



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EL USO DEL ULTRASONIDO EN LA IRRIGACIÓN
ENDODÓNCICA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A :

SILVIA COLIN MENDIETA

DIRECTORA: C.D ANGÉLICA FERNÁNDEZ MERLOS.

MÉXICO D. F.

ABRIL 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



A DIOS, POR SER LA LUZ
QUE ME GUIA SIEMPRE POR
EL CAMINO CORRECTO.

A MIS PADRES, POR SU
INFINITO CARIÑO, APOYO Y
COMPAÑÍA, PORQUE ESTE
TAMBIÉN ES UN LOGRO PARA
ELLOS.

A MIS HERMANAS Y SOBRINA
POR DARMER MOTIVOS PARA
SONREIR SIEMPRE Y COMPARTIR
ALEGRÍAS Y DESVELOS.

A MIS AMIGOS, ALMA, CESAR,
OSWALDO, LUIS, CARLOS,
RÚBEN, ALBERTO; POR
BRINDARME SU VALIOSA
AMISTAD Y MOMENTOS
ÚNICOS E IRREPETIBLES QUE
GUARDARE EN MI CORAZÓN
COMO UN VALIOSO TESORO.

A MIS PROFESORES,
POR CONTRIBUIR A MI
FORMACIÓN COMO PROFESIONAL,
PERO TAMBIÉN COMO SER HUMANO.

A LA DRA. ANGÉLICA FÉRNANDEZ,
POR BRINDARME SU TIEMPO Y AYUDA
PARA VER CRISTALIZADO ESTE SUEÑO.



- **INDICE**

- **INTRODUCCIÓN5**

- 1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA 7**

- **2. IMPORTANCIA DE LA IRRIGACIÓN EN LA TERAPIA ENDODÓNCICA. 10**

- **3.OBJETIVOS DE LA IRRIGACIÓN..... 12**

- **4.PROPIEDADESDE UNA SOLUCIÓN IRRIGANTE13**

- **5. SOLUCIONES IRRIGANTES EMPLEADAS EN LA LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOSRADICULARES14**

- **5.1 Hipoclorito de Sodio15**

- **5.2.Clorhexidina.....19**

- **5.3 Peróxido de hidrogeno.....22**

- **5.4Ácido cítrico.....24**

- **5.5 Auxiliares (EDTA,MTAD).....27**



- **6. MICROBIOLOGÍA ENDODÓNCICA33**
 - **6.1 Efecto antimicrobiano de las soluciones irrigantes.....38**

- **7.EL ULTRASONIDO EN LA ENDODONCIA 47**

- **8. EL USO DEL ULTRASONIDO EN LA IRRIGACIÓN ENDODÓNCICA.....55**

- **CONCLUSIONES 60**

- **REFERENCIAS62**



• INTRODUCCIÓN

Dentro de la terapia endodóncica la irrigación del sistema de conductos radiculares adquiere gran importancia, ya que uno de los objetivos primordiales es lograr una correcta desinfección para así poder elevar el porcentaje de éxito en un tratamiento endodóncico.

Dentro de las fases de limpieza y conformación del conducto, la irrigación adquiere un papel esencial, confinado a la eliminación del tejido orgánico pulpar pero también a los residuos resultantes del trabajo biomecánico; es entonces que debemos poner especial interés al seleccionar el agente irrigante adecuado.

El irrigante ideal debe ser capaz de desinfectar la dentina y los túbulos dentinarios así como mantener un efecto antimicrobiano residual, además de ser biocompatible con los tejidos del huésped.

Desde hace ya varios años, se han ido perfeccionando nuevas técnicas de irrigación con las que se pueda garantizar el éxito en un tratamiento endodóncico; así pues el objetivo de este es trabajo profundizar acerca del tema de irrigación en Endodoncia , haciendo pues mención de la literatura ya conocida por todos acerca de las técnicas convencionales de irrigación, pero al mismo tiempo hablar acerca de los avances tecnológicos en la Endodoncia aplicada específicamente en los sistemas de ultrasonido empleados para la limpieza y desinfección de los conductos radiculares en los tratamientos endodóncicos convencionales.



La constante preocupación por controlar y eliminar en un mayor porcentaje la flora bacteriana patógena que se encuentra en los conductos radiculares es la que incrementa día a día la búsqueda de alternativas terapéuticas y para ello se vale de los avances tecnológicos, ejemplo de ello son los sistemas de ultrasonido empleados en Endodoncia desde hace ya muchos años, básica e inicialmente, para preparar biomecánicamente los conductos radiculares; pero que con el paso del tiempo se les han encontrado otras utilidades tales como mejorar el sistema de irrigación activando las soluciones usadas en el proceso de limpieza y desinfección.

El uso del ultrasonido en Endodoncia, se basa en fenómenos que se producen durante la aplicación de éste dentro del conducto radicular. Entre ellos oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, todos ellos van a producir efectos sobre la estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de Slim Layer, así como la potenciación de efectos antimicrobianos durante la irrigación.



- **BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA.**

En Endodoncia son empleados un gran número de soluciones irrigantes, que además de su uso en esta área son empleadas para la desinfección en general. Es así que hacemos un breve relato acerca de la irrigación y sus diferentes soluciones a través de las últimas décadas.⁽¹⁾

En 1847, el húngaro Ignac Semmelwes introduce al campo de la medicina el uso del hipoclorito de sodio para la desinfección de las manos. ⁽¹³⁾

En el siglo XIX el hipoclorito es ampliamente recomendado por Labarraque para tratar enfermedades infecciosas y es así como adquiere amplia aceptación como desinfectante. ⁽¹³⁾

Al término de la segunda guerra mundial, para 1915, Henry Dakin y Alexis Carriell comenzaron a usar el hipoclorito de sodio al 0.5% para el manejo de las heridas infectadas, basado en estudios realizados por Dakin que revelaban entre otras cosas la acción disolvente del hipoclorito de sodio sobre tejido necrótico, el amplio espectro y la eficacia sobre gran número de microorganismos patógenos, recomendándole así como un buen irrigante por sus propiedades además de ser esporicida. ⁽¹³⁾

Estas características además de su bajo precio, su fácil disponibilidad y su amplia vida útil fueron las que para 1920 promovieron el uso del hipoclorito de sodio en Endodoncia como solución irrigadora.



Entre 1930 y 1940 por su capacidad de disolver tejidos se utilizaban enzimas proteolíticas, pero, pronto se mostró que esa propiedad disminuía considerablemente dentro de los conductos radiculares.⁽⁴⁾

Al mismo tiempo, allá en 1940, empleaban también diferentes soluciones ácidas como el ácido sulfúrico y el clorhídrico aún sin conocimiento del daño ocasionado a tejidos perirradiculares.⁽⁴⁾

Posteriormente Grossman en 1941, promovía el uso del peróxido de hidrogeno combinado con hipoclorito de sodio en forma alternada consiguiendo así una limpieza más efectiva dada por el oxígeno liberado del agua oxigenada.⁽¹⁴⁾

En 1936, Walter⁽¹⁷⁾ reconoce la importancia de la solución irrigadora, recomendando el uso del agua clorinada, doblemente reforzada para el proceso de irrigación, debido a sus propiedades de disolver las proteínas y por su acción germicida, consiguiendo con ello la eliminación total del tejido pulpar.

En 1945, Pucci describe la irrigación como parte de la aplicación de métodos mecánicos destinados a la exploración, ensanchamiento y preparación de los conductos radiculares, para recibir la obturación definitiva, que, constituye el recurso preponderante en la terapia de conductos.⁽¹⁷⁾

Lasala⁽⁴⁾ refiere que Richmann para 1957 empleo por primera vez durante el tratamiento de conductos el cavitron con irrigación obteniendo resultados favorables, tomándolo así como el primer antecedente de la irrigación con ultrasonido.



En 1961, Stewart et al⁽¹⁷⁾ introdujeron el Glioxide, un compuesto a base de peróxido de urea al 10% en un vehículo glicerinado; el peróxido de urea posee una actividad antimicrobiana y la base glicerizada actúa como lubricante.

En 1965, Ingle⁽³⁾ opinó que la irrigación debe realizarse en una secuencia alternada con agua oxigenada y su fase final se hará siempre con el hipoclorito de sodio, para prevenir la formación de gases en el interior de los conductos. De ahí, la importancia de que la última solución irrigante sea el hipoclorito de sodio.

En 1969, Stewart et al⁽¹⁷⁾ propusieron el uso de EDTA al 15%, peróxido de urea al 10% y una base homogenizada de carbowax soluble en agua, compuesto conocido como Rc-prep.

En 1980, Parsons et al⁽¹⁷⁾ sugieren la utilización de la clorhexidina, como irrigante en la terapia endodóntica. Estudiaron las propiedades de absorción y liberación de éste agente, y observaron que ésta tenía propiedades antibacterianas, hasta por una semana después de aplicada.

Goldmann et al⁽¹⁷⁾ en 1988, reportan el uso de ácido cítrico como agente para la irrigación del sistema de conductos radiculares, éste es un agente quelante que reacciona con los metales para formar un quelato soluble.

El hidróxido de calcio también se ha estudiado como una alternativa en la irrigación del sistema de conductos, en investigaciones realizadas In Vitro por Morgan et al en 1991; sobre la capacidad de disolución de tejido pulpar bovino, se concluyó que el hidróxido de calcio no tiene efecto solvente sobre el mismo al emplearse solo o en combinación con NaOCl al 2,5%.⁽¹⁷⁾



- **IMPORTANCIA DE LA IRRIGACIÓN EN LA TERAPIA ENDODÓNCICA.**

La irrigación en Endodoncia se define como la introducción de una o más soluciones en la cámara pulpar y en los conductos radiculares y su posterior aspiración.

Con la instrumentación por si sola no se llega a ciertas variaciones en la anatomía de los conductos tales como presencia de conductos en C, S, conductos accesorios y laterales los cuales no son evidentes a simple vista y en donde se alojan dichos residuos; por lo tanto es necesario el uso de varias soluciones irrigantes antes, durante y después de la instrumentación.¹⁵

La irrigación del sistema de conductos radiculares juega un papel de suma importancia en la limpieza y desinfección del mismo, es considerado como uno de los elementos integrales que pudiera comprometer en un alto porcentaje el éxito del tratamiento endodóncico.¹⁵

La solución irrigadora tiene un papel activo, participa como agente de limpieza y arrastre al remover microorganismos y reducir la microflora bacteriana, productos asociados de degeneración tisular y restos orgánicos e inorgánicos impidiendo así su acúmulo en el tercio apical así como el servir de lubricante durante la preparación biomecánica e incrementar la permeabilidad del conducto radicular.²¹



En definitiva un buen irrigante debe combinar un máximo efecto antibacterial con mínima toxicidad, lo cual no aplica para ninguna solución irrigante disponible.

Sin embargo el uso de irrigantes como complemento a la instrumentación normalmente es bien tolerado por el tejido periapical cuando éste se mantiene solamente dentro del conducto radicular, pero cuando pasa a través del ápice al tejido perirradicular puede ser extremadamente tóxico y agresivo, dependiendo de la salida o no de agentes patógenos al área apical, el tamaño y tipo de la aguja, la distancia entre la punta de la aguja y el foramen, el tipo de irrigante ,el flujo del mismo ,la presión al irrigar, la cantidad ,temperatura y vida útil de de la solución .

La frecuencia de la irrigación y el volumen de irrigante utilizado son factores importantes en la eliminación de detritos. La frecuencia de la irrigación debe incrementarse en la medida en que los instrumentos se aproximan a la constricción apical.⁽¹⁶⁾



• OBJETIVOS DE LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS.

La irrigación tiene cuatro objetivos principales⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽²¹⁾:

- Disolución de los restos pulpares (agentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular).
- Limpieza de las paredes de los conductos para eliminar los residuos (incluyendo la capa de Slim Layer) que se producen durante la preparación biomecánica y se compactan al interior de los conductos y cubren o taponan los túbulos dentinarios.
- Destrucción de las bacterias y neutralización de sus productos y componentes antigénicos.
- Lubricar los instrumentos para facilitar su paso y capacidad de corte dentro del conducto.



• PROPIEDADES IDEALES DE UNA SOLUCIÓN IRRIGANTE.

- Ser **bactericida o bacteriostático**, debe actuar contra hongos y esporas. (14)(15)(21)
- Debe tener **baja toxicidad** y ser poco agresivo para los tejidos periradiculares. (14)(15)(21)
- Debe ser **solvente de tejidos** o residuos orgánicos e inorgánicos. En los lugares inaccesibles a los instrumentos, el irrigante puede disolver remanentes del tejido para permitir su eliminación. (14)(15)(21)
- Debe tener **baja tensión superficial**. Esta propiedad se relaciona con la capacidad del irrigante de fluir a las áreas inaccesibles. (14)(15)(21)
- **Eliminar la capa de Slim Layer**. Esta capa se constituye de microcristales y partículas orgánicas de desecho diseminadas en la pared del conducto después de la preparación. (14)(15)(21)
- Debe actuar como **lubricante**. Esto ayuda a que los instrumentos se deslicen dentro del conducto. (14)(15)(21)
- **Otras**: Fácil disponibilidad, bajo costo, tiempo de vida adecuado, fácil almacenamiento. (14)(15)(21)



• PRINCIPALES SOLUCIONES IRRIGANTES

El proceso de saneamiento, incluye la irrigación, parámetro que se debe regir aleatoriamente por el caso clínico en cuestión para que se obtengan mejores resultados; de ahí la importancia de conocer las propiedades e indicaciones de las diferentes soluciones irrigantes.

Es importante recordar que estas soluciones son medios químicos auxiliares en la limpieza de los conductos radiculares y es objeto de este trabajo hablar acerca de las propiedades de estas soluciones y los cambios que hay al ser activadas por un medio físico que es el ultrasonido, el cual crea un movimiento hidráulico circulante que es más efectivo en la eliminación de desechos del canal radicular. ⁽²⁾

Dentro de la literatura endodóncica a través del tiempo se han propuesto y empleado varias soluciones irrigadoras, de las más frecuentes y comúnmente empleadas en Endodoncia son los compuestos halogenados, tensoactivos, quelantes, ácidos y peróxidos además de asociaciones de esas sustancias.⁽²⁾⁽²⁶⁾

- **1.- Compuestos halogenados:**
- **Solución de hipoclorito de sodio (NaOCL)** en diferentes concentraciones de cloro activo.
- **Clorhexidina.**
- **Peróxido de hidrogeno (H₂O₂)**
- **Ácido cítrico.**
- **Auxiliares.**

5.1. Quelantes (EDTA)

5.2. MTAD



- **Hipoclorito de sodio.**

Los compuestos halogenados son así llamados por poseer elementos químicos en sus moléculas pertenecientes al grupo de los halógenos de la tabla periódica. El elemento químico cloro, por ejemplo, hace parte del grupo de los halógenos. El uso de los compuestos halogenados se inició en 1792 cuando se produjo, por primera vez, una solución conteniendo iones hipoclorito que recibió el nombre de “Agua de Javele”. Ese hipoclorito se constituía de una mixtura de hipoclorito de sodio y potasio. ⁽²⁾⁽²⁶⁾

Bajo la luz solar y en temperatura elevada ocurre la liberación de cloro dejando la solución ineficaz. Pécora y cols ⁽²⁾(1986 e 1987) estudiaron el tiempo de vida de la solución de Dakin en diversas condiciones de temperatura observando que se altera el pH de la solución por lo que el hipoclorito de sodio con pH elevado, alrededor de 11 a 12, es más estable y la liberación de cloro es más lenta.

Cuando una solución de hipoclorito de sodio presenta una concentración de cloro por abajo del 0,3% esta no es efectiva contra *Candida albicans* y *Enterococcus faecalis*. En concentraciones de 0,5% son efectivas en contra de esos microorganismos en un tiempo de acción de 15 segundos (Monteiro-Souza et al, 1992). ⁽²⁾⁽²⁶⁾

Así, se debe resaltar la importancia de conocerse la concentración del hipoclorito de sodio que se va a utilizar en la terapéutica endodóncica para que se obtengan las ventajas reales que esas soluciones pueden ofrecer en cuanto a la limpieza y desinfección.

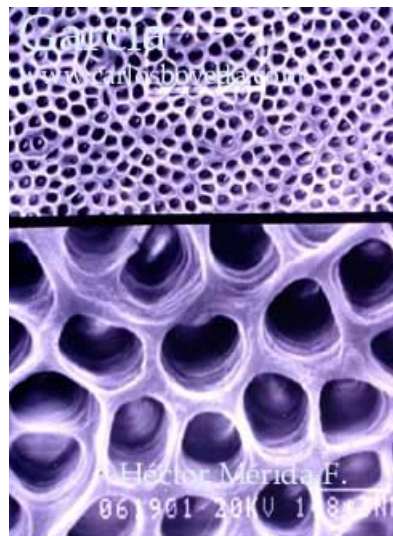
La capacidad de la solución de hipoclorito de sodio en disolver tejidos orgánicos fue estudiada por diversos investigadores, entre los cuales

podemos citar: Senia (1971), Hand y cols. (1978), Cunningham & Balakejan (1980), Abou-Rass y cols. (1981), Spanó (1999), Santos (1999) y Barbin (1999).⁽²⁶⁾

Santos⁽²⁶⁾ (1999) evaluó la capacidad solvente en pulpas bovinas de las soluciones de hipoclorito de sodio según la variación de temperatura. Constató que la capacidad solvente es directamente proporcional a la temperatura, esto es, cuanto más elevada la temperatura de la solución de hipoclorito de sodio tanto mayor será su capacidad solvente.

Propiedades del hipoclorito de sodio.

- El hipoclorito de sodio es un potente solvente orgánico.
- El ácido hipocloroso es un potente agente antimicrobiano ya que libera cloro naciente que se combina con el grupo amina de las proteínas, formando las cloraminas. Además sufre descomposición por la acción de la luz, del aire y del calor liberando cloro libre y, secundariamente oxígeno naciente.⁽²⁶⁾



Irrigación con NaOCl al 5,25%, presencia de algunos restos de fibras y residuos pulpares. Tomado de Mérida et al., 1999.



- Neutraliza productos tóxicos y actúa sobre las proteínas.
- Bactericida, libera cloro y oxígeno nascente.
- pH alcalino - Neutraliza la acidez del medio, tornándolo impropio para el desarrollo bacteriano.
- Deshidrata y solubiliza las proteínas, transformándolas en materiales fácilmente removibles.
- No irrita los tejidos vivos (solución de Dakin) y las soluciones más concentradas pueden y deben ser usadas en dientes con pulpas necróticas con y sin lesiones peri apical.
- Agente aclarante por representar una potente fuente de agente oxidante.
- Agente desodorizante por actuar sobre productos en descomposición. (2)(26)

Su propiedad más destacada es la capacidad de disolver tejido, de ahí que diversos autores han concluido que el poder de la solución de hipoclorito de sodio en disolver tejido orgánico depende, fuertemente, de los siguientes factores:

- Cantidad de materia orgánica e hipoclorito presente;
- Frecuencia e intensidad de flujo irrigante y,
- Superficie de contacto entre el tejido y solución de hipoclorito de sodio. (2)(26)

Por ese motivo, la irrigación de conductos con hipoclorito de sodio, en las diferentes concentraciones, debe ser abundante para obtenerse el máximo efecto.

Leonardo & Leal ⁽⁵⁾ (1991) indican, en su libro, el uso de hipoclorito de sodio (4-6%) para:



Neutralizar productos tóxicos con la función de posibilitar la penetración inmediata en los conductos radiculares en dientes con reacción periapical crónica evidenciable radiográficamente. (2)(26)

Walton y Rivera (6) (26) recomiendan diluir el hipoclorito de sodio al 5,25% en partes iguales con agua para una solución de 2,6%. Esta es tan eficaz como la solución a toda su capacidad, pero más segura y más agradable para usar.

Las indicaciones de la utilización de las soluciones de hipoclorito de sodio en las diferentes concentraciones es variable. Para Schilder (1982) el hipoclorito de sodio es la solución irrigadora más importante para la limpieza y desinfección de los conductos radiculares. (13) (2) (26)

En vista de que el hipoclorito de sodio no cumple con dos propiedades como son baja toxicidad y eliminación de la capa de desecho, es necesario combinarlo con agentes quelantes u otros agentes irrigantes para poder lograr los objetivos de la irrigación del sistema de conductos.

El uso del hipoclorito de sodio combinado con el ultrasonido o un sistema de vibración de ondas es el medio de irrigación que mayor efecto antibacterial presenta. Utilizando esta combinación se mejora el intercambio de las sustancias en el conducto, permite un calentamiento de la sustancia irrigadora, se eliminan restos dentinarios y parte de la capa de desecho, logrando así un mayor efecto de limpieza.(9)

Cameron (14) en 1987, refiere que al usar el NaOCl al 4% o más con ultrasonido durante 3 min se logra remover completa la capa de desecho.



- **Clorhexidina.**

La clorhexidina es un antiséptico formado por dos guanidas unidas a un puente de metileno con seis carbonos, es activa contra un largo espectro de aeróbios y anaeróbios, bacterias Gram positivas y Gram negativas así como especies de *Cándida* principalmente la *Cándida albicans* y virus.²⁰

La clorhexidina (CHX) en solución es un irrigante que ha sido sugerido para usarla en Endodoncia. El efecto antimicrobiano de la clorhexidina es intermediado por diversos mecanismos. Se une electrostáticamente a sitios de cargas negativas de la bacteria, causando desequilibrio osmótico, daños a la bomba de sodio y potasio además de bloquear el transporte de calcio y magnesio. Atacando la membrana citoplasmática bacteriana, causa pérdida del balance osmótico resultando en daño al material intracelular. Ella también se une a la hidroxiapatita y tejidos blandos, cambiando su campo eléctrico para competir con la ligación bacteriana.⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

Algunos autores.²¹ afirman que el aumento de la permeabilidad celular causado por la clorhexidina no parece ser el único mecanismo de citotoxicidad, se cree que la síntesis de proteínas también es afectada en diferentes grados por el aumento de la concentración de la clorhexidina.

Actualmente no está definida la concentración mínima que cause mínimo daño a los tejidos y mantenga actividad antimicrobiana así como los mecanismos de toxicidad para fibroblastos.²¹

La dentina del canal radicular adquiere cierta actividad antimicrobiana después de su exposición al gluconato de clorhexidina por una semana debido a sus propiedades que permiten su absorción a la hidroxiapatita²¹ Esta parece ser la razón por la cual tiene una potente función como



irrigante y efectivo como medicamento intracanal⁽²¹⁾. La absorción de la clorhexidina a dientes humanos es generalmente lenta, la interacción prolongada es necesaria para encontrar la saturación de la dentina con clorhexidina. ⁽²¹⁾.

La clorhexidina presentó efecto antimicrobiano de forma similar al hipoclorito de sodio cuando usados en irrigación intracanal, en estudios *In Vitro* utilizando dientes bovinos. En concentraciones específicas de 0,2% de clorhexidina asociada al peróxido de hidrogeno fue verificado un efecto sinérgico.

Otros autores demostraron que concentraciones de 0,5 y 1% fueron efectivas en la eliminación de *Enterococcus faecalis* mientras que soluciones a 0,12% no fueron eficientes y a 2% fue el agente antimicrobiano más efectivo para bacterias anaeróbicas ,a diferencia de otras medicaciones intracanal comúnmente utilizadas en Endodoncia como el paramonoclorofenol y el hidróxido de calcio.²¹

La actividad antimicrobiana de la clorhexidina en sistemas de liberación controlada fue verificada *In Vitro*. Estos estudios mostraron que la clorhexidina al 0,015% es capaz de inhibir satisfactoriamente la actividad de *S. mutans* y liberar el fármaco por 6 días geles de clorhexidina al 1% tienen mayor actividad antimicrobiana.²⁰

La actividad residual después de la irrigación del canal es de 72hr.Para posibilitar aumento de ese efecto, sobre las bacterias del canal los autores han sugerido el uso de clorhexidina 5% en gel ¹⁰. La larga permanencia de la clorhexidina también fue relacionada a la recuperación del periápice, especialmente, hubo mejor respuesta en comparación al hipoclorito de sodio. Esto tal vez sea por causa de la absorción de la clorhexidina a los tejidos dentinarios y la posible desinfección de áreas del



canal radicular que no son accesibles a la preparación biomecánica. El digluconato de clorhexidina 2% en dientes humanos con necrosis y lesión periapical tiene actividad antimicrobiana 48h después de la preparación biomecánica. Comparación de soluciones irrigantes de hidróxido de calcio, hipoclorito de sodio 2,5%, clorhexidina 2% y tricresol formalina mostraron que la clorhexidina fue más efectiva contra *E. faecalis* que el hipoclorito de sodio. La clorhexidina en solución a 1% eliminó de forma similar *Staphylococcus aureus*.²⁰

El uso del hipoclorito de sodio y clorhexidina combinados fue propuesto para irrigación del SCR, ya que podría tener acción antimicrobiana sinérgica. La capacidad de disolución de tejidos del hipoclorito de sodio sería mejor que la obtenida con clorhexidina solamente, al mismo tiempo que sería menos tóxica. Esa asociación se basa en que la clorhexidina por ser una base es capaz de formar sales con algunos ácidos orgánicos y el hipoclorito de sodio por ser agente oxidante puede transformar parte del gluconato en ácido gluconico. Los grupos cloro se unirían al componente guanidina de la clorhexidina formando clorato de clorhexidina. (20)(21)



- **Peróxido de hidrogeno.**

El peróxido de hidrogeno (H_2O_2) es un potente agente oxidante. Es utilizado en Endodoncia hace mucho tiempo, pues libera el oxígeno naciente. En el pasado, Callahan (1894) preconizaba esa solución como irrigante final de los conductos radiculares después de haber sido sometido a la acción del ácido sulfúrico neutralizado con el bicarbonato de sodio.⁽²⁶⁾

Abott (1918) preconizaba ese agente oxidante, en la concentración del 30% como agente blanqueador de dientes oscurecidos. En esa alta concentración, esa solución es aún utilizada como agente blanqueador. ⁽²⁶⁾

Cuando el peróxido de hidrogeno (agua oxigenada), entra en contacto con la sangre produce una reacción efervescente, liberando oxígeno naciente produciendo hemólisis y removiendo detritos del interior del conducto radicular. Como agente oxidante evita que la sangre penetre en los túbulos dentinarios y altere el color de los dientes.

Es un ácido débil, con propiedades desinfectantes. En Endodoncia generalmente se utiliza al 3%. Su mecanismo de acción se debe a la efervescencia que produce, ya que la liberación de oxígeno destruye los microorganismos anaerobios estrictos, y el burbujeo de la solución cuando entra en contacto con los tejidos y ciertas sustancias químicas, expulsa restos tisulares fuera del conducto. Su mejor efecto antibacterial lo demuestra en concentraciones 1/10, muestra habilidad en el desalojo de tejido pulpar necrótico y detritos dentinales cuando la solución se deja en contacto íntimo con las paredes del conducto radicular. El mayor efecto antibacterial del peróxido de hidrógeno es atribuido, entonces, a su



acción oxidativa, ⁽¹¹⁾⁽²⁶⁾ ya que la reacción de iones súper oxidantes que producen radicales hidroxilos atacan la membrana lipídica, ADN y otros componentes celulares. ⁽¹²⁾⁽²⁶⁾

Actualmente, esa solución aún es utilizada como solución irrigante alternada con el hipoclorito de sodio en la técnica de Grossman (1943).

De igual manera se utiliza el peróxido de hidrógeno junto con el hipoclorito de sodio. Cuando se irriga en un conducto lleno de hipoclorito de sodio, se produce una efervescencia en la que los dos productos químicos liberan oxígeno y causan una fuerte agitación de los contenidos del conducto. Las burbujas de oxígeno se elevan hasta la apertura de acceso, llevando consigo los detritos sueltos. Ambos productos químicos, producen la disolución de algunos tejidos y la destrucción bacteriana. Por otro lado, se ha encontrado que el uso del hipoclorito de sodio solo es más efectivo como agente antimicrobiano, que cuando se usa de forma alternada con otras soluciones, como el peróxido de hidrógeno. ⁽⁶⁾



- **Ácido cítrico.**

Este ácido es una sustancia irrigante clasificada como un quelante que por su bajo pH reacciona con los iones metálicos en los cristales de hidroxiapatita para producir un quelato metálico que reacciona con las terminaciones del agente quelante al remover los iones de calcio de la dentina formando un anillo. La dentina se reblandece cambiando las características de solubilidad y permeabilidad del tejido especialmente la dentina peritubular rica en hidroxiapatita, incrementando el diámetro de los túbulos dentinales expuestos. El quelante también tiene una gran afinidad por los álcalis ferrosos de la estructura dental (además éste se encuentra naturalmente en el cuerpo, lo cual lo hace biológicamente más aceptable que otros ácidos. ^{(20) (26)}

Neumas WF y Newman en 1958, mostraron que el ácido cítrico es efectivo en alterar la solubilidad de la hidroxiapatita ^{(1) (20)}. Se ha utilizado en varias concentraciones de 0.6-50%, su efecto es aparentemente muy rápido, ya que se requiere solo 5 segundos de aplicación de un 6% de solución sobre discos de dentina para remover la capa de barrillo dentinario. ⁽²⁰⁾

El ácido cítrico ha sido empleado como solución auxiliar de la instrumentación de los conductos radiculares. Varios investigadores se han dedicado a estudiar esta solución, entre ellos podemos citar Loel (1975), Wayman y cols. (1979), Pashley (1981), Brancini y cols. (1983), Pécora (1985). ^{(20) (26)}.

Pécora (1985) observó que el ácido cítrico al 10% promovía aumento de la permeabilidad dentinaria, pero menor que los promovidos por las soluciones halogenadas y EDTA. ⁽²⁶⁾



Savioli y cols. (1993), estudiaron comparativamente la capacidad de limpieza del ácido cítrico en varias concentraciones con la solución de Dakin. Ellos han constatado que la solución de ácido cítrico al 10% promovía conductos radiculares tan limpios como los de la solución de Dakin.⁽²⁶⁾

Se puede pensar que el ácido cítrico posee habilidad antimicrobiana o ayuda a esta, debido a su capacidad de remoción de la capa de barrillo dentinario por medio de descalcificación. Se debe tener en cuenta que el ácido cítrico no es una sustancia químicamente activa que posea efecto antimicrobiano como tal, sino que el remover dicha capa hace que los microorganismos sean barridos con ella permitiendo la limpieza del sistema de conductos radiculares. Al reducir el barrillo dentinal se va a reducir la microflora asociada a endotoxinas, se aumenta la capacidad de sellado de los materiales de obturación y se disminuye el potencial de las bacterias para sobrevivir y reproducirse. ⁽²⁰⁾

Yamaguchi y cols en 1996 propusieron al ácido cítrico como un irrigante sustituto del EDTA. Notaron que uno de los principales problemas de este agente irrigante es su bajo pH, lo que lo hace más ácido y biológicamente menos aceptable, mientras que el EDTA tiene un pH neutro. Ellos concluyeron que todas las concentraciones de ácido cítrico (0,5, 1 y 2 M) mostraron buenos efectos antibacterianos y ser buenos quelantes (elimina la capa de desechos), y sugieren que el ácido cítrico puede ser usado como una solución irrigante para los conductos alternándolo con hipoclorito de sodio.⁽²⁰⁾



Di Lenarda y cols ⁽²⁰⁾⁽²⁶⁾ en el 2000, llegan a la conclusión que la acción del ácido cítrico es comparable a la acción del EDTA, y sugieren que este irrigante es conveniente debido a su bajo costo, buena estabilidad química si es usado correctamente alternándolo con NaOCl, y su efectividad aún con una aplicación corta de tiempo (20 seg.).

La efectividad del ácido cítrico se reduce al disminuir la concentración y tiempos de aplicación de este agente. ⁽²⁰⁾



- **Auxiliares (quelantes).**

El término quelar proviene de "khele", palabra griega que significa garra, por lo tanto estas sustancias tienen la propiedad de excavar y formar complejos internos captando los iones metálicos del complejo molecular al cual se encuentran entrelazados, fijándolos por unión coordinada denominándose específicamente como quelación⁽⁵⁾⁽²²⁾. El término quelación hace referencia a la remoción de iones inorgánicos de la estructura dentaria mediante un agente químico, el cual capta iones metálicos tales como magnesio, calcio, sodio, potasio y litio, del complejo molecular a donde están adheridos. El efecto de las sustancias quelantes no es de desmineralización sino de descalcificación de un tejido mineralizado. ⁽²²⁾⁽²⁶⁾

- **EDTA (Ácido etilendiaminotetraácetico).**

Para el tratamiento de conductos radiculares angostos, Callahan (1894), propuso la utilización del ácido sulfúrico al 50%, y este método perduró por muchos años. Buckley (1926) preconizaba el uso del ácido fenolsulfónico al 80% por ser menos irritante que el ácido sulfúrico.⁽²⁶⁾

Grossman (1946) preconizaba el uso del ácido clorhídrico para sustituir el ácido sulfúrico en la instrumentación de conductos angostos, pues ese ácido produce en contacto con la dentina, el cloruro de calcio que es más soluble que el sulfato de calcio, resultante de la acción del ácido sulfúrico.⁽²⁶⁾

Así, hasta 1957, los endodoncistas usaban en la instrumentación de conductos angostos ácidos fuertes corrosivos y altamente concentrados.⁽²⁶⁾



En esos años, Nygaard Ostby, (profesor de Endodoncia de Noruega), propuso el uso de una sal derivada de un ácido débil y orgánico, el etileno diamino tetra acético sal di sódico (EDTA), pues por su acción quelante, permite formular una solución auxiliar para la instrumentación de los conductos radiculares angostos. Esa solución, en la concentración y en el pH indicado por el autor es biológicamente compatible a los tejidos de la pulpa y periápice. (26)

La solución propuesta por Ostby (1957), o sea, el EDTA tiene la siguiente fórmula: EDTA sal disódico 17g, agua destilada 100 ml, NaOH 5N para obtener un pH 7,3.5

El EDTA es una sustancia blanca soluble, sin olor y cristalina, es relativamente no tóxica y poco irritante en soluciones débiles. (26)

Ostby (1957) y Hill (1959) adicionaron el tenso activo cetavlon (bromuro de cetiltrimetilamonio) a la solución de EDTA, formando, así, una asociación conocida como EDTAC. (22)

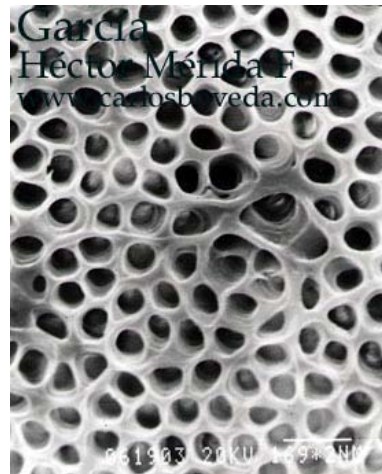


Bystrom et al (17) en 1985, demuestran una mejor acción antibacteriana cuando utilizan una mezcla de hipoclorito de sodio y EDTA, comprobando que si éstas dos sustancias se utilizan alternadamente entre cada instrumento, el conducto estará libre de restos orgánicos produciendo un aumento de la permeabilidad de la dentina y así optimizando la entrada de la medicación intraconducto.

(Superficie interna del conducto totalmente limpia. Irrigación: hipoclorito y EDTA alternados. 1200x. Tomado de Mérida et al., 1999).

- **Características físico-químicas.**

El EDTA es usado en el tratamiento de conductos radiculares para optimizar la limpieza y conformación de los mismos, este quelante reacciona con los iones de calcio presentes en los cristales de hidroxiapatita de la dentina y produce un quelato metálico. Este suaviza o reblandece la dentina, particularmente la peritubular y especialmente lo hace en el tercio coronal y medio del conducto radicular. Igualmente, es especialmente efectivo en la remoción de la capa de desecho dentinaria, cuya permeabilidad es muy importante en la efectiva desinfección del conducto radicular. ⁽¹⁷⁾



Tratamiento de la superficie dentinaria con EDTA al 3%. Tomado de Mérida et al., 1999, con autorización.

Cury et al ⁽¹⁷⁾estudian el efecto del pH en la composición del EDTA, concluyendo que la mayor eficiencia en la desmineralización se logra en pH entre 5 y 6.

Se encontró que este agente no tiene efecto corrosivo sobre los instrumentos. El EDTA es simple de usar, no es peligroso, es tolerado por los tejidos y su acción es autolimitante, alcanzando un equilibrio una vez cumplido su mecanismo de acción. ⁽²⁶⁾



Cuando se emplean soluciones muy saturadas de EDTA (17%), suceden reacciones cruzadas que limitan su acción quelante.

- **Mecanismo de acción del EDTA.**

Para lograr mayor efectividad el EDTA debe estar en contacto con las paredes del conducto, por un período de tiempo mayor de 5 minutos y menor de 15 minutos. ⁽¹⁷⁾

El efecto del EDTA ⁽¹⁷⁾ sobre la dentina radicular fue estudiado por Caleró et al concluyendo que:

- a) la más alta velocidad de reacción quelante y penetración del EDTA se observa en el primer minuto;
- b) el mayor poder de descalcificación es en los primeros tres minutos;
- c) el mayor grado de saturación es a las 12 horas,
- d) la velocidad de reacción del EDTA con la dentina disminuyó durante el tiempo de observación del estudio. ⁽¹⁷⁾



- **Auxiliares.**
- **MTAD (Mixed Tetracycline Acid Detergent).**

El MTAD es un nuevo irrigante que consiste en una mezcla de isómero se tetraciclina (doxiciclina), un ácido (ácido cítrico) y un detergente (tween 80), propuesto como enjuague final para remover el barrillo dentinario de la superficie instrumentada de los conductos radiculares. ⁽²³⁾⁽²⁷⁾

Propiedades:

1. Solubiliza los tejidos orgánicos e inorgánicos.
2. No erosiona las paredes del conducto.
3. Es antimicrobiano.
4. Mantiene sus propiedades aún al ser diluido.
5. Es menos citotóxico que el EDTA y el NaOCl al 5.25%.
6. Tiene baja tensión superficial.

En estudios donde se compara la eficacia del MTAD con la del NaOCl al 5.25%, pasta de hidróxido de calcio, clorhexidina y EDTA, se demostró que el MTAD era menos citotóxico que los citados anteriormente, pero más citotóxico que el NaOCl en concentraciones del 2.63%, 1.31% y 0.66% debido a que existe una correlación entre la concentración del mismo y su citotoxicidad.



Sin embargo la capacidad del MTAD como un enjuague final es aumentada o mejorada cuando se utilizan bajas concentraciones de NaOCl como irrigante intraconducto. ⁽²³⁾⁽²⁷⁾

El MTAD además de ser un irrigante, posee la propiedad de ser bactericida, aún cuando es diluido hasta 200 veces, en contraste, el NaOCl deja de ejercer su acción al diluirse 32 veces, y ha demostrado ser eficaz contra el *E. faecalis* que es un habitante común de los conductos abiertos a cavidad oral, pero muy difícil de erradicar incluso al ser expuesto a un pH muy alto, teniendo mejores resultados cuando es comparado con el NaOCl y el EDTA. ⁽²³⁾⁽²⁷⁾

El MTAD tiene efectos solubilizantes muy similares a los del EDTA en el tejido pulpar y la dentina. La mayor diferencia entre las acciones de estas dos soluciones es la alta afinidad de unión de la tetraciclina presente en el MTAD a la estructura dentinal. Se ha demostrado también que el MTAD es mucho menos destructivo que el EDTA al ser utilizado como un irrigante final. ⁽²⁷⁾

Actualmente muchos estudios están en progreso para examinar la eficacia del MTAD como un irrigante en Endodoncia, ya que es un producto en período de experimentación y no existe evidencia clínica sobre los efectos inflamatorios o adversos que pueda tener sobre el periápice.

Este irrigante nuevo puede ayudar a aumentar el índice del éxito de la terapia endodóncica, pero el mayor inconveniente es que solo se vende en Estados Unidos y aunque se puede adquirir vía Internet esto incrementa considerablemente su costo. ⁽²³⁾



• MICROBIOLOGÍA ENDODÓNCICA.

La mayor parte de las patologías de la pulpa dental y tejidos perirradiculares están directa o indirectamente relacionadas con microorganismos. La identificación de las bacterias asociadas a patologías de origen endodóncico es importante para tener un conocimiento completo de los procesos patológicos que se llevan a cabo y escoger el tratamiento más adecuado ^(1,2).

En 1965 Kakehashi y colaboradores demostraron la relación que existe entre microorganismos y patologías de origen endodóncico; después de la exposición de la pulpa dental a la cavidad oral, absceso, necrosis pulpar y lesiones inflamatorias perirradiculares se desarrollaron en ratas con una flora microbiana normal, pero no en ratas libres de gérmenes ⁽³⁾⁽¹⁹⁾

Cualquier lesión de la pulpa puede desencadenar una respuesta inflamatoria de la misma. Si bien los irritantes pueden ser de naturaleza física, térmica o química, los microorganismos son considerados el principal agente etiológico. Las patologías pulpares y periapicales suelen ser un resultado directo o indirecto de la presencia de bacterias y otros microorganismos en el medio bucal.

La invasión de los túbulos dentinarios por microorganismos ocurre cuando la dentina está expuesta al medio bucal. Esto puede ocasionarse por caries, procedimientos restauradores o periodontales, fisuras de esmalte o dentina, o traumatismo dental. ⁽¹⁾⁽¹⁹⁾El avance de las bacterias del proceso carioso traerá como consecuencia la infección de la pulpa dental y del sistema de conductos radiculares y el consecuente desarrollo de lesión perirradicular.



Más de 300 especies bacterianas han sido reconocidas como componentes de la microflora bucal.⁽¹⁹⁾ Sin embargo, pocas especies parecen ser capaces de invadir el espacio pulpar e infectarlo. Esto sugiere que no poseen las propiedades necesarias para invadir los túbulos dentinarios y sobrevivir dentro de ese microambiente.

Las interrelaciones bacterianas y el suplemento nutricional son factores determinantes del desarrollo de la infección. Los componentes del tejido pulpar degenerado aportan una fuente nutricional importante en las fases iniciales de la colonización bacteriana. Así también si se presenta una comunicación entre el espacio pulpar y el medio bucal, la saliva aportará elementos que fomentarán el crecimiento bacteriano.⁽³⁾⁽¹⁹⁾

Los microorganismos pueden permanecer en los túbulos dentinarios y en las demás irregularidades del conducto. Si existe suficiente número de bacterias remanentes y un micro ambiente adecuado, estas pueden multiplicarse y reestablecer la infección en el espacio pulpar.⁽³⁾⁽¹⁹⁾

- **Características de la microbiota del sistema de conductos radiculares en pulpas necróticas.**

Para que un microorganismo pueda establecerse en el sistema de conductos radiculares y consecuentemente participar en la etiopatogenia de las lesiones perirradiculares requiere de ciertas características: ⁽¹⁹⁾

- a. El microorganismo debe presentarse en un número suficiente para iniciar y mantener la lesión perirradicular.
- b. El microorganismo debe poseer una matriz de factores de virulencia, la cual debe expresarse durante la infección del conducto radicular.



c. El ambiente del sistema de conductos radiculares debe permitir la supervivencia y crecimiento del microorganismo, y proveer señales que estimulen la expresión de virulencia.

Existen diferentes tipos de infecciones endodóncicas, las cuales usualmente están asociadas con condiciones clínicas distintas. La infección primaria es aquella causada por la colonización de microorganismos en el tejido pulpar necrótico. La microbiota involucrada frecuentemente depende del tiempo de infección. Mientras que las infecciones secundarias son causadas por microorganismos ausentes durante la infección primaria y que han penetrado al sistema de conductos radiculares durante el tratamiento, entre citas o después de culminado el tratamiento endodóncico. ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁵⁾

Hasta principios de 1970, la mayoría de los estudios microbiológicos señalaban fundamentalmente la presencia de bacterias anaerobias facultativas. Sin embargo hoy sabemos que las pulpas necróticas presentan una flora poli microbiana caracterizada en promedio de 4 a 7 especies por conducto, predominantemente anaerobias y aproximadamente igual proporción de bacterias Gram positivas y Gram negativas. ⁽¹⁹⁾

El predominio de la microbiota endodóncica se caracteriza por la presencia de cocos y bacilos. Otros estudios han demostrado igualmente la presencia de filamentos y espiroquetas, así también estudios recientes reportan la presencia de hongos en conductos radiculares infectados. ⁽¹⁹⁾



La composición de la microbiota del sistema de conductos radiculares está significativamente influenciada por la toxicidad de sus productos metabólicos. (3)

Otro factor importante en la ecología bacteriana es la producción de bacteriocinas. Una bacteriocina es una proteína producida por un microorganismo, capaz de inhibir el crecimiento de un número limitado de otras especies. (1)(19)

Esto explica porque algunas especies no están asociadas entre sí en el sistema de conductos radiculares. Por ejemplo, *Streptococcus* spp es capaz de inhibir el crecimiento de varias bacterias anaerobias.

- **Tipos de microorganismos y especies involucradas en pulpas necróticas.**

En general, las especies más frecuentes en infecciones primarias de conductos radiculares infectados pertenecen usualmente a los géneros *Fusobacterium*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Treponema*, *Peptostreptococcus*, *Eubacterium*, *Actinomyces* y *Streptococcus* y ahora también sabemos de la presencia de *Enterococcus*. (1)(3)(19)

Sundqvist (19) investigó las relaciones comensales o antagónicas entre los microorganismos en los conductos radiculares de dientes con periodontitis apical. Se tomaron muestras de 65 conductos radiculares humanos infectados y se analizaron según especies, frecuencia de aparición y proporción de la flora aislada total. Las especies más frecuentes fueron *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia*, *Peptostreptococcus micros*, *Peptostreptococcus anaerobius*. Las asociaciones positivas más evidentes fueron encontradas entre *F. nucleatum* y *P. micros*, *Porphyromonas endodontalis*.



Por su parte, Peters et al ⁽¹⁾ ⁽¹⁹⁾ investigaron las combinaciones bacterianas presentes en infecciones primarias con lesiones perirradiculares. Las especies más frecuentemente encontradas fueron *Prevotella intermedia*, *Peptostreptococcus micros* y *Actinomyces odontolyticus*. También se reportaron asociaciones positivas entre *P. intermedia* y *P. micros*, entre *P. intermedia* y *Prevotella oralis*, *A. odontolyticus* y *P. micros*.

Autores como Sundqvist ⁽¹⁹⁾ y Lana et al reportaron a *Fusobacterium nucleatum* como la especie encontrada con mayor frecuencia en conductos necróticos.

Streptococcus ha sido identificado igualmente en infecciones de origen odontogénico especies como *S. anginosus*, *S. constellatus*, *S. gordonii*, *S. intermedius*, *S. milleri*, *S. mitis*, *S. mutans*, *S. oralis* y *S. sanguis* han sido reportadas en numerosas investigaciones de carácter microbiológico. Este género bacteriano se ha asociado a sintomatología en las infecciones endodóncicas y al dolor a la percusión. ⁽¹⁹⁾

Recientemente, Gomes et al ⁽¹⁾ ⁽³⁾ ⁽¹⁹⁾ estudiaron la microbiota de conductos radiculares con infección primaria, dichos estudios arrojaron 56 especies y un máximo de 10 especies por conducto. Un 70% lo constituyeron especies anaerobias estrictas o microaerófilas. Las especies más frecuentemente aisladas fueron: *Peptostreptococcus micros* (35%), *Fusobacterium nucleatum* (11.7%), *Prevotella intermedia* (16.7%), *Porphyromonas gingivalis* (6.7%) y *Porphyromonas endodontalis* (5%). La microflora aislada de las infecciones primarias con periodontitis apical fue de carácter mixto, comprendiendo bacterias Gram negativas y Grampositivas, principalmente microorganismos anaerobios y conteniendo al menos tres especies por conducto.



- **Efecto antimicrobiano de las soluciones irrigantes.**

Es importante tener en cuenta que la eficacia de la irrigación también depende de la vulnerabilidad de las especies involucradas. Se ha demostrado que los microorganismos y sus productos, toxinas y subproductos son la principal causa para el desarrollo y persistencia de una lesión pulpar y peri apical. Algunos microorganismos como el *Enterococo faecalis* se ha relacionado con los signos y síntomas de las patologías endodóncicas, considerándolo una de las especies resistentes en cavidad oral y una de las posibles causas del fracaso endodóncico. ⁽²⁰⁾

- **Efecto antimicrobiano del NaOCl.**

El efecto antimicrobiano del NaOCl ha sido evaluado a diferentes concentraciones. Algunos estudios no han encontrado diferencias significativas en el efecto antibacterial entre el 0.5% y 5% de NaOCl, sin embargo se ha reportado que el efecto antibacterial del NaOCl se reduce después de diluirlo ⁽²⁰⁾. Al utilizar el NaOCl a bajas concentraciones se va a reducir la infección endodóncica más no se disuelve todo el remanente pulpar en un tiempo razonable, además microorganismos como el *Staphylococcus aureus* no son eliminados, pero si es utilizado en concentraciones altas su efecto será lo necesariamente dañino para eliminar las bacterias que comúnmente están presentes en el conducto radicular, lo cual fue corroborado por Spangberg y col en 1973 quienes evaluaron tanto In Vivo como In Vitro el NaOCl 5.25% y reportaron que este presenta excelentes propiedades antimicrobianas pero a su vez esta concentración es altamente tóxica e irritante . Hand también demostró que el NaOCl al 5.25% aparte de ser un potente antimicrobiano es un disolvente de tejido pulpar muy eficaz. ⁽²⁰⁾



Siqueira y col en el 2000 evaluaron in Vitro la reducción bacteriana de 40 conductos a los que les fue inoculado 1ml de Enterococo Faecalis, fueron irrigados con 7ml de NaOCl al 1%, 2.5% y 5.25%. Los efectos inhibitorios de las tres concentraciones de NaOCl sobre el Enterococo faecalis fueron evaluados por medio del test de difusión en agar, encontrando que no hubo diferencias significativas entre las tres concentraciones ya que todas redujeron el número de bacterias en el conducto, con las tres concentraciones se evidenciaron largas zonas de inhibición contra el Enterococo faecalis. Se concluyó en éste estudio que el uso regular y la abundante cantidad de irrigante mantiene la eficacia antibacteriana del NaOCl. ⁽²⁰⁾.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los reportes en cuanto al efecto antimicrobiano del NaOCl y la concentración utilizada se puede concluir que a una mayor concentración se va a obtener una amplia eliminación de los microorganismos que comúnmente están presentes en el conducto radicular.

- **Efecto antimicrobiano del gluconato de clorhexidina vs NaOCl.**

La clorhexidina apareció como una alternativa de irrigante con menor efecto citotóxico y buenas propiedades antimicrobianas. Es por eso que el efecto antimicrobiano de la clorhexidina ha sido evaluado a diferentes concentraciones y comparado en algunos estudios con el NaOCl. En estudios In Vitro ⁽²⁰⁾, al utilizar gluconato de clorhexidina al 2% como solución irrigante durante la instrumentación de conductos han demostrado su eficiencia antimicrobiana y su actividad residual 72hr después de la instrumentación.



En un estudio se evaluó la efectividad del gluconato de clorhexidina en varias concentraciones al compararlo con NaOCl al 1% como irrigante de conductos, encontrando que esta penetraba en dentina y pulpa bovina e inhibía el crecimiento del *Enterococo faecalis* desde las 24 horas hasta una semana después pero no había diferencias significativas en relación con el NaOCl, sin embargo en otra investigación se encontró que al usar clorhexidina al 0.2% en 60 conductos con pulpas necróticas su efectividad fue mucho menor en comparación con el uso de hipoclorito de sodio al 2.5% el cual eliminó sepas aeróbicas y anaeróbicas. Tal vez los resultados de estos dos estudios difieren debido a las concentraciones de hipoclorito usadas ya que en uno de los estudios se usó al 1% y en el otro al 2.5% donde se encontró que el NaOCl era mejor, este resultado quizás se obtuvo porque al utilizar el NaOCl a mayor concentración su efectividad antimicrobiana también será mayor. Cuando se utilizó NaOCl a baja concentración 1% no hubo diferencias significativas, pero si se emplea al 2.5% el efecto del NaOCl sigue siendo mucho mejor que con la clorhexidina. ⁽²⁰⁾

Yesilsoy et al (1995) determinaron In Vivo e In Vitro la susceptibilidad de ciertos microorganismos (gram+ aerobio *Streptococos mutans*, gram- anaerobio *Prevotella intermedia* y *Porphyromonas gingivalis*) a la acción quimioterapéutica de soluciones de hipoclorito de sodio y clorhexidina. ⁽²⁵⁾

En un estudio In Vitro realizado por Leonardo et al ⁽²⁵⁾ (2001), la solución de gluconato de clorhexidina al 2,0% ejerció su actividad antimicrobiana sobre microorganismos que han sido asociados a casos de infecciones endodónticas persistentes o resistentes al tratamiento, como el *Estafilococos aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Estafilococos*



epidermidis, *Enterococos faecalis*, y *Cándida albicans*. El *Enterococos faecalis* es el microorganismo más comúnmente aislado en los conductos infectados (Parsons et al., 1980). Por otra parte Baugmgartner y Falker (1991) aislaron en los 5 mm apicales de conductos radiculares infectados, las especies *Lactobacilos*, *Bacteroides*, *Peptoestreptococos*, *Veillonella párvula*, *Bacteroides buccae*, *Enterococos faecalis*, *Fusobacterium nucleatum* y *Streptococos mutans*. Hubo una presencia predominante de bacterias anaeróbicas. La clorhexidina ha comprobado ser un antimicrobiano efectivo ante la mayoría de estas especies. ⁽²⁵⁾

El gluconato de clorhexidina al 2.0% ha mostrado ser tan efectivo como el NaOCl al 5.25% en cuanto a su acción antimicrobiana en conductos radiculares, ya que posee un amplio y sostenido espectro bactericida, debido a que se absorbe en la célula por la carga negativa de la pared celular bacteriana. La cantidad absorbida, depende de la concentración utilizada, luego, a mayor concentración, mayor acción sobre los microorganismos; cualidad que no tienen otras sustancias irrigantes, por lo tanto su prolongada presencia quizás hace que se mantenga su acción antimicrobiana. ^{(20) (25)}

También se han realizado comparaciones in Vitro en cuanto a la actividad antimicrobiana del NaOCl y la clorhexidina en concentraciones similares encontrando que ambos son igualmente efectivos como agentes antibacterianos, sin embargo en cuanto a la toxicidad, la clorhexidina ha demostrado ser más biocompatible que el NaOCl por lo cual se ha sugerido como sustituto únicamente en aquellos pacientes que son alérgicos al NaOCl. ⁽²⁰⁾.

Por otra parte, se ha comparado la actividad antimicrobiana de la clorhexidina en gel y solución a diferentes concentraciones de NaOCl contra algunos microorganismos de las patologías endodóncicas, por



medio del método de difusión en agar; la clorhexidina en gel fue más eficiente que la líquida en las mismas concentraciones, sin haber diferencias significativas. Además la inhibición de crecimiento producida por las dos presentaciones de clorhexidina al 2% fue significativamente mayor en comparación con la producida por el NaOCl incluyendo concentraciones del 5.25%. Todas las especies bacterianas fueron sensibles a la clorhexidina al 2% tanto en gel como líquida. En otro estudio realizado por Jeansonne en 1994, se evaluó hipoclorito al 5.25% y clorhexidina al 2% en 20 dientes extraídos; después del tratamiento se evidenció que era mejor la clorhexidina sin embargo la diferencia no fue significativa con el NaOCl. Vahdaty comparó la eficacia antibacterial de la clorhexidina al 0.2% y 2% con el NaOCl 0.2% y 2% cuando eran utilizados como irrigantes en túbulos dentinales infectados In Vitro. Los resultados indicaron que tanto la clorhexidina como el NaOCl en concentraciones similares reducen el número de bacterias encontradas en la capa superficial de los túbulos dentinales (100um). Kuruvilla en 1998 evaluó la clorhexidina al 0.2% y el NaOCl al 2.25% en dientes con lesiones periapicales, encontrando que la clorhexidina reducía los microorganismos en un 70% comparado con un 60% que reducía el hipoclorito, lo cual no fue estadísticamente significativo (20)(25). Ayhan en 1999 evaluó el efecto antimicrobiano de varios irrigantes de conducto tales como NaOCl 5.25%, alcohol 21%, NaOCl 0.5%, clorhexidina al 2% y solución salina usados contra microorganismos presentes en conductos infectados, encontrando que el NaOCl 5.25% fue efectivo contra todas las cepas microbianas al comparar su habilidad antimicrobiana con los otros irrigantes utilizados. También se encontró que al reducir la concentración del NaOCl de 5.25% a 0.5% resulta en la disminución significativa de su efecto antimicrobiano.



SEN H.B. SAFAVI E.K. ET ALL 1999. Evaluaron in Vitro la capacidad antifúngica del NaOCl al 1% y 5% y la clorhexidina 0.12% se encontró que ambas soluciones fueron efectivas para C.Albicans después de periodos de 1 hora de tratamiento. Teniendo en cuenta que este microorganismo es habitante de la microflora oral normal y por tanto de conductos radiculares, y se comporta como oportunista en pacientes inmunosuprimidos. (20).

De igual forma, WALTIMO T.M.T. ORSTAVIK D. SIREN E.K. HAAPASALO P.P. 1999⁽¹⁰⁾ demostraron que el NaOCl y la clorhexidina son más efectivos que el hidróxido de calcio contra C. Albicans In Vitro; sin embargo, la combinación de hidróxido de calcio con NaOCl o clorhexidina pueden proporcionar un amplio espectro antimicrobiano en preparaciones con un efecto de larga duración.

KOMOROWSKI R. GRAD H. XIAO YU WU. FRIEDMAN S en el 2000. Encontraron que el Enterococcus faecalis no colonizo los túbulos dentinales, de dientes de bovino tratados con clorhexidina al 0.2% por 7 días, después de 21 días. (25)

Al analizar los estudios comparativos del NaOCl y la clorhexidina concluimos que tanto el uno como el otro poseen excelente actividad antimicrobiana siempre y cuando se utilicen en altas concentraciones. El NaOCl además de tener esta propiedad, tiene la capacidad de disolver tejido pulpar haciéndolo más eficaz mientras que la clorhexidina no tiene ésta propiedad; sin embargo, como el NaOCl puede causar reacciones alérgicas, si se está frente a un paciente alérgico, la clorhexidina es el irrigante de elección en estos casos ya que su actividad antimicrobiana es semejante al NaOCl; a pesar de todo el NaOCl seguirá siendo el irrigante ideal en cualquier tipo de paciente. (20).



- **Efecto antimicrobiano del NaOCl con ácido cítrico.**

Con el efecto antimicrobiano se logra la eliminación de bacterias y la neutralización de toxinas dentro del conducto radicular, sin embargo en ocasiones no se obtiene desinfección total del conducto debido a las variaciones anatómicas y a la deficiencia de la solución irrigante en disolución ya sea de tejido orgánico e inorgánico. Se sabe que al irrigar solamente con NaOCl la eliminación de la capa de barrillo dentinario no es total, por tal motivo se aconseja hacer dúo con un quelante o un ácido como el cítrico para que este elimine dicha capa inorgánica y se aumente la penetración del NaOCl. ⁽²⁰⁾

El efecto antimicrobiano, se aumenta ante condiciones bajas de pH, debido a la alta concentración de HOCl no disociado lo que muestra que la acidificación del NaOCl gracias al ácido cítrico durante un uso combinado de estas sustancias puede teóricamente incrementar la capacidad antimicrobiana del NaOCl. ⁽⁴⁾

Se ha comprobado la eficacia al hacer dúo del NaOCl con el ácido cítrico durante el procedimiento de irrigación. Por ejemplo Di Lenarda y Loel en sus estudios encontraron que la solución de ácido cítrico es efectiva en remover el barrillo dentinario cuando se utiliza en combinación con el NaOCl. Wayman encontró que el ácido cítrico en concentraciones de 10, 25,50% limpia las paredes de los conductos y abre los túbulos dentinales, mientras que el NaOCl a más 5,25% ocluye los túbulos cuando es usado como irrigante en la preparación biomecánica del conducto ⁽²⁰⁾.



El efecto antimicrobiano del ácido cítrico al 50% se ha encontrado altamente eficaz contra las cepas bacterianas excepto contra la *Cándida albicans*. En un estudio In Vitro realizado por Smith se evaluó el efecto antimicrobiano del ácido cítrico utilizando tres diferentes microorganismos (*Bacillus* sp, *Enterococo faecalis*, *Cándida albicans*); dicho efecto fue comparado con el obtenido con NaOCl y solución salina estéril. Para realizar la prueba las puntas de papel contaminadas fueron colocadas en un medio de cultivo y expuestas a las soluciones de prueba durante 5-15 minutos, posteriormente se incubaron. Los resultados de este estudio reportan que el NaOCl 5.25% fue más efectivo como agente antimicrobiano, el ácido cítrico no presentó efectividad antimicrobiana contra *Cándida albicans*, contra el *Enterococcus faecalis* demostró actividad antimicrobiana la cual disminuyó cuando la concentración y el tiempo de exposición iban decreciendo, y contra el *Bacillus* sp fue 100% efectivo. En otro estudio realizado por Nikolaus se evaluó la eficacia del ácido cítrico al 50% y el NaOCl al 5.25% sobre microorganismos anaerobios tales como *B.melaninogeniccus*, *Bacteroides fragilis*, *Clostridium perfringens* hallando que los dos irrigantes eliminaron todas las cepas después de 15 minutos. Georgopoulou ⁽²⁰⁾ comparó la acción antimicrobiana del ácido cítrico al 25% con el NaOCl al 2.5% contra la flora anaeróbica del conducto radicular encontrándose que el ácido cítrico es menos efectivo que el NaOCl al 2.5%.



Masataka en su estudio evaluó el efecto antibacterial del ácido cítrico encontrando que soluciones de 0.5, 1 y 2M mostraron efectos antimicrobianos contra los anaerobios facultativos y obligados. (20).

Es preciso concluir que un uso combinado del NaOCl y el ácido cítrico incrementa la capacidad antimicrobiana del NaOCl, ya que al eliminar el barrillo dentinario por medio del ácido se aumenta la penetración del NaOCl. (20)



• EL ULTRASONIDO EN LA ENDODÓNIA.

El ultrasonido es una forma de energía sónica que se transmite en forma de un patrón de ondas elásticas que tiene la propiedad de propagarse a través de distintos medios, sólidos, líquidos y gaseosos. El ultrasonido se aplica en distintas áreas, como lo son la investigación, la industria y la medicina. El uso del ultrasonido en Odontología comienza a mediados del siglo pasado, y en la actualidad su uso tiene gran importancia especialmente en el área de Endodoncia. El uso del ultrasonido, se basa en los distintos fenómenos que se producen durante la aplicación de éste dentro del conducto radicular. Estos fenómenos: oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, van a producir efectos sobre la estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de barrillo dentinario, así como la potenciación de efectos antimicrobianos al utilizarse en combinación con soluciones irrigantes. ⁽¹⁸⁾

Las investigaciones iniciales sobre la aplicación del ultrasonido en Odontología se iniciaron cerca de 1950. El Cavitron, aparato utilizado para la profilaxis periodontal, fue introducido en el mercado en 1957, por Dentsply, en los Estados Unidos. ⁽²⁴⁾

Richman (1957), publicó el primer trabajo sobre el ultrasonido como auxiliar en la instrumentación y limpieza del canal radicular. ⁽²⁴⁾

Con el paso del tiempo, muchas investigaciones fueron realizadas, intentando desarrollar una técnica de instrumentación con el ultrasonido examinando su capacidad de limpieza en relación a la instrumentación manual convencional. Como el aparato adaptado (Cavitron) no



proporcionaba irrigación continua, esta era proporcionada manualmente, pero sin satisfacer las necesidades de limpieza del canal radicular.

Los investigadores, incentivados por la eficiencia del ultrasonido, consiguieron crear un aparato específico para Endodoncia, que realizaba irrigación simultánea a la instrumentación. ⁽²⁴⁾

Martín (1976) ⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾ marcó una nueva etapa en el tratamiento endodóncico con el ultrasonido, realizando innumerables investigaciones sobre la efectividad de la aplicación del ultrasonido en la limpieza y desinfección del sistema de conductos.

La asociación de investigadores junto con Dentsply hizo posible el desarrollo de equipos propios para la endodoncia, iniciando la era del *Sistema Ultrasónico*. ⁽²⁴⁾

El avance en la aplicación del ultrasonido posibilitó al Cirujano Dentista a realizar más fácil y rápidamente la irrigación del canal radicular.

Con el avance en las investigaciones, nuevos aparatos fueron surgiendo en el mercado. En la actualidad, existen varios modelos, como el *Cavi – Endo* (Dentsply), *Ultra - Endo* (Osada - Enac), *Sprasson* (Francés) y el *Profi – Endo* (Dabi – Atlante). Todos ellos creados inicialmente para preparar los conductos radiculares, pero, que hoy participan en la irrigación endodóntica. ⁽²⁴⁾

• Generación de ultrasonido.

Las ondas ultrasónicas son generadas por transductores ultrasónicos, simplemente llamados también transductores. ⁽²⁴⁾



Un transductor es un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Los transductores ultrasónicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Esos transductores son hechos de materiales piezoeléctricos que presentan un fenómeno llamado *efecto piezoeléctrico*⁽²⁴⁾

El cuarzo y la turmalina, cristales naturales, son piezoeléctricos. El efecto piezoeléctrico ocurre cuando una sustancia posee ciertas características eléctricas y mecánicas. Ésta sustancia al ser sometida a un campo eléctrico tenderá a comprimirse, pero a su vez, el material tenderá a comportarse como un resorte mecánico con una rigidez interna que se opondrá a la fuerza aplicada. Simultáneamente ocurre una polarización de la superficie cristalina formándose dos polos iguales y opuestos sobre las superficies opuestas del cristal. Generalmente se utilizan cristales de cuarzo, la sal de Rochelle y la Turmalina para la generación sónica y ultrasónica. ⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾

En Endodoncia son empleados sistemas con esta importante característica del efecto piezoeléctrico.

- **Efectos biológicos del ultrasonido.**

El ultrasonido cuando atraviesa un tejido es absorbido y puede elevar la temperatura local. Los cambios biológicos debidos a esto, serían los mismos si la elevación fuera provocada por otro agente. La tasa de absorción del ultrasonido aumenta con su frecuencia.

Otro efecto posible en la aplicación ultrasónica está asociado a la cavitación, término usado para describir la formación de cavidades o

burbujas en un medio líquido, conteniendo cantidades variables de gas o vapor. ⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾

- **Ondas.**

Onda es una perturbación o disturbio transmitido a través del vacío o de un medio gaseoso, líquido o sólido. ⁽²⁴⁾

Las ondas electromagnéticas que se propagan en el vacío, no presentan dispersión, pero en medio densos como el agua y el vidrio presentan este fenómeno. ⁽²⁴⁾

Aplicaciones del ultrasonido en Endodoncia.

Martín y Cunningham ^{(3) (18)} en el año 1976, desarrollaron un dispositivo ultrasónico el cual comercializaron con el nombre de Caviendo (Caulk/ Dentsplay, EUA), el cual consistía en un



dispositivo magnetoestrictivo, que generaba una potencia de 25-30 Khz., y que incluía un receptáculo integrado donde se colocaba la solución irrigante. Estos autores también proponen el término Endosónico, el cual lo definen como la síntesis de acciones ultrasónicas, biológicas, químicas y físicas, que actúan por separado pero que interactúan entre si en forma sinérgica.

Entre los dispositivos piezoeléctricos más conocidos se encuentran el dispositivo ENAC (Tokio, Japón), y el dispositivo Suprasson (Satelec,



Francia). Estos dispositivos se componen de un generador piezoeléctrico de potencia graduable, así como de un dispositivo para irrigación por agua.⁽¹⁾

El dispositivo piezoeléctrico tiene ventajas sobre los dispositivos magnéticos, ya que genera poco calor y no se necesita refrigeración para la pieza de mano, además el transductor piezoeléctrico transfiere más energía, haciéndolo más poderoso que los dispositivos magnetoestrictivos como lo era el Cavi endo de Dentsply. ⁽¹⁾

Las piezas de mano sónicas se caracterizan por que se pueden conectar a la toma de aire de la unidad y pueden generar una oscilación en un rango de frecuencia graduable entre los 1.5 a 3 KHz. Éstos dispositivos producen la vibración por medio de un mecanismo transductor mecánico y tienen sistemas de limas específicos para estos. ⁽³⁾

Entre los sistemas sónicos más conocidos se encuentran el Sonic Air MicroMega 1500 y 1400 (Micromega/Medidenta, EUA/Suiza) ⁽³⁾

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

Las propiedades del ultrasonido que presentan interés en el campo de la Endodoncia son: la producción de movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, la microcorriente acústica y la generación de calor; así como la combinación de estas propiedades con la irrigación, que genera un efecto sinérgico que potencia la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular.⁽¹⁸⁾



- **Movimiento oscilatorio.**

El dispositivo de ultrasonido va a generar energía acústica que al ser transmitida al instrumento, va a causar que éste vibre con un movimiento oscilatorio característico que va a depender de la frecuencia de la vibración. Generalmente esta frecuencia va a oscilar en un rango de 20 a 50 Khz. en los dispositivos ultrasónicos y de 2 a 6 Khz. en los dispositivos sónicos. (3)

El diseño del instrumento va a influir en el tipo de movimiento oscilatorio que éste presente al activarse. En el caso de estar en un mismo plano con respecto al eje de inserción a la fuente de poder, el instrumento presenta un patrón de oscilación longitudinal, teniendo una mayor amplitud de desplazamiento en la punta, que va a disminuir progresivamente hacia el mango. (18)

Generalmente, el diseño de los instrumentos ultrasónicos para Endodoncia, van a tener una angulación de 60 a 90 grados con respecto a su eje de inserción, lo que va a ocasionar que durante su activación, el patrón de vibración generado se produzca en forma transversal en vez de longitudinal. (18)

Este tipo de oscilación va a estructurarse en un característico patrón de nodos, puntos donde se producen una mínima o ninguna oscilación y antinodos, o segmentos del instrumento donde se produce una máxima oscilación o desplazamiento. Éste patrón de oscilación va a depender de la frecuencia, del diseño y tipo de instrumento. (18)



- **Cavitación.**

La cavitación se define como la formación de vacíos submicroscópicos, como resultado de vibrar un medio fluido por el movimiento alternante de alta frecuencia de la punta de un instrumento. Con estos vacíos se crean ondas de choque que se propagan a través del medio y producen liberación de energía en forma de calor. ⁽¹⁸⁾

Durante la aplicación de una lima ultrasónica dentro del conducto radicular, el irrigante va a circular por todo alrededor de la lima, debido a que las ondas acústicas van a impulsar a la solución, a circular en todas las dimensiones del sistema de conductos. Éste flujo de irrigante acompañado por el movimiento oscilatorio de la lima, va a permitir la generación del efecto de cavitación, resultando en la limpieza y el desalojo de los detritos de la superficie de las paredes del conducto. La cavitación produce la remoción efectiva de todo residuo orgánico, emulsión y degradación de las proteínas necróticas remanentes y crea un efecto de succión del material orgánico suspendido en el irrigante hacia la corriente principal del movimiento de irrigación permitiendo así su desalojo. ⁽¹⁸⁾

El contacto de la lima ultrasónica con las paredes del conducto radicular va a reducir el efecto de cavitación, debido a que el posible contacto de la pared, impide el movimiento de oscilación de la lima y disminuye la amplitud del movimiento oscilatorio, reduciendo la cavitación. ⁽¹⁸⁾

- **Microcorriente acústica**

La Microcorriente acústica es la circulación de un fluido, inducida por las fuerzas creadas por la vibración hidrodinámica, en proximidad a un pequeño objeto vibratorio, como una lima endodóncica activada por ultrasonido. ⁽¹⁸⁾ Cuando un objeto oscilante con una baja amplitud de



desplazamiento es sumergido en un líquido, se forman patrones de oscilación del fluido alrededor del objeto. Estas oscilaciones van a formar corrientes en remolino, que crean un gradiente de velocidad produciendo tensiones vibratorias, de manera tal, que cualquier material biológico que entre en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias.

Ahmad, Pittford y Crum ⁽¹⁸⁾ realizaron observaciones de la microcorriente acústica producida por una lima activada por ultrasonido. Observaron que el líquido alrededor de la lima fue transportado de la punta hacia el extremo coronal de ésta, así como la formación de un patrón oscilatorio irregular de movimientos en remolino, que parecían concentrarse en la mitad apical de la lima. Mientras un movimiento en remolino más rápido ocurría en la punta de la lima que en el segmento coronal, el flujo del líquido en la punta era menor.

- **Generación de calor.**

La generación de calor es otra de las propiedades físicas que produce la aplicación de ultrasonido dentro del conducto radicular. La generación de calor y el consiguiente aumento de la temperatura resulta como producto de la energía liberada durante el efecto de cavitación, debido a la implosión de las microburbujas de gas, o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular.⁽¹⁸⁾



- **EL USO DEL ULTRASONIDO EN LA IRRIGACIÓN ENDODÓNCICA.**

- **Irrigación y desinfección ultrasónica**

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

Cunningham y Balekjian ⁽¹⁸⁾ propusieron que la acción de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 2.5% era más eficaz para disolver tejido colágeno, cuando era calentado a una temperatura de 37°C que una solución de mayor concentración (5%) a temperatura ambiente.

De acuerdo a Ahmad et al ⁽¹¹⁾ observaron que la aplicación de ultrasonido no ofrece ninguna utilidad desde el punto de vista clínico, ya que las tensiones generadas por la punta activa de la lima no eran suficientes para romper las paredes celulares de las bacterias. Se observó que las bacterias eran dispersadas por el efecto de microcorriente acústica, y que el fenómeno de cavitación no se producía en medios de alta viscosidad. El autor relacionó el efecto antibacteriano a la acción de limado seguido por una irrigación continua.

La acción del ultrasonido va a producir la ruptura de las paredes celulares de los microorganismos, debido a la turbulencia creada por la microcorriente acústica y los cambios de presión, permitiendo que el agente



antimicrobiano penetrar al interior de las células rápidamente, produciendo su efecto bactericida por alguna de las siguientes acciones biológicas: liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de las moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular.⁽⁹⁾⁽¹²⁾

Martín ⁽¹⁸⁾ relacionó el efecto de drenaje y limpieza del conducto radicular al efecto sinérgico que producía la combinación de ultrasonido con el hipoclorito de sodio, debido a que el ultrasonido potenciaba la acción antimicrobiana del irrigante, y además, por los efectos de cavitación y de microcorriente acústica, se producía un efecto de cepillado sobre la superficie de las paredes del conducto radicular produciendo un desalojo de los detritos.

También impulsaba a la solución irrigante por todas las dimensiones del sistema de conductos, efectos que no conseguían los demás métodos de irrigación.

Huque et al ⁽¹⁸⁾ concluyeron, de acuerdo un estudio realizado In Vitro, que el uso del ultrasonido combinado con una solución de hipoclorito de sodio al 12% erradicaba las bacterias presentes en la capa de desecho dentinario, producía la remoción de ésta, y propiciaba la penetración del irrigante hacia las capas más profundas de la dentina radicular, para de esa manera actuar sobre los microorganismos contenidos dentro de los canaliculos dentinarios. Observaron además, efecto antimicrobiano sobre las bacterias ubicadas en las paredes de la dentina radicular, con la utilización de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.5%, por lo cual consideraron esta concentración como suficiente para lograr, en conjunto con la aplicación de ultrasonido, una desinfección eficaz del sistema de conductos radiculares.⁽¹⁸⁾



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

La introducción de una lima activada por ultrasonido se considera un procedimiento pasivo, dado que el objetivo de esto es crear un flujo circulante del líquido irrigante ; con ello solo se busca la activación de las soluciones irrigantes .Es importante señalar en este punto , que el instrumento ultrasónico solo va actuar sobre la solución irrigante, no en las paredes del conducto, por lo que se debe ser cauto en el uso del ultrasonido pues lo que se busca es que el instrumento oscile libremente causando el efecto deseado y no el corte incontrolado de las paredes del conducto radicular⁽¹³⁾

La aplicación de la irrigación con hipoclorito de sodio de concentración al 2% o más, combinado con ultrasonido, por un periodo de tres minutos, produce la eliminación de la capa de barrillo dentinario que recubre la superficie del conducto radicular, tal como lo demostró Cameron. Éste lo atribuyó al efecto sinérgico que se producía entre el ultrasonido y el irrigante, ya que la aplicación del ultrasonido o del hipoclorito por si solos no eliminaban la capa de desecho. ⁽¹³⁾

Lumley et al ⁽¹⁸⁾ propusieron que la restricción de la oscilación de la lima producida por el contacto de ésta con las paredes del conducto, limitaba el efecto de la microcorriente acústica, reduciendo así el flujo del irrigante en toda la extensión del sistema de conductos por lo que disminuía su efectividad en lograr un efecto de limpieza y desinfección adecuados.

En un reporte presentado por Cameron ⁽¹⁸⁾ se explica la técnica clínica para la irrigación ultrasónica. Una vez culminada la instrumentación, el autor realizaba una irrigación final con 5 ml. de hipoclorito de sodio al 3%.



Posteriormente se llenaba la cámara pulpar con hipoclorito y procedía a activar la solución utilizando un cavitron con una lima ultrasónica colocada hasta el tercio medio del conducto radicular. Se llevaba a cabo la activación durante un periodo inicial de un minuto, y se volvía a irrigar de nuevo, repitiendo el procedimiento. El autor reporta que se obtenía una mayor eliminación de detritus y la sensación de unos conductos más uniformes en su superficie con la implementación de esta técnica. ⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾

Del mismo modo Cameron también investigó el uso del NaOCl al 4% y la solución de EDTA al 15% como irrigantes, solos o combinados, durante la instrumentación manual e irrigación ultrasónica de los conductos

Concluyó que la secuencia más efectiva fue la irrigación de 1ml de EDTA al 15% después de utilizar cada instrumento seguido por dos activaciones ultrasónicas de 30 segundos cada una, luego una irrigación de EDTA al 15% activado por 30 segundos con el ultrasonido y finalmente hipoclorito al 4%. Con ésta secuencia se logró remover todo el tejido pulpar y la capa de desecho dentinario a 1, 5 y 10 mm desde el segmento apical. ⁽¹⁸⁾

Distintos autores han reportado la superioridad de la irrigación ultrasónica en la limpieza y desinfección del conducto radicular, comparado con la técnica manual. Dichos reportes han sido realizados por medio de estudios al microscopio y evaluando la efectividad de la limpieza del conducto radicular, en base a los restos de tejidos orgánicos, detritus dentinarios, y eliminación de la capa de desecho. ⁽⁸⁾

Langeland et al ⁽¹⁸⁾ realizaron un estudio comparativo sobre la eficacia de los dispositivos sónicos y ultrasónicos en la limpieza de los conductos, obteniendo como resultado que ninguno de los dispositivos lograba una limpieza adecuada de los mismos, especialmente de aquellos conductos irregulares o curvos.



Los autores consideraron incorrecta la propuesta de los fabricantes de estos dispositivos, sobre la limpieza total del sistema de conductos y la remoción de detritos.

Ciucchi et al ⁽¹⁸⁾ realizaron un estudio comparativo con diferentes irrigantes, EDTA (ácido etilendiaminotetraácético) e hipoclorito de sodio, utilizados individualmente, y activados por ultrasonido.

Concluyeron que ninguno de los métodos lograron eliminar completamente la capa de desecho dentinario, por lo que se plantearon la siguiente alternativa: el clínico pudiera aceptar una superficie de las paredes del conducto limpia pero recubierta por una capa de desecho, o remover hipotéticamente dicha capa sobreextendiendo la preparación y utilizando técnicas costosas y riesgosas. ⁽¹⁸⁾

En un estudio realizado por Abbott ⁽²⁾ mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB), para comprobar el efecto de las diferentes secuencias de irrigación y ultrasonido en la limpieza del sistema de conductos, se demostró que la secuencia de irrigación EDTA/NaOCI/EDTA activada por ultrasonido no produjo un aumento sobre la acción de los irrigantes. Por el contrario se observó gran cantidad de tejido desbridado y capa de desecho remanente después del uso del ultrasonido. ⁽⁸⁾



• CONCLUSIONES

- El clínico debe considerar el uso de una amplia gama de agentes irrigantes y conocer sus características, así como el protocolo de irrigación a seguir dentro de cada fase del tratamiento de conductos.
- La irrigación-aspiración es un acto imprescindible en la limpieza y conformación del sistema de conductos; como parte de éste proceso, favorece las necesidades biológicas del diente definiendo las condiciones óptimas para la obturación.
- El método de irrigación ideal, será aquel que le proporcione al operador un manejo sencillo, conveniente y le brinde los mejores resultados clínicos. Sin embargo, la efectividad del mismo está en la actualidad directamente relacionada con la capacidad de remoción del tejido orgánico e inorgánico, la frecuencia, volumen empleado, temperatura y la cercanía a la constricción apical.
- Las sustancias que ayudan a la limpieza y desinfección de las paredes dentinarias eliminan la capa de desecho dentinario en el momento de la preparación biomecánica, además al aumentar el diámetro de los túbulos dentinarios, favorecen la penetración de medicamentos intraconducto y proveen capacidad de adhesión del material sellador a la pared dentinal.
- La técnica de alternar en forma secuencial los agentes de irrigación, se basa en la necesidad de optimizar la preparación biomecánica y poder remover el contenido orgánico e inorgánico del sistema de conductos radiculares; para ello resulta efectivo combinarlas.
- La introducción del ultrasonido en la práctica endodóncica ha optimizado procedimientos como la limpieza y desinfección de los conductos.



-
-
- El ultrasonido es una forma de energía, misma que por medio de ondas tiene la propiedad de propagarse en medios sólidos, líquidos y gaseosos.
 - La irrigación, limpieza y desinfección ultrasónica ha demostrado, hasta ahora, ser uno de los métodos más efectivos, aunque con poca difusión.
 - Existen controversias sobre ciertos efectos inducidos por el ultrasonido dentro del conducto radicular, sin embargo su utilización de forma adecuada y con precaución podrá disminuir las probabilidades de producir efectos no deseables durante la terapéutica endodóncica.



- BIBLIOGRAFÍA.

1. Cohen,B, Vías de la pulpa, España.Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 2004.
2. Estrela Carlos, Ciencia Endodóntica, Editorial Artes Médicas Latinoamérica. México 2005.
3. Ingle JI, Baklahand K. Endodoncia, 4ta Edición, Editorial Mc Graw Hill Panamericana. México1996
4. Lasala A, Endodoncia 4ta Edición. Editorial Salvat, México 1993.
5. Leonardo M, Leal J, Endodoncia, Tratamiento de los Conductos Radiculares.Editorial Médica Panamericana. Argentina 1994
6. Walton RE, Torabinejed M, Endodoncia, Principios y Práctica; 2ª Edición,Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México 1997
7. Weine FS, Tratamiento Endodóncico, 5ta Edición,Editorial Harcourt Brace. Madrid 1997
8. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. O, Oncag et al ,*Int End Journal* 2003 Vol 36, 423-432.
9. Comparison of the Cleaning Efficacy of Passive Sonic Activation and Passive Ultrasonic Activation after han Instrumentation in Molar Root Canals, Scott A Jensen et al, *JOE vol 25 N 11, Nov 1999.*



10. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions; Marks Haapasalo et al, *Endodontic Topics* 2005, 10, 77-102.
11. The effect of ultrasonic post instrumentation on root surface temperature, Andrews S Huttula et al, *JOE Vol. 32 Issue 11, Nov 2006, 1085-1087.*
12. Rinsing of the root canal, HALACKOVA Z KUKLETOVAM, *Scripta médica* 16(1):49-54, January 2003.
13. Root canal irrigants, Mathias Zehnder, *JOE Vol. 32 Num. 5 May 2006, 389-395.*
14. Medina Arguello Catherine. Visión Actualizada de la Irrigación en endodoncia, Más allá del Hipoclorito de Sodio
http://www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoool/d/odontoinvitado_19htm .Venezuela Dic 2001.
15. Jaquez Barran Edna .Una Visión Actualizada del Uso del Hipoclorito de Sodio en Endodoncia.
http://www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoool/d/odontoinvitado_18htm Venezuela Nov 2001.
16. Rivas Muñoz Ricardo .Notas de Endodoncia, Apoyo académico por antologías. Unidad 11. Limpieza y Conformación del conducto radicular, <http://www.iztacala.unam.mx/~rivas/limpieza.html>.
17. E García Daniel. "Uso del Acido Etilendiaminotetraácetico (EDTA) en la Terapia endodóntica
"http://www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoool/d/odontoinvitado_11_hm .Venezuela 2001.



18. J Padrón Enrique. "Ultrasonido en Endodoncia"
http://www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoo/d/odontoinvitado_50.htm: Venezuela Julio 2006.
19. Aguilar Heredía Tatiana. "Aspectos Microbiológicos de la Periodontitis Apical Crónica Persistente"
http://www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoo/d/odontoinvitado_41.htm: Venezuela Agosto 2004.
20. Azuero Ma Mercedes. Comparación de Tres Soluciones Irrigantes Utilizadas en la Endodoncia, por, , Artículos de Revisión, Pontificia Universidad Javeriana, Posgrado de Endodoncia
http://www.javeriana.edu.co/academiappgendoroncia/i_arevision38.html : Colombia 2006.
21. Azuero Ma Mercedes Herrera Carolina:" Irrigantes de Uso Endodóntico" Artículos de Revisión, Pontificia Universidad Javeriana, Posgrado de Endodoncia.
http://www.javeriana.edu.co/academiappgendoroncia/i_arevision31.html, Colombia 2006.
22. Azuero Ma. Mercedes, Tinjacá Vanesa ."Quelantes ".Artículos de Revisión, Pontificia Universidad Javeriana, Posgrado de Endodoncia.
http://www.javeriana.edu.co/academiappgendoroncia/i_arevision26.html:Colombia 2006.
23. <http://www.inx.endoroot.com/modelos/news/article.php> :MTAD un nuevo irrigante intraconducto. Marzo 2006.
24. Dr. Djalma Pécora Jesús Traducción al español: Dr. Manuel Antonio Espinoza Molina,"El ultrasonido en la Odontología".
http://www.forp.usp.br/restuaradora/temas_endo/temas_cast/ultra_som.html.,Diciembre 2005.



-
-
25. J Heredía Bonetti, S Rodríguez Revisión de la Literatura: Uso de la Clorhexidina en la Endodoncia, RAOA/VOL 93/N 3/245-248 http://www.intramed.net/actualidad/art_1.asp?nomcat=articulos&Idactualidad=44842:
26. Prof. Dr Djalma Pécora Jesús, Traducción Dr. Jacobovitz Marcos : “Soluciones auxiliares de la biomecánica de los conductos radiculares. http://www.forp.usp.br/restauradora/temas_endo/solv/solu_cast.html.”
27. Azuero Ma Mercedes :” Irrigantes usados en la terapia endodóntica, Artículos de Revisión, Pontificia Universidad Javeriana, Posgrado de Endodoncia http://www.javeriana.edu.co/academiappendodoncia/i_arevision28.html, Colombia 2006