



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTO DESINFECTANTE DEL HIPOCLORITO DE
SODIO AL 2.5% CON ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA EN
LOS CONDUCTOS RADICULARES.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

DANTE RODRIGO VELÁZQUEZ OLVERA

**TUTORA: Mtra. AMALIA CONCEPCIÓN BALLESTEROS
VIZCARRA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mis padres, Jorge Velázquez y Martha Olvera, que han estado para mí desde siempre, contando con su apoyo y su amor incondicional en absolutamente todo momento, a pesar de la distancia que nos llega a separar. Me han impulsado a siempre ser mejor como persona, alcanzar todas las metas que me proponga y superar todos los obstáculos que me encuentre.

A mi hermano, Jorge Alberto Velázquez, mi compañero de vida, con quien he vivido todo mi proceso escolar en la UNAM y he compartido momentos inolvidables. Siempre me ha cuidado, me ha ayudado durante todo mi desarrollo y siempre está para mí como yo para él. Es alguien a quien realmente admiro y me inspira a llegar a ser tan grande como él.

A mis familiares, que han confiado en mí para atenderlos y guiarlos en las dudas que tienen respecto al área que estudio, así como la comprensión y el soporte que me han dado.

Mtra. Amalia Ballesteros, gracias por ser mi guía durante este proceso que culmina mi carrera universitaria; por ayudarme, orientarme, compartirme sus conocimientos y confiar en mí para concluir de la mejor manera posible. En mí, siempre tendrá un colega y un amigo, agradezco que nuestros caminos se hayan cruzado.

A mis amigos, con quienes he compartido experiencias increíbles, llevaré conmigo siempre aquellos bonitos momentos compartidos. A quienes les he aprendido muchas cosas y me han apoyado cuando lo he necesitado. Especialmente a Guillermo, Francisco Daniel, Francisco Javier, Yair y Camilo, por la hermandad que tenemos y hacemos crecer cada día.

Gracias a mi Alma Mater, la UNAM, y a la Facultad de Odontología por hacerme crecer, formarme y forjarme profesionalmente.

Finalmente, agradezco inmensamente a todas aquellas personas que fueron parte de mi camino universitario y trayectoria escolar, a quienes se han quedado y a quienes han estado temporalmente, porque me han convertido en la persona que soy hoy y, estén seguros, que en cada día que pase siempre daré una mejor versión de mí.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
PROPÓSITO	8
OBJETIVOS.....	9
CONTENIDO TEMÁTICO.....	10
1. Antecedentes.....	10
2. Complejo pulpar.....	14
3. Patología pulpar.....	18
4. Irrigación de conductos radiculares.....	22
4.1. Generalidades.....	22
4.1.1. Definición.....	22
4.1.2. Objetivo.....	23
5. Soluciones irrigantes antisépticas.....	24
5.1. Peróxido de hidrógeno.....	24
5.2. Clorhexidina.....	25
5.3. Hipoclorito de sodio.....	27
5.3.1. Composición.....	28
5.3.2. Concentraciones.....	28
5.4. Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA).....	30

6. Ultrasonido endodóncico.	32
6.1. Mecanismo de acción.	34
6.2. Puntas ultrasónicas para irrigación.	36
7. Irrigación ultrasónica.	40
7.1. Activa.	40
7.2. Pasiva (PUI).	40
8. Protocolo final de irrigación.	43
9. Efecto desinfectante del hipoclorito de sodio al 2.5% con activación ultrasónica.	45
CONCLUSIÓN	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INTRODUCCIÓN

A través de los años, el hipoclorito de sodio se ha destacado por su efectividad antimicrobiana, por ello, ha sido importante su aplicación en la medicina hasta llegar a la odontología y, principalmente, a la rama de Endodoncia.

Cuando existe pulpitis irreversible o necrosis pulpar es necesario realizar un tratamiento de conductos, el cual consiste en la limpieza y obturación de los conductos radiculares del diente. En la limpieza del conducto se indica la aplicación de sustancias irrigantes desinfectantes para poder eliminar el material orgánico e inorgánico de mejor manera. El hipoclorito de sodio es el irrigante con más propiedades comparado con un hipotético irrigante ideal, por ello, se han estudiado sus propiedades en diferentes concentraciones y con el empleo de activación ultrasónica con ayuda de distintas puntas.

En el paso final de la conformación de los conductos radiculares, previo a la obturación, se realiza un protocolo de irrigación final, donde se busca la mayor desinfección del conducto utilizando distintas sustancias irrigantes en una secuencia establecida y, preferentemente, con activación ultrasónica en cada paso.

La activación ultrasónica ha demostrado mejorar los efectos del hipoclorito de sodio al 2.5%, esta concentración es menos citotóxica que la de 5.25%. El ultrasonido permite que la sustancia acceda a la mayor parte de las superficies del sistema de conductos radiculares y mejora la efectividad antimicrobiana al activar sus partículas, con esto se logran efectos similares al uso del hipoclorito de sodio al 5.25%, aumentando la probabilidad de éxito del tratamiento de conductos radiculares.

PROPÓSITO

El propósito de este trabajo es recopilar información a través de una revisión bibliográfica respecto al efecto desinfectante que tiene el hipoclorito de sodio al 2.5% al ser activado con ultrasonido en el sistema de conductos radiculares, y de esta manera obtener una mayor probabilidad de éxito en los tratamientos endodóncicos.

OBJETIVOS

- Conocer los efectos del hipoclorito de sodio dentro de los conductos radiculares.
- Describir la acción del ultrasonido sobre el hipoclorito de sodio dentro de los conductos radiculares.
- Analizar la desinfección de conductos radiculares con hipoclorito de sodio al 2.5% con y sin activación ultrasónica.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. Antecedentes.

Los objetivos de la irrigación son mecánicos y biológicos. La función mecánica es eliminar los residuos, lubricando el conducto y disolviendo tejido orgánico e inorgánico. La función biológica se relaciona con su efecto antimicrobiano.

La solución de hipoclorito de sodio (NaOCl), conocida como *lejía*, se usa a menudo como desinfectante o blanqueador. En endodoncia es el irrigante de elección por su eficacia ante patógenos y digestión de la pulpa.

El hipoclorito de sodio se produjo por primera vez en 1789 en Javelle, Francia, con el paso del gas cloro (Cl_2) por una solución de carbonato sódico (Na_2CO_3). El líquido resultante, conocido como "*Eau de Javelle*" o "*agua de Javel*" era una solución débil de NaOCl. Este proceso de obtención no era muy eficaz, por lo cual se buscaron otros métodos. Uno de estos consistía en extraer cal clorada [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$] con carbonato sódico para obtener niveles bajos de cloro disponible.

Así se obtenían soluciones de hipoclorito, sus usos eran innumerables desde desinfección industrial hasta uso para el hogar, pero, sobre todo, sus propiedades germicidas fueron explotadas en los sectores alimenticios y hospitales, en este último para utilizarse como antiséptico hospitalario, comercializado como "Eusol" y "solución de Dakin" (1,2). Durante 1915, Dakin introdujo la solución de hipoclorito de sodio en concentración de 0.45% a 0.50% para desinfección de heridas abiertas e infectadas. En 1917, Barret difundió el uso de la solución de Dakin en odontología, principalmente en la irrigación de conductos radiculares y reportó su eficiencia como antiséptico.

Años después, Coolidge empleó el hipoclorito de sodio para mejorar el proceso de limpieza y desinfección de los conductos radiculares.

Walker en 1936 refirió el uso del hipoclorito de sodio al 5% en la preparación de conductos radiculares de dientes con necrosis pulpar. En 1954, Lewis refirió el uso de la marca comercial Clorox por su concentración de 5.25% de cloro disponible. Trepagnier y colaboradores en 1977, en un estudio *in vitro* concluyeron que el hipoclorito de sodio al 5% es un potente disolvente de tejido, y que la dilución de esa solución con agua en partes iguales (2.5%), no afecta apreciablemente su acción solvente.

A pesar de que el hipoclorito es ampliamente utilizado en endodoncia, aún no existe un consenso sobre la concentración ideal (3).

El principio científico para habilitar la producción de vibración mecánica en el rango de frecuencia ultrasónico fue el efecto piezoeléctrico, el cual fue descubierto en 1880 por Pierre y Jacques Curie. Su beneficio en odontología y endodoncia es por su movimiento vibratorio; la energía eléctrica se aplica al material piezoeléctrico que resulta en energía mecánica que es aprovechada por los dispositivos dentales ultrasónicos. El rango de frecuencia ultrasónico frecuentemente usado en odontología es de 25-42 kHz; en comparación, el rango de frecuencia sónico es de 6-8 kHz. La mayoría de los dispositivos piezoeléctricos comerciales producen oscilaciones entre 28-36 kHz.

El ultrasonido fue usado por primera vez en odontología para preparar cavidades bajo el concepto de "Odontología Mínimamente Invasiva". Esto no se volvió popular hasta 1955, cuando se introdujo su uso en la remoción de depósitos de cálculo y placa dentobacteriana en las superficies dentales.

Además de sus propósitos terapéuticos y diagnósticos, desde entonces y hasta ahora, se ha utilizado principalmente para raspar y alisar superficies dentales y en tratamientos de conductos.

En 1957, Richman fue el primero en introducir la instrumentación ultrasónica en endodoncia para la terapia pulpar con *Cavitron* como irrigación y obtuvo buenos resultados. Durante la década de 1960, se investigó el uso del ultrasonido para la limpieza de instrumental, remover manchas de dentaduras de resina acrílica y fundición de metal de precisión para propósitos dentales. En la década de 1970, se examinan los efectos de las herramientas ultrasónicas en la superficie dental durante terapia periodontal; la tecnología ultrasónica se aplicó en la terapia de disfunción de la articulación temporomandibular y para medir movimientos traslación del cóndilo durante su movimiento. En 1976, un estudio por Martin sobre el uso de ultrasonido para incrementar la eficiencia bactericida de la irrigación durante la terapia de conductos radiculares fue publicado, encontró que la aplicación de ultrasonido a agentes bactericidas resultaba más eficiente en la eliminación de bacterias. El término “endosónico” se adjudica a Martin y Cunningham, y se define como el sistema sinérgico ultrasónico de instrumentación y desinfección intraconducto. En la década 1980, las investigaciones incrementaron donde las oscilaciones ultrasónicas podían producir conductos radiculares más limpios durante la irrigación y el efecto de usar limas activadas ultrasónicamente sobre la dentina para la instrumentación de los conductos radiculares. Desde la década de 1990, los dispositivos piezoeléctricos y los diferentes diseños de punta que han estado disponibles permitieron a los clínicos remover dentina u otro material dental de manera controlada y precisa, estas puntas son aproximadamente del mismo tamaño del conducto radicular o más pequeñas.

El ultrasonido en tratamientos endodóncicos ha aumentado la calidad en diferentes aspectos, incluyendo: acceso a los conductos radiculares, limpieza, conformación y obturación de conductos, eliminación de obstrucciones y materiales intraconducto y cirugía endodóncica. (4,5)

2. Complejo pulpar.

La pulpa dental se forma a partir de células ectomesenquimatosas de la papila dental. Se identifica a la pulpa dental cuando estas células maduran y la dentina ha iniciado su formación. La diferenciación de dentinoblastos u odontoblastos de las células ectomesenquimatosas indiferenciadas es ocasionada por la interacción de células y moléculas de señalización a través de la lámina basal y de la matriz extracelular.

Cuando los dentinoblastos inician la formación de dentina, la papila dental se transforma en pulpa dental, esto comienza con la formación de complejos de unión entre dentinoblastos y el depósito de matriz no mineralizada en la punta de la cúspide.

La forma de la corona está predeterminada por el patrón de proliferación de células del epitelio interno del esmalte. Cuando la corona se forma, los elementos vasculares y nerviosos sensoriales comienzan a migrar dentro de la pulpa en dirección coronal. El crecimiento hacia el interior de los nervios sensoriales no mielinizados (fibras C) se produce al mismo tiempo que los nervios sensoriales mielinizados (fibras A delta). Finalmente, los nervios mielinizados pierden su vaina de mielina y terminan en la región subdentinoblástica como un plexo amielínico (plexo de Raschkow) (6).

La pulpa dental y la dentina funcionan como una unidad y los odontoblastos son un elemento básico de este sistema. Estas células se localizan en la periferia del tejido pulpar, con extensiones a la parte interna de la dentina. La dentina no existiría de no ser producida por odontoblastos y la pulpa dental depende de la protección por la dentina y esmalte.

Bajo la capa odontoblástica en la pulpa coronal, existe una zona de aproximadamente 40 micrómetros libre de células, denominada zona pobre en células o capa de Weil. Se conforma de capilares sanguíneos, fibras nerviosas amielínicas y finas prolongaciones citoplasmáticas de los fibroblastos. En el área subendoblástica existe un estrato que contiene una proporción elevada de fibroblastos, en comparación con la región más central de la pulpa. Esta capa es más prominente en la pulpa coronal que en la radicular. La zona rica en células puede contener una cantidad variable de macrófagos, células dendríticas y células mesenquimatosas no diferenciadas o células madre. La pulpa central es la masa central de la pulpa donde se encuentran los vasos sanguíneos y nervios de mayor tamaño, su célula más destacada es el fibroblasto (7).

La pulpa dental lleva a cabo diferentes funciones, algunas de ellas están relacionadas con su génesis y desarrollo. Sus funciones son las siguientes:

- Inductiva: La pulpa contiene dentinoblastos, estos junto con la dentina formada inducen la formación de esmalte, por lo que la formación del diente resulta de las interacciones entre dos tejidos embrionarios: el epitelial y el mesenquimatoso.
- Formativa: La dentina es formada por los dentinoblastos, estos sintetizan y secretan matriz inorgánica. A la matriz formada se le añaden componentes inorgánicos que permitirán su mineralización. (6). La dentina se clasifica en tres tipos, dependiendo de donde se haya formado. La dentina primaria es la dentina tubular regular formada antes de la erupción. La dentina secundaria es la dentina regular circular formada posterior a la erupción, sus túbulos continúan con los de la dentina primaria.

La dentina terciaria es la dentina irregular formada en respuesta a estímulos anormales, como desgaste excesivo del diente y caries (1).

- Nutritiva: La pulpa es fundamental para difundir nutrientes a través de las prolongaciones dentinoblásticas y las toxinas, y productos metabólicos provenientes del sistema vascular que se canalizan por medio del líquido intradentinario. Se proporcionan los elementos nutricionales necesarios para la formación dentinaria, ésta se hidrata por medio de los túbulos dentinarios.
- Defensiva: La dentina puede formarse en presencia de un irritante de baja intensidad y larga duración en sitios donde se ha reducido el espesor dentinario original, como la caries. También puede formarse en lugares donde su continuidad ha perdido, como un sitio de exposición pulpar. Esta dentina formada no se asemeja a la dentina producida fisiológicamente, por lo tanto, no protege adecuadamente a la pulpa. La pulpa también tiene capacidad de provocar una respuesta inmune ante sustancias extrañas.
- Sensitiva: El complejo dentino-pulpar transmite impulsos por medio de fibras nerviosas que llegan al sistema nervioso central, estos se expresan en dolor. Diferentes estudios han demostrado que la pulpa también tiene la capacidad de transmitir impulsos de temperatura y presión. Las fibras nerviosas mielinizadas de tipo A delta transmiten un impulso severo, agudo y rápido, mientras que las fibras de tipo C, no mielinizadas y con menor diámetro, transmiten un dolor lento y difuso (6).

En el complejo pulpar se pueden encontrar calcificaciones de este mismo tejido, es un fenómeno frecuente. En la pulpa coronal, la calcificación suele adoptar una forma concéntrica bien definida, mientras que en la pulpa radicular la calcificación tiende a ser difusa. No existen pruebas claras de si estas calcificaciones son un proceso patológico relacionado con lesiones o un fenómeno natural. El tamaño de los cálculos pulpares varía desde partículas microscópicas hasta concreciones que ocupan casi toda la cámara pulpar (7).

3. Patología pulpar.

La etiología de la patología pulpar es variable, los odontólogos deben reconocer que estas enfermedades de la pulpa y tejidos periapicales son dinámicas y progresivas, así como los signos y síntomas varían dependiendo del estado de la enfermedad y el estado del paciente. Para poder realizar un correcto diagnóstico de estas enfermedades se debe basar en los signos y síntomas, la exploración clínica y exploración radiográfica detallada.

Las principales etiologías son:

- Físicas:
 - Lesión mecánica (Trauma): Lesión traumática que puede o no conllevar una fractura coronal o radicular. Ésta podría ser ocasionada accidentalmente o por iatrogenia.
 - Lesión térmica: Calentamiento durante la preparación de una cavidad, calor friccional causado durante el pulido de una restauración, reacción exotérmica de cementos, conducción directa de calor o frío a través de restauraciones sin base colocada.

- Químicas:
 - Causadas por arsénico en restauraciones de silicato y pasta desensibilizante. Otros factores son el pH del material que será colocado y la absorción de agua durante la reacción de fraguado.

- Bacteriana
 - La presencia o ausencia de irritación bacteriana será determinada por la supervivencia de la pulpa una vez que ésta se encuentra expuesta. Los microorganismos más comunes de encontrar en las infecciones de la pulpa son Streptococcus y Staphylococcus. Los Enterococcus faecalis son bacterias Gram-positivo también encontradas en los conductos radiculares, así como Escherichia coli, una bacteria Gram-negativo, que también aparece en las infecciones endodóncicas. Las bacterias tienen endotoxinas en su membrana externa conocidas como ácido lipoteicoico (bacterias Gram-positivo) y lipopolisacáridos (bacterias Gram-negativo), estas endotoxinas pueden ser liberadas durante el proceso de duplicación o muerte de la bacteria en la infección de conductos radiculares (8,9).

La patología pulpar se divide en pulpitis reversible, pulpitis irreversible y necrosis pulpar.

Pulpitis Reversible

La pulpitis reversible se define como una condición inflamatoria leve a moderada de la pulpa causada por estímulos nocivos, como calor o frío; donde la pulpa es capaz de desinflamarse después de quitar los estímulos nocivos.

Sus síntomas consisten en dolor agudo momentáneo, principalmente ante el frío, no ocurre espontáneamente y no continúa después de quitar el factor causante. El pronóstico es favorable si el irritante es removido a tiempo, en caso contrario, la condición progresa hasta una pulpitis irreversible.

Pulpitis irreversible

La pulpitis irreversible se divide en dos:

- Sintomática, se basa en hallazgos objetivos y subjetivos donde la pulpa vital inflamada no es capaz de sanar y se indica el tratamiento de conductos. Sus características involucran dolor agudo ante estímulos térmicos, espontáneo, persistente (aproximadamente 30 segundos o más después de quitar el estímulo) y referido. Al progresar, radiográficamente se puede manifestar con un ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal. En caso de no tratarse a tiempo, ésta avanza hasta convertirse en necrosis pulpar
- Asintomática, no tiene sintomatología clínica y comúnmente responde normal a las pruebas térmicas, pero pueden tener trauma o caries profunda que podrían resultar en exposición pulpar después de la remoción del tejido afectado o restauración previa. Es importante instaurar el tratamiento de conductos radiculares lo antes posible para que no se produzca una pulpitis irreversible sintomática.

El tratamiento para ambas pulpitis irreversibles es la biopulpectomía y el pronóstico es favorable, siempre y cuando, se realice adecuadamente el tratamiento de conductos radiculares y la restauración (1,9,10).

Necrosis pulpar

La necrosis pulpar se define como la muerte celular y tisular de la pulpa dental como consecuencia de un proceso inflamatorio prolongado y sin tratamiento, también puede aparecer posterior a un traumatismo en el que se interrumpe el aporte sanguíneo hacia la pulpa.

El tejido pulpar necrótico tiene restos celulares y bacterias en la cavidad pulpar, al progresar ocasiona inflamación en la zona periapical. Estas lesiones periapicales consecuentes de la necrosis pulpar son las patologías más frecuentes en el hueso alveolar.

Cuando la pulpa se encuentra totalmente necrosada, el diente tiende a ser asintomático. Normalmente no existe respuesta positiva en pruebas de sensibilidad pulpar, principalmente en dientes unirradiculares. Sin embargo, en los dientes multirradiculares, la necrosis se puede encontrar en un solo conducto y los otros no, por lo que las respuestas ante las pruebas de sensibilidad pulpar llegan a ser confusas, similar a la pulpitis reversible o irreversible. Cuando el tejido necrótico llega a la zona periodontal, las respuestas a pruebas de diagnóstico periodontal son positivas en percusión, masticación y palpación. Radiográficamente, en el espacio del ligamento periodontal se empieza a notar un engrosamiento hasta el aspecto de una lesión radiolúcida periapical (1,8,11).

4. Irrigación de conductos radiculares.

4.1. Generalidades.

4.1.1. Definición.

La irrigación es un procedimiento auxiliar indispensable en el acompañamiento de la instrumentación endodóncica, acompañada por la aspiración (Figura 1). El uso de sustancias irrigadoras que favorecen la conformación de conductos y fármacos desinfectantes del sistema de conductos forman parte de la preparación química (8).

La irrigación es indispensable porque permite la desinfección y el desbridamiento del conducto radicular, la cual no se puede dar únicamente realizando la instrumentación (12).

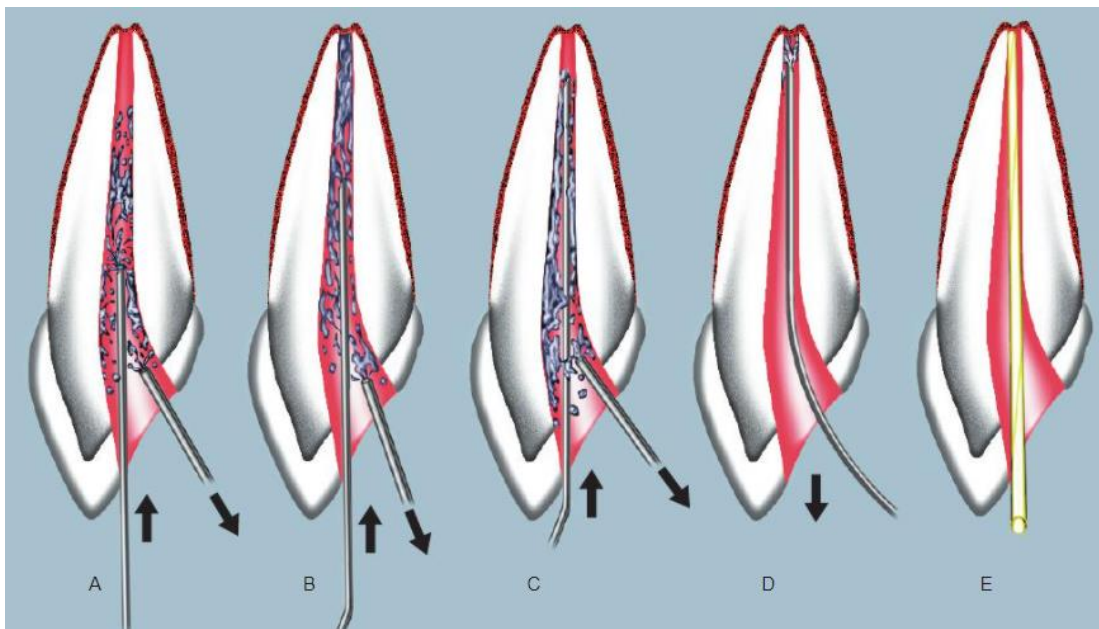


Figura 1. Resumen esquemático de la técnica de irrigación/aspiración utilizada durante la conformación del conducto radicular. Fuente: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y fundamentos. 2ª ed. México: Editorial Médica Panamericana. 2012.

4.1.2. Objetivo.

La irrigación consta de 3 objetivos fundamentales:

- Químico: disolución de tejidos orgánicos e inorgánicos, remover dentina y residuos de barrillo dentinario. Este efecto es esperado solamente en irrigantes químicamente activos, como el hipoclorito de sodio.
- Mecánico: lubricar el conducto para la instrumentación, remoción mecánica de microorganismos, remanentes de tejido pulpar y remanentes de dentina por medio de la fuerza del flujo durante la irrigación. Estos efectos se pueden esperar tanto de los irrigantes químicamente activos como de los irrigantes inertes (suero fisiológico o agua).
- Biológico: eficacia contra microorganismos anaerobios y facultativos, erradicación o inactivación del biofilm e inactivación de endotoxinas (13).

Los objetivos de la irrigación se deben de cumplir en todos los tercios del conducto radicular, no obstante, el tercio apical es el más desafiante a tratar no sólo debido a la estructura compleja del conducto radicular, también por el hecho de que los microorganismos de esta área se comunican con el hospedero y pueden ocasionar una inflamación periapical (14).

5. Soluciones irrigantes antisépticas.

5.1. Peróxido de hidrógeno.

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un miembro de la familia de especies reactivas de oxígeno, que se forma por la presencia de sustancias químicas fuertemente oxidantes, su pH comúnmente es de 4.5 y puede llegar hasta un pH entre 10 y 12. Las especies reactivas de oxígeno sin moléculas químicamente reactivas que contienen oxígeno y son generadas en sistemas de defensa biológica como parte de la respuesta inmunológica a las bacterias invasoras. El peróxido de hidrógeno se convierte en un radical hidroxilo (HO^\cdot), el cual es reactivo y tóxico para la bacteria porque oxida los dobles enlaces en las proteínas, lípidos y membrana superficial. Este irrigante al ser activado con ultrasonido se produce energía durante la cavitación y, al acelerar la disociación del peróxido de hidrógeno, facilita e incrementa la formación de los radicales hidroxilos.

Estudios de los efectos bactericidas del peróxido de hidrógeno en sistemas biológicos han mostrado que inhiben y/o inactivan el crecimiento de bacterias patológicas en concentraciones mayores a 100 ppm (0.01%). El peróxido de hidrógeno en concentraciones de 3-5% se utiliza como irrigante endodóncico, esto indica que la eficacia antibacteriana y de disolución de tejidos es menor que el hipoclorito de sodio en los conductos radiculares. Por ello, se postula que una combinación alternando el uso de hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno podría mejorar la limpieza del conducto radicular y reducir la carga bacteriana intrarradicular (15,16).

5.2. Clorhexidina.

El gluconato de clorhexidina (digluconato de clorhexidina o clorhexidina) se puede aplicar clínicamente como un agente antibacteriano durante todas las fases de la preparación del conducto radicular, incluyendo la desinfección del campo operatorio, durante la ampliación de los conductos radiculares, la remoción de tejido necrótico antes de tomar la longitud del conducto, como medicamento solo o combinado con otras sustancias, tales como el hidróxido de calcio; en la desinfección de conos y en la remoción de conos de gutapercha durante el tratamiento.

Actualmente, la clorhexidina es considerada el estándar de oro en los antisépticos orales y es el agente preventivo más estudiado en odontología. A pesar de que principales efectos son sobre la placa dental y gingivitis, también tiene efectos en la prevención y el tratamiento de caries, infecciones secundarias a procedimientos quirúrgicos orales y en el mantenimiento de la salud de los tejidos peri implantares. La clorhexidina reduce la carga bacteriana de los aerosoles y reduce el riesgo de una bacteremia después de los procedimientos dentales.

La clorhexidina es una sustancia entre sin color y ligeramente opalescente, y sin olor. Para endodoncia, la clorhexidina puede ser usada en líquido (Figura 2) o gel. El gel consiste en una base de gel y gluconato de clorhexidina, para obtener un rango óptimo de pH entre 5.5 y 7. Algunos estudios muestran que la actividad antibacteriana de la clorhexidina líquida es igual o superior a la clorhexidina en gel cuando se utiliza con contacto directo en las superficies.



Figura 2. Solución de gluconato de clorhexidina para irrigación de conductos radiculares. Fuente: Soares JJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y fundamentos. 2ª ed. México: Editorial Médica Panamericana. 2012.

La clorhexidina es una base fuerte y es más estable en sus formas salinas. En concentraciones de 0.1%-0.2% es bacteriostática y en concentraciones mayores a 2% es bactericida. Su efecto bactericida es por las moléculas catiónicas de unión a complejos extra microbianos y microbios con pared celular cargadas negativamente. En alta concentración, la clorhexidina tiene un efecto bactericida por la precipitación y/o coagulación del citoplasma de las células bacterianas, probablemente causada por el entrecruzamiento de proteínas, terminando en la muerte celular y dejando un debris celular en los conductos radiculares, éste puede ser removido con irrigación abundante con agua destilada.

La efectividad de la clorhexidina se basa en su capacidad para absorberse a superficies negativamente cargadas en la boca, siendo lentamente liberada de estos sitios y manteniendo la actividad antibacteriana por un mayor tiempo. Por su misma afinidad a los tejidos y la sustentividad antibacteriana, es el irrigante final más efectivo (17,18).

5.3. Hipoclorito de sodio.

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es comúnmente utilizado para irrigar los conductos radiculares durante los tratamientos endodóncicos, por su efectividad antimicrobiana y propiedades de disolución tisular (19,20). La Asociación Americana de Endodoncistas define el hipoclorito de sodio como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor clorino, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos y, además, es un potente agente antimicrobiano (21).

En las propiedades que convierten al hipoclorito de sodio en la mejor opción para la irrigación de conductos radiculares destacan:

- a) Buena capacidad de limpieza.
- b) Poder antibacteriano efectivo.
- c) Neutralizante de productos tóxicos.
- d) Disolvente de tejido orgánico.
- e) Acción rápida, desodorizante y blanqueante.

La instrumentación abre camino para que el hipoclorito de sodio llegue a lugares complicados de los conductos radiculares, la irrigación abundante y frecuente favorece la limpieza. Su uso impone cuidados en la técnica, su inyección inadvertida al interior de los tejidos ápico-periapicales determinará reacciones importantes, otro cuidado está relacionado con la capacidad de teñir la vestimenta de color (8).

5.3.1. Composición.

El hipoclorito de sodio es un compuesto halogenado. En agua, este compuesto se ioniza en Na e hipoclorito (OCI). Cuando su pH se encuentra entre 4 y 7, el ion de cloro existe como ácido hipocloroso (HClO), por otro lado, si el pH es superior a 9, predomina el hipoclorito. El ácido hipocloroso tiene una acción antibacteriana mayor que el OCI debido a su habilidad de interrumpir la fosforilación oxidativa y otras actividades asociadas a la membrana (19).

5.3.2. Concentraciones.

Existen diferentes concentraciones del hipoclorito de sodio, éstas se encuentran en un rango de 0.5%-5.25% según la literatura en endodoncia, la más frecuentemente usada es la concentración de 2.5%. A mayor concentración de hipoclorito de sodio es mayor la potencia de la acción antibacteriana y de las propiedades de disolución de tejidos, así mismo, la citotoxicidad se incrementa y puede ocasionar irritación en el tejido periapical (Figura 3) (20).



*Figura 3. Hipoclorito de sodio al 5.25% Viarzone de la marca Viarden.
Fuente: Librería Medica [consultado 30 Nov 2021], shorturl.at/bkmM3*

La lejía doméstica comercial contiene hipoclorito de sodio al 6.15%, tiene un pH alcalino de 11,4 y es hipertónica. Algunos autores proponen que esta lejía doméstica se diluya con bicarbonato de sodio al 1% en lugar de agua para ajustar el pH a un nivel inferior.

Las concentraciones menores (como 0.5% o 1%) disuelven principalmente el tejido necrótico. Las concentraciones mayores proporcionan una mejor disolución tisular, pero disuelven los tejidos tanto necróticos como vivos. En algunos casos se puede indicar el uso en concentración máxima (1). Se ha demostrado que las concentraciones de 2.5% y 5.25% de hipoclorito de sodio tienen resultados significativamente parecidos, la solución es capaz de remover por completo las bacterias, es importante considerar el tiempo de exposición en el conducto radicular para lograr el efecto (22).

Una alternativa para mejorar la eficacia de los irrigantes de hipoclorito de sodio en los conductos radiculares podría ser aumentar la temperatura de las soluciones de baja concentración, para mejorar su capacidad de disolución tisular inmediata, eliminar residuos orgánicos de la dentina con mayor eficacia y, también se han evaluado, sus propiedades antimicrobianas.

Existen estudios que confirman el aumento de la eficacia del hipoclorito de sodio cuando su temperatura es elevada en 5-25°C dentro de un rango de 5-60°C. Esto se ha comprobado con las diferentes concentraciones del hipoclorito de sodio, donde los resultados han sido muy similares entre sí (1).

5.4. Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA)

El EDTA se propone como solución irrigante porque puede quelar y eliminar la porción mineralizada del barrillo dentinario (Figura 4). La importancia que tiene como quelante surge de su capacidad para secuestrar iones metálicos di- y tricatiónicos, como Ca^{2+} , de la dentina y disolver la capa residual dentinaria generada durante la preparación de los conductos radiculares, propiciando la apertura de las entradas de los túbulos dentinarios, de modo que una solución irrigante con efecto antimicrobiano pueda actuar dentro de ellos. Por esta razón, se considera coadyuvante del hipoclorito de sodio. La sal sódica del EDTA se puede encontrar en concentraciones de 10% a 17%.



Figura 4. MD-Cleanser EDTA para la preparación de conductos de la marca MetaBiomed. Fuente: Odontology BG [consultado 30 Nov 2021], shorturl.at/xJ238

Por exposición directa durante un tiempo prolongado, el EDTA extrae proteínas de la superficie bacteriana al combinarse con los iones metálicos de la cubierta celular, al final pueden causar la muerte bacteriana. Su uso previo a la medicación intraconducto sirve para promover el aumento de la permeabilidad dentinaria para favorecer la acción del fármaco utilizado (1,6,7).

6. Ultrasonido endodónico.

Los dispositivos ultrasónicos se categorizan en magnetostrictivos y piezoeléctricos, sobre la base del mecanismo utilizado para convertir corriente eléctrica utilizada para activar las puntas (Figura 5).



Figura 5. Ultrasonido DTE D5 LED de la marca DTE. Fuente: Deposito dental Vasco de Quiroga [consultado 30 Nov 2021], shorturl.at/qwFG8

Algunas de las aplicaciones que tiene el ultrasonido en endodoncia son:

- Realizar acceso: no en todos los casos al realizar el acceso clínico se puede sentir cuando se entra a la cámara pulpar, ya sea por la existencia de cálculos pulpares, deposición de dentina secundaria o terciaria.

- Refinamiento del acceso: con la punta ultrasónica se proporcionan varias ventajas durante la preparación del acceso por su capacidad de cortar dentina de una forma precisa y conservadora.
- Eliminación de postes: las puntas ultrasónicas pueden realizar el desplazamiento del poste en un tiempo variado de aplicación sobre éste.
- Irrigación: se aplica para activar soluciones irrigantes.
- Compactación de gutapercha para la obturación de conductos radiculares.
- Colocación de trióxido mineral agregado (MTA).
- Remoción de instrumentos fracturados dentro de los conductos radiculares.

El uso del ultrasonido debe ser cuidadoso por el riesgo a producir quemaduras en los tejidos, cavitación inestable o, incluso, daño al mismo equipo ultrasónico (23).

6.1. Mecanismo de acción.

El ultrasonido es una vibración ultrasónica u ola acústica de la misma naturaleza que el sonido, pero a una frecuencia más alta que la mayor frecuencia perceptible por el oído humano (aproximadamente 20,000 Hz).

Existen dos métodos básicos para producir el ultrasonido. Primero, por magnetostricción que convierte la energía electromagnética en energía mecánica. Varias bandas de un metal magnetostrictivo en una pieza de mano se unen, al estar alternando el campo magnético obtenemos como resultado vibración. El segundo método, se basa en el principio de las piezas eléctricas, se usa un cristal que cambia de tamaño cuando se le aplica una carga eléctrica. Cuando el cristal se deforma, se convierte en oscilación mecánica sin producir calor. Las unidades magnetostrictivas crean figuras en ocho (movimiento elíptico), esto no es ideal para el uso en endodoncia porque genera calor, entonces debe utilizarse un refrigerante. Las unidades piezoeléctricas tienen algunas ventajas sobre las magnetostrictivas como el producir mayor número de ciclos por segundo, 40 contra 24 kHz. Las puntas de estas unidades trabajan en un movimiento lineal de atrás hacia adelante como un pistón, lo cual lo hace ideal para los tratamientos endodóncicos (Figura 6) (24).

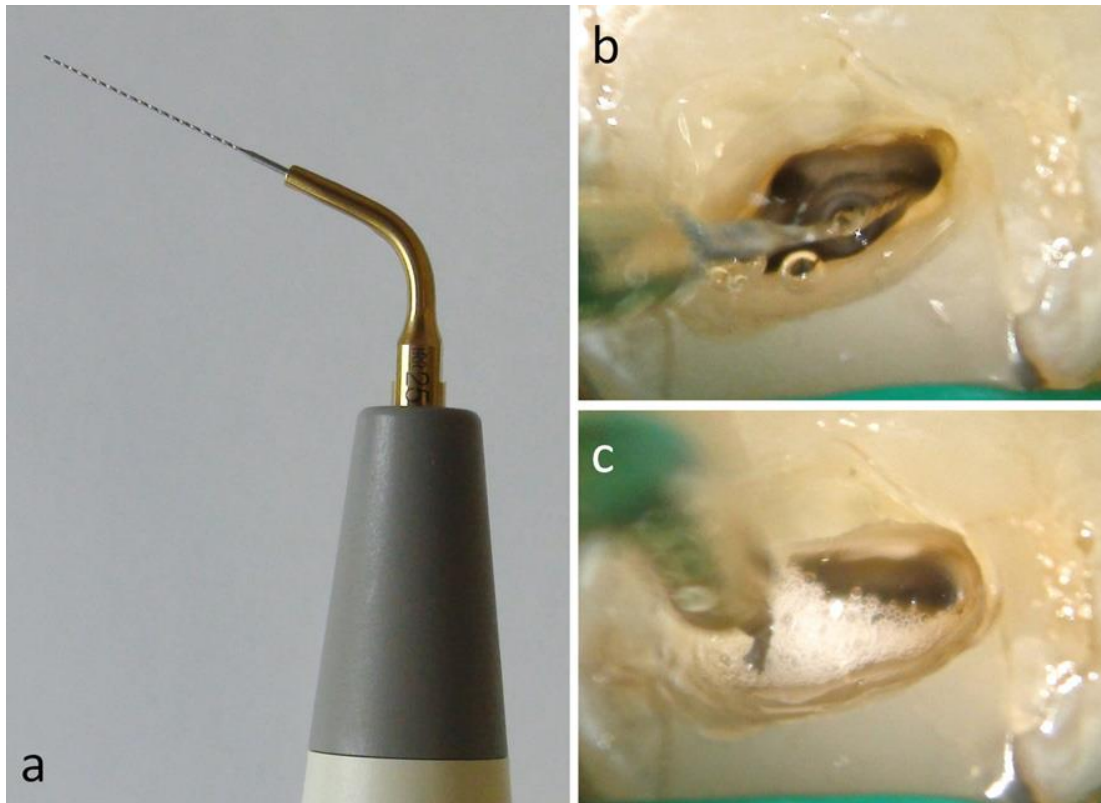


Figura 6. a) Pieza de mano ultrasónica con un adaptador para lima. b) La lima se coloca dentro del conducto radicular preparado lleno con un irrigante para la irrigación ultrasónica pasiva. c) La lima es activada con el movimiento ultrasónico. Cortesía del Dr. M. Pathar, Canadá. Fuente: Mozo S, Llana C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012; 17(3): e512-6.

6.2. Puntas ultrasónicas para irrigación.

Las puntas ultrasónicas son el instrumento que estará dentro del conducto transmitiendo la vibración ultrasónica a la solución irrigante en los conductos radiculares.

Existen dos tipos de materiales con los que se fabrican las puntas ultrasónicas: metálicas (Figura 7) y de polímeros. Las puntas metálicas son las más comunes y utilizadas. Las puntas de polímero han sido introducidas por sus propiedades como dureza, biocompatibilidad y resistencia térmica. También tienen la ventaja de reducir el riesgo de fractura y minimizar el daño a la dentina. Sin embargo, aún se debe investigar y comparar más a fondo la influencia de los irrigantes endodóncicos sobre el material de la punta (25,26).



Figura 7. Punta de irrigación ultrasónica E1-Irrisonic de la marca Helse Ultrasonics. Se utiliza para activar la solución irrigante después de la conformación del conducto radicular. Tamaño de lima ISO 20. Fuente: Helse Ultrasonics. E1-Irrisonic. Helse Ultrasonics; 2021.

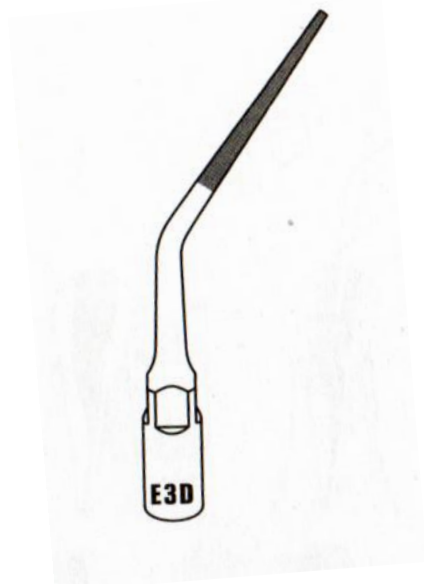


Figura 8. Punta ultrasónica E3D de la marca DTE. Cubierta de diamante, utilizada para ensanchar la entrada al conducto y acceder a limas fracturadas dentro del conducto. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

Las puntas ultrasónicas metálicas las podemos dividir por su superficie lisa o recubierta por diamante. Las puntas cubiertas por diamante son principalmente utilizadas para la remoción de tejido dentinario (Figura 8), de cálculos pulpares y material de obturación para realizar un retratamiento (Figura 9); las puntas de superficie lisa se usan para derretir gutapercha durante la obturación del conducto radicular (Figura 10A), remoción de obstrucciones dentro del conducto radicular (Figura 10B y 10C), y remoción de cuerpos extraños en el conducto (Figura 11).

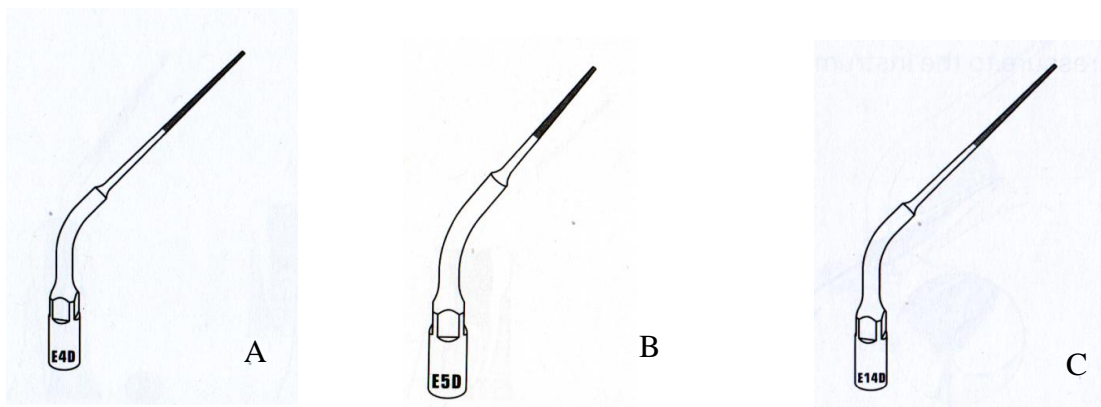


Figura 9. A) Punta ultrasónica E4D de la marca DTE, cubierta de diamante. B) Punta ultrasónica E5D de la marca DTE, cubierta de diamante. C) Punta ultrasónica E14D de la marca DTE, cubierta de diamante. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

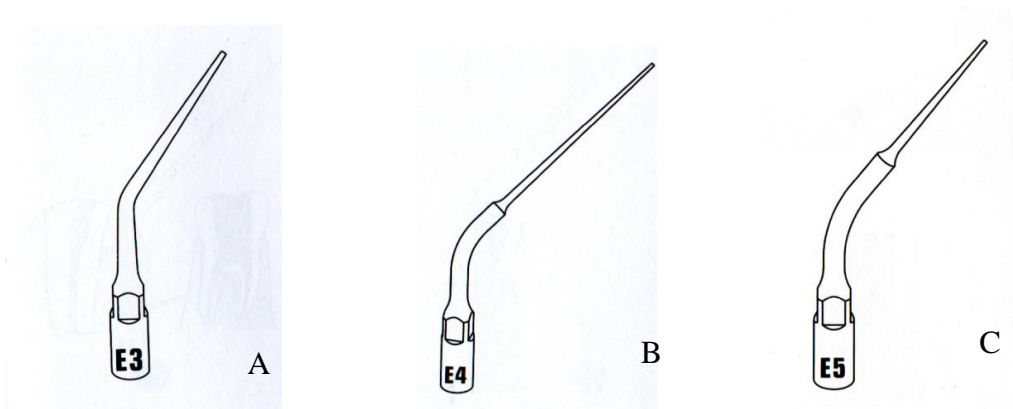


Figura 10. A) Punta ultrasónica E3 de la marca DTE, utilizada para derretir gutapercha durante la obturación de conductos radiculares. B) Punta ultrasónica E4 de la marca DTE, longitud de 22 mm. C) Punta ultrasónica E5 de la marca DTE, longitud de 16 mm. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

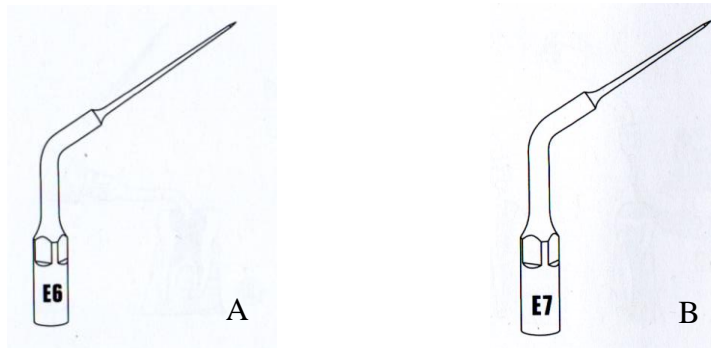


Figura 11. A) Punta ultrasónica E6 de la marca DTE, fina y delgada para remover cuerpos extraños en la profundidad del conducto. B) Punta ultrasónica E7 de marca DTE, fina y delgada para la remoción de cuerpos extraños en 1/3 del conducto. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

La vibración ultrasónica también puede ser efectiva cuando está en contacto con el mango de una lima dentro del conducto radicular. La lima transmitirá la vibración al irrigante dentro del conducto, pero existe un mayor riesgo de tocar las paredes dentinarias (27,28) (Figuras 12 y 13).

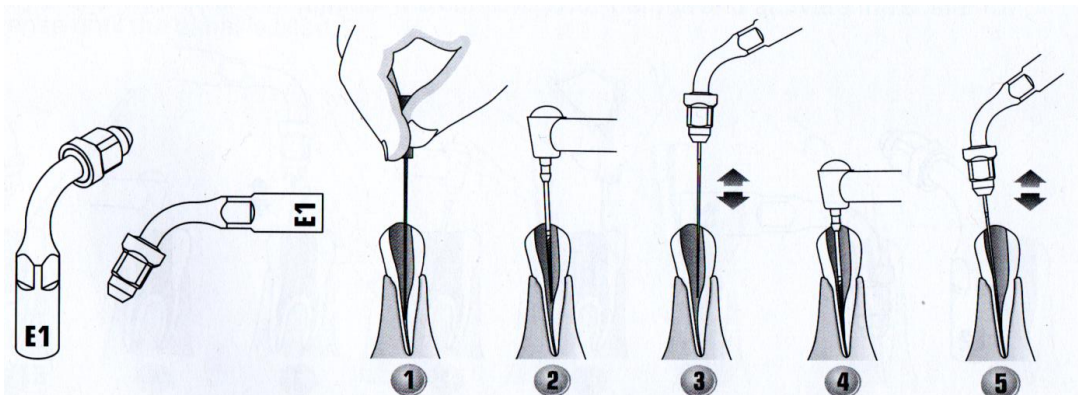


Figura 12. Punta angulada a 120° para sostener limas de diámetro 0.7 mm ó 0.8 mm, utilizada para limpieza e irrigación del conducto radicular, normalmente empleada en dientes anteriores. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

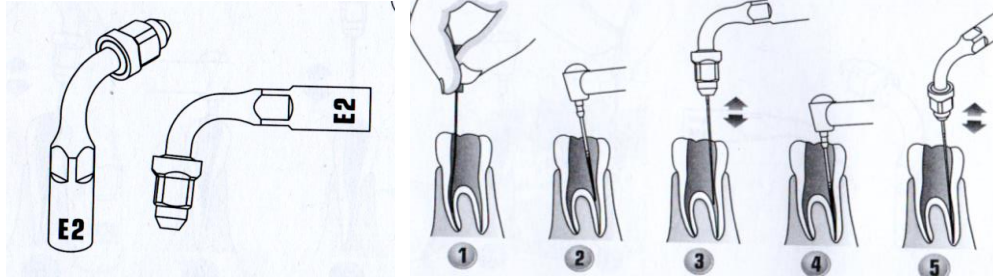


Figura 13. Punta angulada a 95° para sostener limas de diámetro 0.7 mm o 0.8 mm, utilizada para limpieza e irrigación del conducto radicular, normalmente empleada en dientes posteriores. Fuente: DTE. Tip Book. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.

7. Irrigación ultrasónica.

7.1. Activa.

La irrigación ultrasónica activa consta de una combinación simultánea entre la irrigación y la instrumentación. Ésta ha sido descartada en la práctica clínica debido a la dificultad de controlar el corte de la dentina y, subsecuentemente, la conformación final del conducto radicular preparado; se aumenta la probabilidad de realizar conformaciones aberrantes.

Cuando las limas activadas por ultrasonido son utilizadas se pueden hacer presentes las desviaciones y perforaciones en el conducto radicular, principalmente en conductos curvos. Por ello, actualmente no es considerada como una alternativa a la instrumentación manual convencional (24).

7.2. Pasiva (PUI).

La irrigación ultrasónica pasiva fue descrita por primera vez en 1980 por Weller *et al.* El término “pasivo” no describe adecuadamente el proceso, por el hecho de ser activo; cuando el término “pasivo” fue introducido se refería a la acción “no cortante” de la lima activada ultrasónicamente (29)

Después de la instrumentación del conducto radicular hasta la lima maestra se utiliza una lima pequeña o un alambre delgado (aproximadamente calibre 15) para introducir en el centro del conducto, y hasta el tercio apical. El conducto se llena con la solución irrigante y la lima con oscilación ultrasónica activará al irrigante. La lima o el alambre se moverá libremente dentro del conducto y el irrigante podrá penetrar más fácilmente en la parte apical del conducto.

Esta metodología no cortante permite que la probabilidad de crear conformaciones aberrantes de los conductos radiculares sea mínima (28).

Esta técnica es sugerida para mejorar la desinfección de los conductos radiculares. La irrigación ultrasónica pasiva mejora la limpieza de las áreas instrumentadas y no instrumentadas al realizar la activación del irrigante, del cual se espera que disperse el irrigante hacia las áreas complicadas de acceder con la instrumentación (30).

La irrigación ultrasónica pasiva (PUI, por sus siglas en inglés) es una técnica donde el irrigante es agitado por medio de dos efectos físicos, microcorriente acústica y cavitación, estos efectos aumentan la acción de los irrigantes (31).

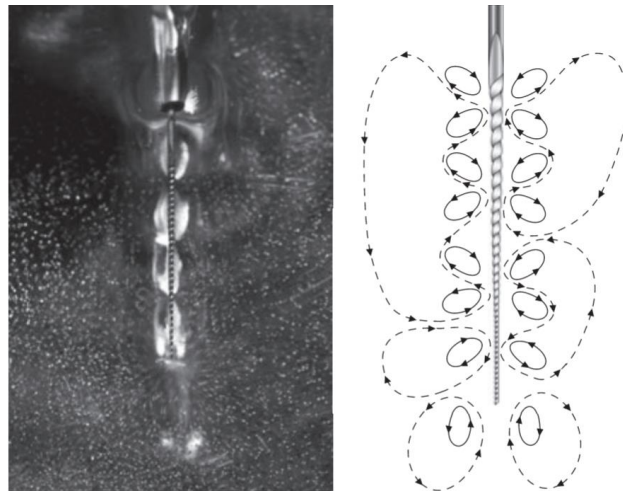


Figura 14. Corriente acústica alrededor de la lima en agua (izquierda) y un dibujo esquemático (derecha). Fuente: Van der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. Int Endod J. 2007; 40(6):415-426. Doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x

La corriente acústica es el movimiento rápido de un fluido en circunferencia o como vórtice alrededor de la lima vibratoria (Figura 14).

Cuando ocurre dentro del conducto radicular se describe como microcorriente acústica. El resultado de la microcorriente acústica depende inversamente del área superficial del conducto radicular en que la lima esté en contacto. La intensidad se relaciona directamente con la velocidad; entonces, con una lima delgada y una frecuencia alta se obtendrá una mejor amplitud de desplazamiento de la lima, por lo tanto, será mayor la velocidad de corriente y será más potente la microcorriente (28).

El efecto de cavitación es la formación de burbujas que contienen vapor dentro de un fluido. Este proceso es el resultado de la formación de ondas de choque de presión caracterizadas por los cambios rápidos en la presión. El colapso forzado de las burbujas causa implosiones que impactan en las superficies, ocasionando fuerzas de corte, deformación de las superficies y remoción del material superficial. En el ambiente del conducto radicular, las ondas de choque pueden interrumpir el biofilm bacteriano, romper las paredes celulares de las bacterias, y remover el barrillo dentinario y debris (32).

Existen dos tipos de cavitación que pueden ocurrir durante la irrigación ultrasónica pasiva en los conductos radiculares: la cavitación estable y la cavitación transitoria. La cavitación estable se define como la pulsación lineal de los cuerpos llenos de gas en una amplitud baja del campo ultrasónico. La cavitación transitoria sucede cuando las burbujas de vapor son sometidas a pulsaciones muy enérgicas. Cuando la presión acústica es suficientemente alta, las burbujas pueden ser conducidas por inercia a un colapso violento, irradiando las ondas de choque y generando alta presión y temperatura internas del gas. La cavitación transitoria solamente ocurre cuando la lima puede vibrar libremente en el conducto o cuando la lima toca ligeramente (sin intención) la pared del conducto, si este contacto es mayor (intencional) la cavitación transitoria se excluye (28).

8. Protocolo final de irrigación.

La literatura recomienda para la preparación rutinaria de los conductos radiculares el uso de hipoclorito de sodio de 2.5% a 3% con una irrigación final de EDTA, en conjunto con activación de energía sónica o ultrasónica con el fin de lograr remover los restos de la preparación y, en un caso pertinente, todos los restos de algún material de curación temporal inmediatamente antes de la obturación, así como mejorar la interfase entre la pared dentinaria y el material de obturación. El uso de clorhexidina es en caso de una repetición del tratamiento, así como en el caso de que se sospeche de la presencia de *Enterococcus faecalis* (6,7,33).

La irrigación debe ser lenta y a baja presión. Durante la irrigación final se recomienda 10 ml de hipoclorito de sodio, seguido de EDTA por 2 o 3 minutos y finalizar con 10 ml de alcohol. Una vez terminada la irrigación, secar con puntas de papel equivalentes a la lima principal apical (34).

Los conductos radiculares se irrigan con 2 ml de hipoclorito de sodio al 2.5% con una jeringa desechable de 5 ml con una aguja para irrigación a 2 mm de la longitud de trabajo. En este punto se pueden tomar 3 diferentes maneras de proceder a la agitación de la solución irrigante:

- Realizar la agitación de la solución irrigante 3 veces por 20 segundos con la punta ultrasónica a 1 mm de la longitud de trabajo.
- Realizar la agitación de la solución irrigante por tercios, es decir, 20 segundos en el tercio apical, 20 segundos en el tercio medio y 20 segundos en el tercio cervical.

- La agitación de la solución irrigante es dinámica por el movimiento de la punta ultrasónica de apical a cervical, 3 veces por 20 segundos (35).

Otra propuesta de protocolo de irrigación indica la activación de 10 ml de hipoclorito de sodio en 3 ciclos de 30 segundos. El tiempo total de activación es de 90 segundos. Posteriormente, 3 ml de EDTA al 17% se activan por 60 segundos teniendo un contacto total de 2 minutos dentro del conducto radicular. Finalmente, se utilizan 2 ml de agua destilada activada con la misma punta ultrasónica por 1 minuto (36).

9. Efecto desinfectante del hipoclorito de sodio al 2.5% con activación ultrasónica.

La eficacia de la acción del irrigante se relaciona con algunos factores, entre ellos, la agitación mecánica, la temperatura y la concentración. La agitación mecánica es causada por la acción de los instrumentos endodóncicos, aumentando la superficie de contacto entre el irrigante y la contaminación que será retirada, ocasionando una mejor limpieza de los conductos radiculares al tener un mayor número de partículas activas (37).

Niewierowski *et al.* (38) evaluaron la capacidad de disolución tisular de diferentes soluciones irrigantes con y sin activación ultrasónica (3 ciclos de 20 segundos) en noventa fragmentos pulpares bovinos, estos fragmentos fueron colocados en tubos de ensayo junto con las soluciones irrigantes. La solución de hipoclorito de sodio al 2.5% con activación ultrasónica fue la de mayor velocidad en capacidad de disolución tisular en comparación con las demás soluciones irrigantes con o sin ultrasonido.

Joy *et al.* (39) evaluaron la eficacia de dos técnicas de irrigación: estática y dinámica (pasiva ultrasónica) en la eliminación del biofilm bacteriano. El estudio se realizó en cuarenta incisivos centrales superiores extraídos de humanos con raíces rectas y un solo conducto, y se usó hipoclorito de sodio al 2.5% como irrigante. Hubo menor cantidad de colágeno residual después de la irrigación pasiva ultrasónica en comparación con la irrigación estática. Varias razones pueden atribuirse a este hecho: la acción de enjuague del hipoclorito de sodio se facilita con el uso del ultrasonido, mayor velocidad y volumen del irrigante, las oscilaciones de la punta ultrasónica y la combinación de ondas acústicas con la acción química del irrigante.

Al-Jadaa *et al.* (40) estudiaron la disolución del tejido necrótico pulpar usando hipoclorito de sodio al 2.5% con irrigación ultrasónica pasiva en conductos radiculares accesorios simulados con tejido pulpar bovino. La activación del hipoclorito de sodio se realizó por un minuto a un milímetro menos de la longitud de trabajo por 5 minutos. La irrigación pasiva ultrasónica causó un incremento en la temperatura (mayor de 50°C) del hipoclorito de sodio al 2.5% después de 5 minutos dentro del conducto radicular, este incremento de temperatura puede no ser influyente en la efectividad de la irrigación ultrasónica pasiva. La disolución del tejido por la irrigación ultrasónica pasiva fue independiente de la posición o angulación de los conductos radiculares accesorios simulados.

Wang y Huang (41) realizaron un estudio donde buscaron establecer una estrategia sinérgica para la desinfección de los conductos radiculares al combinar la irrigación ultrasónica con terapia fotodinámica, principalmente contra *Enterococcus faecalis*. Utilizaron 27 conductos radiculares bovinos infectados con *E. faecalis*, los cuales se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2.5%. Los resultados del estudio demostraron que el hipoclorito de sodio con activación ultrasónica tiene un efecto desinfectante sumamente efectivo contra los *E. faecalis* y la terapia fotodinámica se puede usar como un auxiliar en la irrigación al tener un efecto sinérgico mínimo.

Kaur *et al.* (42) hizo un estudio para determinar la eficacia del hipoclorito de sodio al 2.5% y al 5.25% cuando a ambas concentraciones se les aplica irrigación ultrasónica pasiva y se compara con la irrigación convencional con aguja para la erradicación de *Enterococcus faecalis*. Este estudio se realizó en 60 dientes unirradiculares, los cuales se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% con irrigación convencional, irrigación ultrasónica pasiva y láser. La irrigación ultrasónica pasiva mostró la mayor eficacia sobre los otros dos métodos de irrigación.

El hipoclorito de sodio al 5.25% mostró mayor eficacia en comparación con el de 2.5%. Sin embargo, la eficacia del hipoclorito de sodio al 2.5% se puede aumentar al usar la activación ultrasónica y puede usarse como alternativa a la concentración de 5.25% para evitar sus efectos cáusticos.

Coloma Calle *et al.* (43) estudió la eficacia de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio en la reducción de *Enterococcus faecalis* dentro del conducto radicular. Se utilizaron 34 dientes que fueron inoculados con *Enterococcus faecalis*, se prepararon con sistema Protaper y se irrigaron con hipoclorito de sodio al 0.5%, 2.5% y 5.25%. Determinó que un protocolo de irrigación final con EDTA y ultrasonido mejora la remoción de smearlayer y debris, cuando se trabaja con las concentraciones bajas al 0.5% y 2.5% de hipoclorito de sodio y la irrigación con hipoclorito de sodio por sí sola no es suficiente para la eliminación de microorganismos en el conducto radicular en ninguna de sus concentraciones.

Conde *et al.* (44) comparó la capacidad de disolución de tejido blando del hipoclorito de sodio, con un enjuague intermedio de EDTA, con y sin activación ultrasónica pasiva o activación sónica. En este estudio se utilizaron 83 incisivos centrales maxilares humanos, se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2.5% y EDTA al 17%. La activación de las soluciones, que incluye al EDTA como intermediario y al hipoclorito de sodio como solución principal, aumentó la disolución de tejidos en los conductos radiculares. No obstante, no existieron diferencias significantes al comparar los diferentes dispositivos ultrasónicos y sónicos.

Wang *et al.* (45) comparó los efectos bactericidas de la irrigación ultrasónica con diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio solo o con tratamiento fotodinámico contra *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares infectados.

El estudio se realizó en 128 incisivos bovinos, a los que se les inoculó *E. faecalis*. Los resultados demostraron que el tratamiento fotodinámico no es una alternativa, pero sí puede ser un complemento para los protocolos ya existentes para la desinfección de los conductos radiculares. Por otro lado, se demostró la factibilidad para reducir las concentraciones de hipoclorito de sodio a un nivel más seguro mientras mantiene su eficacia antibacterial. Además, no hubo diferencia significativa entre el número de bacterias sobrevivientes al utilizar de hipoclorito de sodio al 0.5%, 1%, 2% o 2.5%.

Boff *et al.* (46) evaluó histológicamente el uso pasivo del ultrasonido al limpiar la porción apical de los conductos radiculares. En este estudio se utilizaron 20 incisivos mandibulares humanos extraídos y se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2.5% con técnica convencional con jeringa y con técnica ultrasónica activando 1 ml de hipoclorito de sodio por 15 segundos por 4 veces. Se concluyó que el uso de la irrigación ultrasónica pasiva limpió mejor la porción apical de los conductos radiculares.

Morales-Guevara (47) comparó la penetración dentinaria *in vitro* entre las concentraciones de hipoclorito de sodio al 5% y al 2.5% con técnicas de irrigación convencional e irrigación ultrasónica pasiva. Cuarenta segmentos radiculares de 5 mm de longitud fueron utilizados para este estudio. El hipoclorito de sodio al 5% tiene una mayor penetración dentinaria que el hipoclorito de sodio al 2.5%. Los resultados sugieren que la penetración dentinaria del hipoclorito de sodio es mayor con la irrigación ultrasónica que con la irrigación convencional sola.

CONCLUSIÓN

El hipoclorito de sodio se ha aplicado como una sustancia desinfectante desde hace más de un siglo, su efectividad antimicrobiana lo avala como una de las mejores sustancias desinfectantes en diferentes áreas, como en odontología.

Le endodoncia emplea el hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones, como son al 5.25% y 2.5%, para la desinfección de los conductos radiculares, principalmente contra los *Enterococcus faecalis*. Diferentes estudios han comprobado esta efectividad antimicrobiana potenciada con la activación ultrasónica, así como las microcorrientes formadas que ayudan de menor manera a la remoción del debris dentinario. Durante el protocolo final de irrigación, la activación ultrasónica se aplica para aumentar los efectos de esta sustancia irrigante, con el fin de obtener mayor limpieza e incrementar la probabilidad de éxito del tratamiento de conductos.

La concentración del hipoclorito de sodio al 2.5% tiene una menor citotoxicidad contra la concentración de 5.25% y con la activación ultrasónica de ambas concentraciones se obtienen efectos desinfectantes muy similares. Por esta razón, la concentración de 2.5% tiene un menor riesgo a causar alguna reacción desfavorable y se podría considerar una más segura y mejor opción para la desinfección de los conductos radiculares durante el protocolo final de irrigación previo a la obturación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cohen S, Hargreaves KM. *Vías de la Pulpa*. 10 ed. España: Elsevier. 2011.
2. Ponzano GP. *Sodium Hypochlorite: History, Properties, Electrochemical Production*. Contrib Nephrol. 2007; 154: 7-23. Doi: 10.1159/000096810
3. Cárdenas-Bahena Á, Sánchez-García S, Tinajero-Morales C, González-Rodríguez VM, Baires-Vázquez L. *Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales*. Rev Odont Mex. 2012; 16(4): 252-258. Disponible en: shorturl.at/fgxGO
4. Park E. *Ultrasonics in endodontics*. Endodontic Topics. 2013; 29: 125-159. Doi: <https://doi.org/10.1111/etp.12044>
5. 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):e512-6. Doi: 10.4317/medoral.17621
6. García Aranda RL, Briseño Marroquín B. *Endodoncia I. Fundamentos y clínica*. 1ª ed. México: UNAM. 2016.
7. Soares IJ, Goldberg F. *Endodoncia. Técnica y fundamentos*. 2ª ed. México: Editorial Médica Panamericana. 2012.
8. Gufaran Ali S, Mulay S. *Pulpitis: A review*. IOSR-JDMS. 2015; 14(8): 92-97. Doi: 10.9790/0853-14869297
9. Abu Hasna A, et al. *Effect of sodium hypochlorite solution and gel with/without passive ultrasonic irrigation on Enterococcus faecalis, Escherichia coli and their endotoxins [version 1; peer review: 2 approved]*. F1000Research. 2020; 9:642. Doi: <https://doi.org/10.12688/f1000research.24721.1>

10. Dou L, Vanschaayk MM, Zhang, et al. *The prevalence of dental anxiety and its association with pain and other variables among adult patients with irreversible pulpitis*. BMC Oral Health [Internet]. 2018 [consultado 2 Nov 2021]; 18(101). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0563-x>
11. Vilchis Rodríguez SA, Gurria Mena A, Rodríguez Sepúlveda AG, Treviño Elizondo R. *Necrosis pulpar con lesión periapical*. RME. 2018; 5(2): 18-23. Disponible a: shorturl.at/lmquH
12. Borzini L, Condo R, De Dominicis P, Casaglia A, Cerroni L. *Root Canal Irrigation: Chemical Agents and Plant Extracts Against Enterococcus faecalis*. TODJ. 2016; 10: 692-703. Doi: 10.2174/1874210601610010692
13. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Muwaquet-Rodríguez S, Albero-Monteagudo A. *Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review*. J Clin Exp Dent. 2019; 11(2):e185-93. doi: 10.4317/jced.55560
14. Hu S, Duan L, Wan Q, Wang J. *Evaluation of needle movement effect on root canal irrigation using computational fluid dynamics model*. BioMed Eng OnLine. 2019; 18(52): Doi: <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0679-5>
15. Kobayashi Y, Hayashi M, et al. *Passive ultrasonic irrigation in the presence of a low concentration of hydrogen peroxide enhances hydroxyl radical generation and bactericidal effect against Enterococcus faecalis*. JOS. 2014; 56(1): 35-39. Doi: 10.2334/josnurd.56.35
16. Trautman E, Attin T, Mohn D, Zehnder M. *Hydrogen Peroxide Versus Sodium Hypochlorite: All a Matter of pH?*. JOE. 2021; 47(2): 297-302. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.016>

17. Gomes BPFA, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CC. *Chlorhexidine in Endodontics*. Braz Dent J. 2013; 24(2):89-102. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302188>
18. Jain K, Agarwal P, Jain S, Seal M, Adlakha T. *Alexidine versus chlorhexidine for endodontic irrigation with sodium hypochlorite*. Eur J Dent. 2018; 12:398-402. Doi: 10.4103/ejd.ejd_180_17
19. Abuhaimed TS, Abou Neel EA. *Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin*. BioMed Research International. 2017; 2017:1930360. doi: 10.1155/2017/1930360
20. Ruksakiet K, Hanák L, et al. *Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials*. JOE. 2020; 46(8): 1032-1041.e7. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.002>
21. Salem VL, Galvez Calla LH. *Irrigación endodóntica con el uso de hipoclorito de sodio*. Odontol Sanmarquina. 2006; 9(1):28-30.
22. Reyhani MF, Rezagholizadeh Y, et al. *Antibacterial effect of different concentrations of sodium hypochlorite on Enterococcus faecalis biofilms in root canals*. J Dent Res Clin Dent Prospect. 2017; 11(4):215-221. doi: 10.15171/joddd.2017.038
23. Ortiz Barrera MR. *Efecto del ultrasonido sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino durante el acceso endodóntico: Estudio in vitro [tesis]*. Puebla: Facultad de Estomatología, BUAP; 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/8071>
24. Mozo S, Llana C, Forner L. *Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solution*. Med Oral Patol Oral Cur Bucal. 2012; 17(3):e512-6. doi: 10.4317/medoral.17621
25. Kucher M, Dannemann M, et al. *Effects of Endodontic Irrigants on Material and Surface Properties of Biocompatible Thermoplastics*. Dent J. 2019; 7(26): 1-15. Doi:10.3390/dj7010026

26. Helse Ultrasonics. *E1-Irrisonic*. Helse Ultrasonics; 2021 [Consultado 16 Nov 2021]. Disponible en: shorturl.at/sAV79
27. DTE. *Tip Book*. Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. China. 2017.
28. Plotino G, Pameijer CH, et al. *Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature*. JOE. 2007; 33(2):81-95. Doi: 10.1016/j.joen.2006.10.008
29. Van der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature*. Int Endod J. 2007; 40(6):415-426. Doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x
30. Flores Orozco EI, Cestari Toia C, Cavalli D, et al. *Effect of passive ultrasonic activation on microorganism in primary root canal infection: a randomized clinical trial*. J Appl Oral Sci. 2020; 28:e20190100 Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2019-0100>
31. Salas H, Castrejón A, Fuentes D, et al. *Evaluation of the penetration of CHX 2% on dentinal tubules using Conventional Irrigation, Sonic Irrigation (EDDY) and Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) techniques: An in vitro study*. J Clin Exp Dent. 2021; 13(1):e37-42. Doi: 10.4317/jced.57065
32. Hmud R, Kahler WA, George R, Walsh LJ. *Cavitation Effects in Aqueous Endodontic Irrigants Generated by Near-infrared Lasers*. JOE. 2010; 36(2): 275-278. Doi: 10.1016/j.joen.2009.08.012
33. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa T, et al. *Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars*. International Endodontic Journal. 2016; 50(4):398-406. Doi: 10.1111/iej.12630
34. Villa Lopez L. *Irrigación en Endodoncia*. Universidade Fernando Pessoa. Porto; 2012.

35. Ricci Vivian R, Alves Duque J, Priori Alcalde M, et al. *Evaluation of Different Passive Ultrasonic Irrigation Protocols on the Removal of Dentinal Debris from Artificial Grooves*. Braz Dent J. 2016; 27(5): 568-702. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201600725>
36. Neelakantan P, Ounsi HF, Devaraj S, Cheung GSP, Grandini S. *Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin*. Odontology. 2019;107(2):142-9.
37. Estrela Carlos. *Ciencia Endodóntica*. 1a ed. Sao Paulo: Artes Médicas Ltda. 2005.
38. Senger Niewierowski R, Rodrigues Scalzilli L, Dornelles Morgental R. *Bovine Pulp Tissue Dissolution Ability of Irrigants Associated or Not to Ultrasonic Agitation*. Braz Dent J. 2015; 26(5): 537-540. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201300243>
39. Joy J, Mathias J, Sagir VMM, Babu BP, Chirayath KJ, Hameed H. *Bacterial Biofilm Removal Using Static and Passive Ultrasonic Irrigation*. J Int Oral Health. 2015; 7(7): 42-47. PMC: 4513774.
40. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. *Necrotic Pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation*. IEJ. 2009; 42: 59-65. Doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01497.x
41. Wang Y, Huang X. *Comparative Antibacterial Efficacy of Photodynamic Therapy and Ultrasonic Irrigation Against Enterococcus faecalis In Vitro*. Photochemistry and Photobiology. 2014; 90: 1084-1088. Doi: 10.1111/php.12293
42. Kaur R, Kaur Bhullar K, Deepali, Malhotra S, Handa A. *Comparison of Efficacy of 2.5% Vs 5.25% Concentrations of Sodium Hypochlorite Augmented by Different Irrigation Techniques in Eradication of Enterococcus Faecalis – An In-Vitro Study*. Annals of R.S.C.B. 2020; 25(1): 6227-6236.

43. Coloma Calle LE, Ávila Granizo YV, Goya Goya LA. *Eficacia de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio en la reducción de Enterococcus faecalis dentro del conducto radicular, evaluado por el sistema MALDI-TOF*. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. 2018; 2(2): 259-279. Doi: 10.26820/recimundo/2.(2).2018.259-279
44. Conda AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. *Effect of Sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA*. University of Adelaide. IEJ. 2016; 59(10): 976-982. Doi: 10.1111/iej.12717
45. Wang Y, Xiao S, Ma D, Huang X, Cai Z. *Minimizing Concentration of Sodium Hypochlorite in Root Canal Irrigation by Combination of Ultrasonic Irrigation with Photodynamic Treatment*. Photochemistry and Photobiology. 2015; 91: 937-941. Doi: 10.1111/php.12459
46. Boff TL, Zamin C, Cogo DM, Vanni JR, Martins Hartman MS, Fornari VJ. *Histological analysis of cleaning capacity in apical third of flattened root canals with passive ultrasonic irrigation*. RSBO. 2013; 11(2): 113-7.
47. Morales-Guevara A. *Penetración Dentinaria in vitro del Hipoclorito de Sodio a Diferentes Concentraciones con las Técnicas de Irrigación Convencional y Ultrasónica Pasiva*. Int J Odontostomat. 2017; 11(3): 305-309.