⁵ han señalado que la instrumentación del sistema de conductos permite eliminar detritus del interior del sistema radicular. Sin embargo, siguen quedando zonas inaccesibles a nuestros instrumentos, donde pueden alojarse restos pulpares y/o microorganismos que pueden provocar el fracaso del tratamiento. Es en estos espacios, donde los irrigantes adquieren importancia, alcanzando áreas no instrumentadas, accediendo a conductos recurrentes, conductos laterales y deltas apicales que comunican el interior del sistema de conductos con los tejidos periapicales. Hasta la fecha muchas han sido las sustancias empleadas como irritantes,¹⁰ pero ninguna ha mostrado mejor resultado que el hipoclorito de sodio a la hora de eliminar el tejido orgánico. No obstante, durante la fase de irrigación del sistema de conductos, se ha descrito muchos factores que debemos conocer y tener en cuenta para conseguir una mayor efectividad del hipoclorito de sodio.

A pesar de los numerosos avances en el campo de la irrigación, hoy en día no existe una técnica que pueda realizar por sí misma, una limpieza total del sistema de conductos. La compleja anatomía dificulta enormemente la tarea y siempre quedan zonas a las que resulta imposible acceder. Buena parte de la bibliografía consultada concluyen que la activación de la irrigación, tanto de manera sónica como ultrasónica, muestra mejores resultados en comparación con la irrigación mediante presión positiva o jeringa convencional²⁶⁻³⁶.

Sin embargo, encontramos algún estudio, como el de Mayers y cols., en 2002³⁷, donde no encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la activación pasiva de la irrigación y la irrigación mediante presión positiva. Una de las razones para mostrar un comportamiento similar entre los dos grupos, puede ser el empleo de EDTA antes de utilizar hipoclorito de sodio, puesto que la interacción entre el agente quelante y el hipoclorito de sodio, inactiva la función de este último, pudiendo influir en los resultados finales del estudio.

A la hora de evaluar un estudio de irrigación es necesario comprobar minuciosamente el material y método, puesto que los resultados presentes en distintos estudios pueden variar, incluso presentando material y métodos similares. Posiblemente las diferencias sean debidas a si en los trabajos se ha simulado o no una situación clínica real, y por tanto el comportamiento de los fluidos en el interior de estos conductos va a ser radicalmente diferente si el diente se encuentra fuera de

su alveolo y no hay ninguna sustancia que selle el sistema de conductos.

En aquellos artículos que obtienen excelentes resultados de limpieza en el tercio apical encontramos en su metodología que no simulan la presencia de los tejidos de soporte o que ésta es deficiente. En los estudios de Senia³⁸, Ram³⁹, Abou-Rass y Patonai⁴⁰, Usman y cols.,⁴¹ observamos que en su metodología no existe ningún material que selle el ápice radicular. El protocolo de irrigación lo realizan con el diente en la mano, influyendo por tanto directamente en los resultados del estudio. Para poder realizar un estudio de irrigación, por tanto, es necesario crear un sistema cerrado, que selle el ápice radicular, favoreciendo el comportamiento de los fluidos en el interior del sistema de conductos. Entre estos materiales, nos podemos encontrar: Cera⁴² y adhesivo pasta-pasta⁴³.

Partiendo de esta hipótesis, el objetivo de esta revisión bibliográfica es evaluar la efectividad de la activación sónica y ultrasónica, y comparar entre sí, estos dos métodos de activación.

Se ha demostrado ampliamente que la energía ultrasónica consigue una corriente o microcorriente acústica responsable de la oscilación o movimiento del irrigante, haciendo que aumente sus propiedades de limpieza^{22, 44-47}.

Este fenómeno es inversamente proporcional al roce del instrumento con las paredes, así cuando la lima toca con el conducto, el efecto de microcorriente acústica, aunque no desaparece del todo, si se ve disminuido. La activación pasiva ultrasónica, mejora su acción cuanto menos roce exista entre las paredes del conducto y la lima empleada para realizar la activación pasiva ultrasónica (PUI)¹¹. Una de las ventajas de las activación pasiva es que en casos de conductos curvos, podremos precurvarlas para adaptarlas, al igual que hacemos con las limas manuales, a la anatomía original del conducto, consiguiendo mantener las propiedades de corriente acústica y efecto de cavitación. Así lo demuestran los siguientes estudios^{15, 48}, mostrando un comportamiento similar entre los instrumentos precurvados y sin precurvar.

Goodman y cols.,²⁶ mediante cortes histológicos comparan la limpieza que existe a diferentes longitudes, cuando se utiliza una técnica escalonada en la preparación del conducto, y cuando a ésta técnica se suma el ultrasonidos. Realizaron 150 secciones histológicas obtenidas a partir de primeros y segundos molares mandibulares, con un grado de curvatura entre 15° y 35°. Las secciones son analizadas a 1 mm y a 3 mm de la longitud de trabajo, por considerarse la zona crítica durante el tratamiento de conductos. Estos autores concluyen, que a 3 mm, la limpieza entre los dos grupos no muestra diferencias estadísticamente significativas, comportándose ligeramente mejor el grupo donde se empleaba el ultrasonidos. Por el contrario, a 1 milímetro si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, siempre a favor del grupo donde se combinaba el step-back con el ultrasonidos.

Por su parte Lee y cols.,^{30, 49} demuestran la eficacia del ultrasonidos para conseguir una mayor limpieza del sistema de

conductos. Para analizar la complejidad de un sistema de conductos, y así reproducir in vitro situaciones que pueden darse durante el tratamiento in vivo, deciden emplear dientes unirradiculares, a los cuales tras prepararlos de manera mecánica, realizan un corte longitudinal para dividir las muestras en dos partes. En una de las partes del diente, crea surcos o depresiones que rellena con detritus, para evaluar a posteriori la eficacia de distintas técnicas de irrigación. En ambos estudios concluyen que la eficacia de los ultrasonidos está demostrada. Observan que mientras que la jeringa convencional es capaz de retirar gran cantidad de detritus, existe diferencias estadísticamente significativas, siempre a favor del grupo donde se empleaba el ultrasonidos como patrón final de irrigación.

Gutarts y cols.,³¹ al igual que Goodman y cols.,²⁶ evaluaron mediante secciones histológicas la fiabilidad del ultrasonidos en comparación con el uso únicamente de jeringa de irrigación mediante presión positiva durante la fase final de la irrigación. Los resultados obtenidos por este grupo, demuestran que el empleo del ultrasonidos durante un minuto es suficiente para obtener muestras con un mayor grado de limpieza.

Passarinho y cols.,³² también emplean las secciones histológicas como método para evaluar la eficacia de la irrigación sobre el sistema de conductos. A diferencia de los estudios antes comentados, las muestras se dividen en 4 grupos, tres grupos que emplean el ultrasonidos como patrón de irrigación final, y un grupo la irrigación convencional mediante presión positiva. No especifica el diámetro de la jeringa, lo que dificulta conocer la penetración que alcanza en el interior del conducto. Por su parte los otros tres grupos emplean una punta de ultrasonidos equivalente a una lima del 20, con lo que, aunque no se especifica, pensamos que penetra sin problemas en los conductos radiculares instrumentados en este estudio hasta una lima 30/04. Las diferencias que existen entre los tres grupos que emplean el ultrasonidos, radica en el tiempo que se emplea el ultrasonidos, variando en 1, 3 y 5 minutos. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de irrigación mediante presión positiva y los otros tres grupos. Se obtienen conductos más libres de detritus en aquellos casos que se emplea el ultrasonidos para complementar la irrigación. En cuanto al tiempo de activación, aunque no se encuentra diferencias estadísticamente significativas, el grupo que empleó durante 5 minutos la activación ultrasónica, muestra mejores resultados en el tercio apical.

Los resultados obtenidos por Passarinho y cols.,³² en cuanto al tiempo de activación coinciden con los resultados obtenidos por Cameron⁵⁰ y por Alacam⁵¹ en sus estudios, donde a medida que aumenta el tiempo de activación conseguimos conductos más libres de detritus.

El aumento del tiempo de activación supone un aumento de la temperatura del hipoclorito. Así, Abou-Rass y Oglesby⁵² y Sirtes y cols.,⁵³ en sus estudios respectivamente, muestran un mayor efecto del hipoclorito para disolver el tejido orgánico, cuanto mayor era la temperatura. Cameron⁵⁴ y Ahmad⁵⁵ comentan esta situación, refiriéndose al aumento de temperatura del irrigante cuando la activación pasiva ultrasónica era llevada a cabo, concluyen que la variación en la temperatura no su-

pone un perjuicio para los tejidos periapicales, ya que se encuentran dentro de los parámetros de normalidad.

Los estudios que hemos analizado hasta ahora sobre la efectividad de la activación pasiva ultrasónica (PUI), únicamente evaluaban la capacidad de la energía ultrasónica para retirar detritus del sistema de conductos. No obstante varios estudios además también han valorado la capacidad de este sistema para eliminar bacterias del interior del sistema de conductos^{24, 30}. Las bacterias⁵⁶, representan un rol importante, en el desarrollo de una patología pulpar y periapical. Por tanto, su eliminación del interior del sistema de conductos, supondrá el éxito en nuestros tratamientos.

Siqueira y cols.⁵⁷ analizaron la eficacia de tres métodos de irrigación para eliminar las bacterias del interior del conducto. El estudio, realizado *in vitro*, consistió en introducir una cepa bacteriana (*Enterococcus Faecalis*) en el interior del conducto, y una vez instrumentado y sometido a los tres patrones de irrigación, tomar una nueva muestra, comprobando la cantidad de bacterias remanentes. Los tres sistemas empleados fueron: jeringa convencional y agitación del irrigante con lima manual; activación ultrasónica del irrigante durante un minuto con una lima del 15 introducida a longitud de trabajo; y el tercer grupo una combinación de hipoclorito de sodio y agua oxigenada. Éste es el único trabajo que no obtiene diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, no mostrando una efectividad de la activación ultrasónica frente a los otros sistemas. En este estudio la presión positiva se llevó a cabo con una jeringa de un diámetro 23-gauge, equivalente a una lima del 50. Aunque no indica el grado de penetración de la jeringa, en este caso no encontraríamos problemas, puesto que el conducto estaba instrumentado hasta una lima manual del 50, y al ser dientes unirradiculares, el grado de curvatura existente no alteraría la penetración de la jeringa convencional. Si bien, Siqueira y cols.⁵⁷ en su trabajo, no tienen en cuenta la eliminación del barrillo dentinario, que podría haber conseguido una mayor acción del irrigante o de las técnicas de irrigación; y no consiguen un sistema cerrado capaz de reproducir *in vitro* las condiciones clínicas, con lo que la dinámica de fluidos, y por ello, el comportamiento del irrigante, no va a ser del todo real.

En los estudios de Huque y cols.³⁴ Spoleti y cols.³⁵ y Weber y cols.³⁶ se pone de manifiesto las diferencias que existen entre emplear la activación ultrasónica como complemento final durante la irrigación. Aunque los tres estudios emplean protocolos distintos, concluyen que la activación ultrasónica es más eficaz que la irrigación mediante presión positiva.

En el estudio de Spoleti y cols.³⁵ al igual que en el estudio de Siqueira y cols.⁵⁷ una vez esterilizadas las muestras, se incuban distintas cepas bacterianas, y se compara la efectividad del suero salino para eliminar dichas bacterias, cuando se emplea únicamente con jeringa o si se emplea la energía ultrasónica. En este estudio no se tiene en cuenta el diámetro empleado en la jeringa convencional, mientras que una lima del 20, al igual que en nuestro trabajo, es empleada durante la activación pasiva ultrasónica. La potencia a la que se emplea la unidad ultrasónica no se tiene en cuenta, y el tiempo de ac-

tivación es de 10 segundos. Existe, como podemos ver hasta ahora, una falta de estandarización en cuanto al tiempo y a la potencia de activación. Lo que si se pone de manifiesto en este estudio³⁵, es que 10 segundos son suficientes para encontrar resultados más favorables de la PUI en comparación con la irrigación mediante presión positiva.

Weber y cols.³⁶ por su parte, comparan la efectividad del hipoclorito de sodio a la hora de mantener su actividad antibacteriana en el tiempo a las 6, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas. Además añadieron la activación pasiva ultrasónica durante un minuto, para evaluar si afecta o no en su actividad residual. Los resultados coinciden con los de Huque y cols.³⁴ y Spoleti y cols.³⁵ mostrando una mayor efectividad por parte de la PUI en comparación con la irrigación por presión positiva.

Hasta la fecha son pocos los trabajos publicados que comparan la efectividad de la activación sónica frente a la ultrasónica. La mayoría de los trabajos revisados muestran una efectividad superior de la activación ultrasónica frente a la activación sónica. Por el contrario Jensen y cols.⁵⁸ no obtienen diferencias estadísticamente significativas entre la activación sónica y ultrasónica, aunque si observan diferencias estadísticamente significativas estos dos grupos, frente al grupo donde el patrón de irrigación empleado era la jeringa de irrigación por presión positiva. Para evaluar la eficacia de la irrigación, estos autores emplean aditamentos con un diámetro en la punta, equivalente a una lima del 15, y con un tiempo de oscilación sónica y ultrasónica de tres minutos. Los restos del interior del conducto, son analizados a través de microfotografías que, siempre en la misma posición, comparan 6 mm del interior del conducto.

Sabins y cols.⁵⁹ al igual que Jensen y cols.⁵⁸ comparan tres patrones de irrigación: jeringa manual, activación sónica y la activación ultrasónica. A diferencia del estudio anteriormente comentado, introducen dos nuevos grupos, variando el tiempo de activación de 30 a 60 segundos y midiendo los detritus observados a 3 y 6 mm. Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas entre la activación ultrasónica frente a la sónica. El tiempo de activación no supuso una mejora en los resultados de limpieza, siendo suficientes 30 segundos como patrón de irrigación final.

Revisando la bibliografía, otros autores^{59, 60} recomiendan un tiempo de activación de 30 segundos, lo que coincide con los tiempos de activación que hemos aplicado.

Jiang y cols.¹² comparan distintos aditamentos de activación sónica, frente al aditamento 20/00 de Irrisafe para la activación ultrasónica. Los resultados obtenidos muestran una mayor efectividad de las limas Irrisafe, frente a los aditamentos sónicos. No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos donde la activación era llevada a cabo mediante sistemas sónicos. Según las condiciones de este estudio, en el 98% de las muestras no se encuentran ningún tipo de detritus en el tercio apical.

Paragliola y cols., en su trabajo⁶¹ van más allá. No sólo comparan grupos de activación sónica frente a la ultrasónica, sino que dentro de la activación ultrasónica, analizan dos unidades de ultrasonidos: Satelec (Acteon, Merignac, Francia) y EMS

(Nyon, Suiza). El tiempo de activación que utiliza para todos los grupos es de 20 segundos. Estos autores analizaron la limpieza existente a distintas longitudes del conducto radicular, aunque no establecen la longitud a la que introducen el aditamento de activación. A 1 mm de la longitud de trabajo, que es donde realmente la limpieza es más complicada, la activación ultrasónica muestra un mejor comportamiento frente a los aditamentos sónicos, estableciendo resultados estadísticamente significativos. En cuanto a la influencia o no del cambio de unidad de ultrasonidos, y con ello, un cambio en el aditamento de activación, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la unidad de Satelec (Acteon, Merignac, Francia), y la unidad de EMS (Nyon, Suiza).

La facilidad de penetración del irrigante en el interior del sistema de conductos va a depender de la anatomía interna, mejorando en dientes con anatomía sencilla, frente a dientes que presentan gran curvatura radicular. En el estudio realizado por Mayer y cols.,³⁷ se emplearon dientes unirradiculares y con conductos rectos, mientras que Rödíg y cols.,⁶² emplearon molares con conductos curvos. Éste último estudio concluye que la activación ultrasónica únicamente mejoraba la limpieza en el tercio coronal del conducto. Sin embargo, éstos resultados pueden deberse a la metodología empleada. Por ejemplo, Rödíg y cols., emplearon una punta con una conicidad mayor (0,04) a la empleada por Blank-Gonçalves y cols., (0,02)⁶³ y Mayer y cols.³⁷, no mencionan haber eliminado el EDTA del conducto antes de inyectar y activar el NaOCl, lo que, al provocar su inhibición, pudo haber tenido repercusión en el resultado del estudio.

Toda la bibliografía revisada está de acuerdo en que se debe estandarizar el protocolo de irrigación con ultrasonidos, y que se deben tener en cuenta varios factores, como el diámetro del conducto, la cantidad y el tipo de irrigante, y el diámetro de las puntas empleadas. De esta forma se podrán realizar unas comparaciones más exactas.⁶⁴

Cuando comparamos la activación sónica y ultrasónica, nos encontramos estudios que evalúan la efectividad la penetración del irrigante tras su activación en áreas no instrumentadas, como son conductos laterales o istmos. Gregorio y cols.,^{42, 65} evalúan la efectividad de distintas técnicas de irrigación: presión positiva, activación sónica y ultrasónica e irrigación por presión negativa, comparando la penetración del irrigante en conductos laterales simulados, y la posibilidad que el irrigante alcance la longitud de trabajo. Concluyen los autores que el sistema de distribución que permite que el irrigante penetre con mayor facilidad en los conductos laterales es la activación

pasiva ultrasónica.

Susin y cols.,⁶⁶ y Howard y cols.,⁶⁷ tratan de analizar la eficacia de distintos sistemas de irrigación para remover detritus alojados en istmos presentes en las raíces mesiales del primer molar mandibular. Susin y cols.,⁶⁶ emplean una cadena de color trisómica posterior al análisis mediante microtomografía computarizada. Esta coloración permite observar si existen detritus, y valorar por tanto, la limpieza de las conexiones o istmos que se presentan entre los conductos principales; mientras que Howard y cols.,⁶⁷ recurren a un cubo endodóntico, que permite seccionar la raíz, y evaluar posteriormente al microscopio la presencia de estos detritus a través de cortes perpendiculares al eje principal radicular. Estos dos autores, no observan diferencias estadísticamente significativas entre los distintos patrones estudiados.

Al realizar una endodoncia en un diente vital, se tiene entre manos una pulpa que aún no ha sido completamente dañada y por tanto, no está infectada, pero al tratar un diente necrótico, el clínico se debe enfrentar a un problema adicional, que es la correcta desinfección y eliminación de las bacterias del mismo.

Sin embargo y a pesar de la mejora en los procedimientos, no hay ninguna técnica que pueda desinfectar completamente el conducto, por lo que algunos autores recomiendan utilizar medicamentos intraconductos y técnicas de irrigación por presión negativa, que permitan llevar el irrigante a la zona apical de manera segura, y así eliminar bacterias y disolver el tejido orgánico e inorgánico remanente.

CONCLUSIONES

La técnica de activación sónica como la ultrasónica demuestran mayores niveles de limpieza y desinfección del conducto, así como distribución del irrigante comparadas con la presión positiva que ejercemos con la jeringa de irrigación.

La técnica sónica opera a menor frecuencia. Esto deriva en un mayor diámetro de oscilación y por tanto mayor contacto con la pared dentinaria, lo que genera mayor formación de detritus y barrillo dentinario.

La técnica ultrasónica ha obtenido mejores resultados a la hora de eliminar detritus del conducto, así como al distribuir el irrigante y penetrar en áreas no instrumentadas en comparación con la activación sónica.

Futuros estudios deben ir encaminados en estandarizar un patrón de activación ultrasónica, que permita emplear unas puntas con unas características específicas, así como el tiempo de activación y su empleo en conductos curvos.



BIBLIOGRAFÍA

1. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009; 35(6): 791-804.
2. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics. Increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17(3): 512-516.
3. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007; 40: 415-426.
4. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1982; 15: 187-196.
5. Machtou P. Irrigation investigation in endodontics. Paris VII University, Paris, France: Masters thesis; 1980.
6. Caron G. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris VII University, Paris, France: Masters thesis; 2007.
7. Fimple JL, Fontana CR, Foschi F, Ruggiero K, Song X, Pagonis TC, Tanner AC, Kent R, Doukas AG, Stashenko PP, Soukos NS. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *J Endod* 2008; 34: 728-734.
8. Soukos NS, Chen PS, Morris JT, Ruggiero K, Abernethy AD, Som S, Foschi F, Doucette S, Bammann LL, Fontana CR, Doukas AG, Stashenko PP. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. *J Endod* 2006; 32: 979-984.
9. Tronstadt L, Barnett F, Schawartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 69-76.
10. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389-398.
11. Van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2006; 39: 472-476.
12. Jiang L, Verhaagen B, Versluis M, Van der Sluis L. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod* 2010; 36: 143-146.
13. Richman RJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Med Dent J* 1957; 12: 12-18.
14. Stock CJR. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Dent J* 1991; 41: 175-182.
15. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J* 1991; 24: 290-297.
16. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980; 6: 740-743.
17. Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J* 1987; 20: 105-111.
18. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *J Endod* 1988; 14: 486-493.
19. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod* 2007; 33(2): 81-95.
20. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 1994; 27: 197-207.
21. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987; 13(10): 490-499.
22. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic cavitation and its relevance. *J Endod* 1988; 14(10): 486-493.
23. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001; 34: 221-230.
24. Hockett JL, Dommisch JK, Johnson JD, Cohenca N. Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: an in vitro study. *J Endod* 2008; 34: 1374-1377.
25. Brunson M, Heilborn C, Johnson J, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 2010; 36: 721-724.
26. Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W. An in Vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 1985; 11: 249-256.
27. Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987; 13: 541-545.
28. Metzler RS, Montgomery S. The effectiveness of ultrasonic and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod* 1989; 15: 373-378.
29. Cheung GS, Stock CJ. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J* 1993; 26: 334-343.
30. Lee S, Wu M, Wesselink. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root Canals. *Int Endod J* 2004; 37: 607-612.
31. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005; 31: 166-170.
32. Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferrreira 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; 32: 123-128.
33. Sjögren U, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 63: 366-370.
34. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1998; 31: 242-250.
35. Spoleti P, Siragusa M, Spoleti M. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod* 2003; 29: 12-14.
36. Weber C, McClanahan S, Miller G, Diener-West M, Johnson J. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root. *J Endod* 2003; 29: 562-564.
37. Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002; 35: 582-589.
38. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971; 31: 96-103.
39. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 44: 306-311.
40. Abou-Rass M, Patonai FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 53: 524-526.
41. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 2004; 30: 110-112.
42. Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals. An in vitro study. *J Endod* 2009; 35(6): 891-895.
43. Tay F, Gu L, Schoeffel J, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun S, Kim J, Looney S, Pashley D. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle

- for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010; 36: 745-750.
44. Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J* 1987; 20: 105-111.
 45. Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod* 1989; 15: 189-194.
 46. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Cleaning of oval Canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *J Endod* 1993; 19: 453-457.
 47. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 1994; 27: 197-207.
 48. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG. Observations of acoustic streaming fields ground an oscillating ultrasonic file. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8: 189-194.
 49. Lee S, Wu M, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004; 37: 672-678.
 50. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod* 1983; 9: 289-292.
 51. Alacam T. Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J* 1987; 20: 287-94.
 52. Abou-Rass M, Oglesby S. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod* 1981; 7: 376-377.
 53. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2005; 31: 669-671.
 54. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod* 1988; 14: 554-558.
 55. Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 230-231.
 56. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 20: 340-349.
 57. Siqueira JF, Araujo M, Garcia P, Fraga R, Saboia C. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod* 1997; 23: 499-502.
 58. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 1999; 25(11): 735-738.
 59. Sabins R, Johnson J, Hellstein J. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root Canals. *J Endod* 2003; 29: 674-678.
 60. van der Sluis LW, 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. *Int Endod J* 2005; 38: 764-768.
 61. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay F, Breschi L, Grandini S. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod* 2010; 36: 282-285.
 62. Rödiger T, Döllmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod* 2010; 36(12): 1983-1987.
 63. Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GH, Machado ME. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. *J Endod* 2011; 37(9): 1268-1271.
 64. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod* 2010; 36(8): 1361-1366.
 65. Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into stimulated Lateral canals and up to working length. An in vitro study. *J Endod* 2010; 36(7): 1216-1221.
 66. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, Bryan T, Weller RN, Paschley DH, Tay FR. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J* 2010; 43: 1077-1090.
 67. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod* 2011; 37: 1301-1305.