

Lucía Villa López

Irrigación en Endodoncia

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

FACULDADE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Porto, 2012

Lucía Villa López

Irrigación en Endodoncia

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

FACULDADE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Porto, 2012

Lucía Villa López

Irrigación en Endodoncia

“Monografia apresentada à Universidade Fernando Pessoa como
parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em
Medicina Dentária.”

(Lucía Villa López)

Resumen

El principal objetivo de la preparación endodóntica es la limpieza y desinfección de los canales radiculares, manteniendo su morfología.

La irrigación y conformación de los canales radiculares se considera fases muy importantes para conseguir el éxito del tratamiento endodóntico.

La limpieza del canal radicular depende tanto de la técnica de instrumentación como de la solución irrigadora utilizada.

Dentro de esta fase, adquiere gran importancia la irrigación, así como las técnicas de irrigación utilizadas, con diferentes soluciones irrigadoras para la eliminación de restos pulpares vitales o necróticos, bacterias, y restos de la instrumentación.

La instrumentación manual y mecánica poseen limitaciones y ninguno consigue una limpieza completa del canal radicular, sobre todo en la región apical de los canales curvos.

La solución irrigadora más utilizada en los canales radiculares es el hipoclorito de sodio (NaOCL), en concentraciones entre el 0.5 al 5.25%, gracias a su poder bactericida y capacidad de disolver tejido necrótico y materia orgánica.

La eliminación de la materia inorgánica, se realiza a través de soluciones quelantes que son desmineralizantes, y que alteran la dentina radicular. Las más destacadas son el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 15-17% y el ácido cítrico al 10%.

Estos agentes quelante sustituyen los iones de calcio, por iones de sodio, formando sales solubles, de este modo reblandecen las paredes del conducto facilitando su instrumentación.

La combinación de NaOCL y EDTA es efectiva para la eliminación de tejido orgánico e inorgánico de los canales radiculares.

El factor predisponente más habitual es la caries, lo que supone destrucción del tejido dentario, hasta que establece comunicación con la pulpa directa.

Las lesiones pulpares desencadenan una respuesta inflamatoria debido a factores irritantes que pueden ser de naturaleza física, química o biológica, sin embargo, los microorganismos son los principales agentes en las patologías pulpares y periapicales.

La persistencia de microorganismos en el interior de los canales radiculares, es un factor decisivo para que no resulte un tratamiento endodóntico.

.

Abstract

The main objective of endodontic preparation is the cleaning and disinfection of root canals, maintaining their morphology.

Irrigation and shaping of root canals is considered very important stage for successful endodontic treatment.

The cleaning of the root canal depends on the instrumentation technique and the irrigating solution used.

Within this phase, is very important irrigation and irrigation techniques used, with different irrigating solutions for the removal of vital or necrotic pulp remnants, bacteria, and remains of the instrumentation.

Manual and mechanical instrumentation have limitations and none achieved a complete cleaning of the root canal, especially in the apical region of the curves.

The most commonly used irrigating solution in root canals is sodium hypochlorite (NaOCl) at concentrations from 0.5 to 5.25%, due to its bactericidal power and ability to dissolve necrotic tissue and organic matter

The removal of inorganic matter, is carried through chelating solutions are demineralising, and altering the root dentine. The most prominent are the acid-ethylene diamine (EDTA) at 15-17% and 10% citric acid.

These chelating agents replace calcium ions for sodium ions forming soluble salts, thereby soften the walls of the duct walls to facilitate instrumentation.

The combination NaOCl and EDTA is effective in removing organic and inorganic tissue of the root canals.

The most common predisposing factor is the decay, which is destruction of the tooth until the pulp communicates with directly.

The pulp injury trigger an inflammatory response due to irritants that may be physical, chemical and Biological relevance, however, microorganisms are the main agents in the pulp and periapical diseases.

The persistence of microorganisms inside the root canal, is a decisive factor for endodontic treatment does not result

Dedicatorias

A mi familia por la comprensión y paciencia a lo largo de estos años.

A Mariano, porque gracias a él conseguí llegar hasta aquí, y por su amistad a lo largo de todos estos años.

Agradecimientos

A mi orientadora Alexandra Martins por la simpatía, comprensión y sobre todo ayuda y paciencia a lo largo de todo el proceso de elaboración de este trabajo.

Índice

| | Pag. |
|---|------|
| Resumo | V |
| Abstract..... | VII |
| Dedicatórias | IX |
| Agradecimientos | X |
| Abreviaturas | XIII |
| I. Introducción..... | 1 |
| 1. Materiales y métodos | 2 |
| II. Desarrollo..... | 4 |
| 1. Tratamiento endodóntico no quirúrgico (TENC) | 4 |
| 2. Historia de la irrigación | 6 |
| 3. Microbiología | 9 |
| 4. Técnicas de instrumentación e instrumentos utilizados durante la preparación | 13 |
| i. Instrumentación manual..... | 17 |
| ii. Instrumentación rotatoria | 19 |
| 5. Importancia de la irrigación..... | 22 |
| 6. Sistemas utilizados en la irrigación | 25 |
| 7. Sustancias irrigadoras | 29 |
| i. Ácido Atilendiaminotetraacético (EDTAC) | 29 |
| ii. Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) | 29 |
| iii. Ácido cítrico..... | 33 |
| iv. Alcohol | 34 |
| v. Detergentes sintéticos | 35 |
| vi. Gluconato de clorhexidina (CHX) | 36 |
| vii. Hidróxido de calcio en agua | 39 |
| viii. Hipoclorito de sodio (NaOCl)..... | 39 |
| viii.1.Características del NaOCl..... | 39 |
| viii.2.Complicaciones en el uso del NaOCl | 44 |

| | | |
|------|---|----|
| ix. | Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)..... | 46 |
| x. | Solución salina | 46 |
| 8. | Protocolo de irrigación | 47 |
| III. | Conclusión..... | 49 |
| IV. | Bibliografía..... | 51 |

Índice de Abreviaturas

- %: Porcentaje
- CHX: Gluconato de clorhexidina
- EDTAC: Ácido atilendiaminotetraacético
- EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético
- Min: Minutos
- Mm: Milímetros
- NaOCl: Hipoclorito de sodio
- Ni-Ti: Níquel-Titanio
- R.P.M: Revoluciones por minuto
- TENC: Tratamiento endodóntico não cirúrgico

I. Introducción

El tratamiento endodóntico no quirúrgico (TENC), tiene como objetivo la eliminación de agentes irritantes y tejido enfermo del interior de los canales radiculares, para posteriormente obturar y mantener un buen estado del diente (Bascones, 1998).

La preparación biomecánica con instrumentos manuales o rotatorios y la irrigación con soluciones desinfectantes, nos va a permitir la limpieza y desinfección del interior del canal radicular (Canalda, 2001).

El TENC es una secuencia (cavidad de acceso, preparación de los canales radiculares donde incluimos limpieza, desinfección y conformación, y finalmente obturación), en el cual todos los pasos son importantes para poder alcanzar el éxito del tratamiento endodóntico (Bascones, 1998).

La mayoría de los estudios científicos que tratan la eficacia de los sistemas manuales o rotatorios en la limpieza de los canales radiculares, demuestran que ningún sistema consigue una limpieza completa del conducto (Cohen, 1999).

El mejor método para remover restos y detritos de dentina derivados de la instrumentación es la irrigación, pudiendo provocar alteraciones tanto a nivel orgánico como mineral y estructural de la dentina (Pascon *et al.*, 2009).

En la actualidad no existe ningún irrigante con capacidad de actuar tanto en materia orgánica como inorgánica (Zhang *et al.*, 2010).

La irrigación debe ser realizada antes de la instrumentación para localizar y permeabilizar los canales, durante la instrumentación y después de la preparación biomecánica (Ferreira *et al.*, 2004).

Los objetivos de la irrigación son, disolver los restos vitales o necróticos, limpieza de las paredes con el fin de eliminar los residuos que cubren y bloquean la entrada de los túbulos dentinarios, disolver bacterias y lubricar el canal con el fin de facilitar la instrumentación (Estrela *et al.*, 2002).

La mayoría de los irrigantes son bactericidas, y eliminan los residuos del interior del conducto, disminuyendo el sustrato para los microorganismos y por lo tanto disminuyendo la posibilidad de supervivencia (Dornelles *et al.*, 2011).

Las lesiones pulpares desencadenan una respuesta inflamatoria, y puede ser causada por factores de naturaleza física, química, térmica o biológica, sin embargo, hoy en día se sabe que los microorganismos son los principales agentes que causan patologías pulpares y periapicales (Cobankara *et al.*, 2004).

Dentro de las soluciones irrigadoras, el NaOCL es la más utilizada por su poder bactericida y capacidad de disolver materia orgánica y tejido necrótico, utilizándose en concentraciones que varían desde el 0.5% al 5.25% (Estrela *et al.*, 2002).

Las soluciones desmineralizantes eliminan la *smear layer* alterando la estructura de la dentina radicular. El ácido etilen-diamino-tetracético (EDTA) destaca entre las más utilizadas, utilizándose en canales estrechos y calcificados, mejorando el efecto antibacteriano del NaOCL (Serper & Calt, 2002).

Otro irrigante bastante utilizado es el ácido cítrico al 10, 25 y 50%, ya que posee propiedades antimicrobianas, además de eliminar la *smear layer* (Di Lenarda, 2000).

1. Materiales y métodos

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, los principales objetivos del presente trabajo son:

- Revisar que es el tratamiento endodóntico no quirúrgico (TENC) y reseñas históricas.
- Explicar las técnicas e instrumentos utilizados durante la preparación, así como sistemas de irrigación.
- Evaluar la capacidad de limpieza de las diferentes sustancias irrigantes.

Para ello, fue realizada una revisión bibliográfica, en artículos disponibles *on-line*, así como disponibles en las bibliotecas de la Universidad Fernando Pessoa- Faculdade de Ciências da Saúde y en la Universidad de Santiago de Compostela, durante los meses de Marzo a Junio del 2012, además de consultar diversos libros. Los artículos englobados se encuentran en Español, Portugués e Inglés y que se encontraban totalmente disponibles (*full text*), siendo los motores de búsqueda www.pubmed.com, www.sciencedirect.com e www.scielo.br/scielo.

Las palabras clave utilizadas fueron “*endodontic*”, “*irrigating solutions*”, “*endodontic microbiology*”, “*sodium hypochlorite*”, “*EDTA*”, “*chlorhexidine*”, “*Crown Down*”, “*Step Back*”, “*Balanced Forces*”.

Los artículos utilizados fueron 144 publicados a partir de 1936 hasta el 2012, sujetos a los siguientes criterios de inclusión: a) artículos con similitud entre el título y el mayor número de palabras clave en común; b) artículos de revisión, meta-análisis y estudios randomizados controlados; c) *full text* disponible *on-line*; d) publicadas en revistas indexadas.

II. Desarrollo

1. Tratamiento endodóntico no quirúrgico (TENC)

El objetivo del TENC es la prevención y eliminación de la infección bacteriana a través de la instrumentación y desinfección de los canales radiculares. Existen diferentes fases de tratamiento donde todas son importantes, ya que el fallo de una puede conducir al fracaso del tratamiento (Alves, 2004).

La preparación biomecánica es una fase importante del tratamiento endodóntico, y si se controla la microflora pulpar y periapical, la probabilidad de que la patología se solucione es elevada. Apesar de las modernas técnicas de instrumentación y el uso de irrigantes efectivos, la efectividad antiséptica es parcial y temporaria, ya que existen bacterias que sobreviven en los túbulos dentinarios y conductos laterales (Cobankara *et al*, 2004).

En muchas ocasiones debido a la morfología de los canales radiculares, el desbridamiento del contenido es difícil con la instrumentación manual ya que no se consigue acceder a todas las áreas y por ello para mejorar la desinfección se utiliza sustancias irrigadoras como NaOCL, agua oxigenada, entre otros con el fin de incrementar la acción de los instrumentos durante el tratamiento endodóntico (Andersen *et al.*, 1992).

Incluso para el odontólogo más experimentado, los conductos curvos suponen un reto que pueden conducir al fracaso. Los canales finos y curvos pueden acumular detritos en la porción apical, crear escalones debido a los cambios en su morfología interna, independientemente del tipo de irrigante utilizado. La acción del agente irrigante es limitado ante canales del calibre de una lima 10 a 20 (Mullaney, 1979).

Históricamente los estudios clínicos y experimentales se basaban en la obtención de conductos esterilizados y un sellado apical hermético, como objetivo para conseguir el éxito del tratamiento (Gutmann *et al.*, 1997).

Hoy en día estas teorías han sido modificadas dado que la esterilización de los canales radiculares no es posible, son desinfectados y el sellado no es impermeable, ya que todos los materiales filtran en mayor o menor grado (Gutmann & Lovdahl, 2012).

Puede existir recontaminación en los conductos radiculares obturados debido a (Cohen, 1999):

- Colocación de la restauración definitiva tardía; las obturaciones provisionales se disuelven en presencia de la saliva.
- Exposición de los túbulos dentinarios debido a la fractura de la restauración o del diente.
- Menos de 3-4mm de material en el tercio apical que garanticen el sellado después de desobturar el conducto para colocar el perno en su interior.

Los canales vestibulares de los molares superiores y los mesiales de los molares inferiores son los conductos curvos y atrésicos más comunes (Leonardo & Leal, 1994).

Durante el manejo de los conductos debe de existir persistencia de limpieza sobre todo en el tercio apical ya que es ahí donde se va a dar la reparación (Weine, 1997).

Para conseguir una obturación eficaz se debe eliminar el contenido del canal radicular a través de una preparación biomecánica que establezca una forma correcta del conducto (Lin *et al.*, 2005).

Según el Manual Clínico de Endodoncia existen una serie de criterios subjetivos y objetivos para evaluar los resultados del tratamiento, lo que nos va a permitir clasificarlo en aceptable, incierto e inaceptable (Gutmann & Lovdahl, 2012).

- Dolor a la palpación
- Movilidad dental
- Presencia de enfermedad periodontal
- Fístulas
- Dolor a la percusión
- Presencia de infección o hichazón
- Diente funcional

Dientes con un tratamiento endodóntico óptimo, con el paso del tiempo pueden presentar resultados inaceptables debido a (Cohen, 1999):

- Fractura de la corona, raiz
- Caries recurrentes, infiltración coronal
- Avance de la enfermedad periodontal
- Abrasión, erosión de la raiz
- Oclusión traumática

2. Historia de la irrigación

Durante la primera guerra mundial, el cirujano Alexis Carrel y el químico Henry Drysdale, divulgaron el uso del hipoclorito de sodio con 0.5% de cloro como desinfectante (Adcock, 2011).

En 1893, Schreier eliminaba los tejidos necróticos con el uso de potasio o sodio metálicos en los canales radiculares (Ingle & Taintor, 1987).

En 1930, se utilizaron enzimas proteolíticas pero no fueron muy aceptadas debido a su baja capacidad de disolver el tejido necrótico del interior de los canales radiculares (Lasala, 1992).

En 1936, Walker recomienda el uso de agua clorinada debido a su capacidad de disolver proteínas y su acción germicida, eliminando el tejido pulpar (Walker, 1936).

Durante los años 1930 y 1940, se usaron enzimas proteolíticas pero no obtuvieron gran aceptación, debido a su baja capacidad de disolver tejido necrótico del interior de los conductos radiculares (Lasala, 1992).

Grossman y Meimann, experimentaron varios agentes químicos durante la preparación de los canales radiculares, comprobando que el hipoclorito de sodio al 5% era el más eficaz en la disolución de tejido pulpar (Grossman & Meinman, 1982).

Grossman en 1941, sugirió el empleo de peróxido de hidrógeno alternado con hipoclorito de sodio, obteniendo una mayor limpieza debido al efecto efervescente del agua oxigenada (Grossman, 1943).

En 1946, Seidner describió un aparato de irrigación y succión para los canales radiculares, eliminando el tejido orgánico (Seidberg *et al.*, 1974).

Auerbach, en 1963 aisló 60 dientes infectados y despulpados, obteniendo un 78% de pruebas bacteriológicas negativas, solamente con instrumentación mecánica e irrigación con agua oxigenada (Auerbach, 1953).

Ostby, en 1957 introdujo el uso de sustancias quelantes, el ácido etilendiaminotetraacético bajo la forma de una sal disódica, con capacidad de formar compuestos no iónicos y solubles con un gran número de iones de calcio (Ostby, 1957).

En 1957, Richman emplea por primera vez el ultrasonido, adaptándole limas de endodoncia e irrigando primeramente con hipoclorito de sodio para evitar el sobrecalentamiento (Richman, 1957).

Más tarde en 1958, Piloto recomendó el abandono del agua oxigenada, apostando solo por el uso del NaOCL, porque en su opinión no existía limpieza del conducto a través de la irrigación y aspiración (Piloto, 1958).

Rapela en 1958, utilizó detergentes sintéticos como vehículo de antibióticos, con el fin de obtener un mejor acceso en las zonas inaccesibles de los conductos (Rapela, 1958).

Más tarde Piloto recomendó la supresión de agua oxigenada, ya que en su opinión no disminuía la limpieza del conducto, utilizando únicamente el hipoclorito de sodio (Piloto, 1958).

Los detergentes sintéticos en endodoncia, fueron utilizados como vehículo de antibióticos, con la finalidad de mejorar el acceso a áreas inaccesibles (Rapela, 1958).

En 1961, Stewart *et al.*, introducen el Glioxide, que es un compuesto formado por peróxido de urea al 10%, que tiene actividad antimicrobiana y un vehículo glicerinado que actúa como lubricante (Stewart *et al.*, 1961).

Ostby y Fehr, en 1963, observaron que la desmineralización del EDTA era proporcional al tiempo de aplicación, comprobando que su aplicación durante 5 minutos sobre la dentina desmineralizada, alcanzaba una profundidad de 20 a 30 um bien definida y demarcada (Fehr & Ostby, 1963).

En 1965, Ingle propuso la irrigación alternada con agua oxigenada y en la fase final con NaOCL para prevenir la formación de gases en el interior de los conductos (Ingle & Taintor, 1987).

Leonardo evaluó la eficacia del "lauril dietilenglicol-éter sulfato de sodio a 0.125 g, conocido comercialmente como Tergentol, demostrando que no se obtiene suficiente desinfección de los canales radiculares, ya que se trata de un agente que carece de poder bactericida (Leonardo, 1967).

Stewart *et al.*, en 1969 propusieron el uso del EDTA al 15%, peróxido de urea al 10% y una base de carbowax soluble en agua, conocido comercialmente como técnica telese Rc-prep (Stewart *et al.*, 1969).

Kotulo y Bordacova, demostraron que el EDTA al 10% reducía considerablemente la población bacteriana del canal radicular en 10 min. (Kotulo & Bordacova, 1970).

En 1980, Parsons *et al.*, utilizó la clorhexidina como irrigante en el tratamiento endodóntico, debido a sus propiedades antibacterianas durante una semana después de aplicada (Parsons *et al.*, 1980).

Goldmann *et al.*, en 1988, utilizan el ácido cítrico como irrigante ya que reacciona con los metales, formando un quelato soluble aniónico, que en la remoción de la capa de desecho era similar al EDTA (Goldman *et al.*, 1988).

Morgan *et al.*, en 1991 estudiaron la posibilidad de utilizar el hidróxido de calcio como irrigante pero concluyeron que no tiene efecto solvente (Liolios *et al.*, 1997).

3. Microbiología

La pulpa y la dentina son estériles y se encuentran protegidas de los microorganismos por el esmalte y cemento que lo recubren. Pero existen situaciones donde se pierde esa integridad debido a caries, fracturas, grietas, o no existe de forma natural. En estas situaciones el complejo dentina-pulpa queda expuesto al medio oral, aumentando el riesgo de contaminación de microorganismos. Su principal entrada son los túbulos dentinarios, la enfermedad periodontal, anacoressis y exposición pulpar directa (Torabinejad & Walton, 2009).

La caries dental suele ser la vía de entrada más común de las bacterias y sus productos hasta el espacio pulpar. Los microorganismos penetran a través de los túbulos dentinarios permeables que tienen un calibre suficiente para permitir su paso (Canalda & Brau, 2001).

La enfermedad periodontal es otra vía de entrada de las bacterias a través de los túbulos dentinarios, conductos laterales, foramen apical, drenaje vasculolinfático y permeabilidad dentinaria (Canalda & Brau, 2001).

La persistencia de microorganismos en el canal radicular es un factor decisivo para el fracaso del tratamiento endodóntico. Los espacios vacíos resultantes de una obturación deficiente van a acumular líquido de los tejidos y exudados inflamatorios procedentes de la región periapical, generando productos irritantes para los tejidos circundantes y un medio excelente para el crecimiento y multiplicación de los microorganismos (Ferreira *et al.*, 2006).

Los microorganismos anaeróbicos se instalan después de que el suplemento sanguíneo local está comprometido o después de una infección provocada por bacterias aeróbicas. Los agentes anaeróbicos infectantes en las necrosis y periodontitis apical son los Gram-negativos y sus endotoxinas (Cobankara *et al.*, 2004).

En las infecciones endodónticas, las especies bacterianas más aisladas son *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Fusobacterium*, *Eubacterium*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus* y *Lactobacillus*. En caso de reinfección, las especies encontradas son diferentes a la existente en dientes con necrosis y lesión periapical no tratados, siendo común microorganismos anaerobios facultativos Gram-positivo, que sobreviven con niveles bajos de nutrientes, como *Enterococcus faecalis* (Teixeira & Cortes, 2005).

En ocasiones, además de las bacterias se identifican hongos en las infecciones primarias endodónticas. Los virus necesitan de un huésped para poder infectar y replicarse, por eso no pueden sobrevivir en un canal radicular de una pulpa necrótica (Torabinejad & Walton, 2009).

En un estudio realizado por Haapasalo, observó la presencia del *Enterococcus faecalis* en el 30-70% de los casos con fracaso endodóntico e imagen radiolúcida (Haapasalo, 1987).

El factor de virulencia del *Enterococcus faecalis* puede ser debido a su capacidad de invadir los túbulos dentinarios y adherirse al colágeno, adquiriendo nutrientes del fluido crevicular o del líquido inter y peritubular, permitiendo subsistir en el interior de los túbulos dentinarios y reinfectar los conductos obturados (Love, 2001).

La fractura de la corona que afecta al esmalte y dentina provoca una exposición de los túbulos dentinarios, constituyendo una vía de entrada para los microorganismos, siendo más peligroso en niños y pacientes jóvenes, debido a la presencia de túbulos de mayor calibre en comparación con adultos y personas de edad avanzada (Canalda & Brau, 2001).

Los líquidos tisulares y las células del tejido necrótico forman nutrientes que favorecen el crecimiento de bacterias anaeróbicas (Torabinejad & Walton, 2009).

Con el tiempo las bacterias anaeróbicas estrictas aumentan en relación a las bacterias facultativas (Ørstavik, 1999).

Fabricius *et al.*, observaron 24 conductos radiculares desvitalizados y expuestos al medio oral en diferentes períodos, a los 90, 180 y 1060 días. En un principio predominaban en un 85-98% las bacterias anaerobias estrictas, pero al transcurrir los días las cepas encontradas fueron de Bacterioide y Bacilos anaerobios Gram positivos (Fabricius *et al.*, 1982).

Diversas especies bacterianas han sido aisladas de los conductos radiculares infectados siendo *Streptococcus viridans*, *Peptostreptococcus*, *Fusobacterium*, *Prevotella* y *Porphyromonas*, los más frecuentemente aislados (Canalda & Brau, 2001).

Actualmente dentro del género *Porphyromonas* existen doce especies pigmentadas y una no pigmentada, de las cuales *P. Endodontalis* y *P. Gingivalis* han sido detectadas en infecciones endodónticas y en diferentes lesiones periradiculares incluyendo abscesos agudos (Siqueira, 2003).

Se han asociado casos de fracaso en la terapia endodóntica ante la presencia de *Actinomyces* que se encuentran en la flora oral normal (Siqueira, 2003).

En el tercio apical del canal radicular se establecen bacterias anaerobias estrictas debido a la baja tensión de oxígeno, obteniendo nutrientes de los fluidos tisulares y del exudato inflamatorio existente entre los tejidos periradiculares y el conducto radicular, siendo

común la presencia de *Porphyromonas*, *Peptostreptococcus*, *Prevotella* y *Fusobacterium* (Siqueira *et al.*, 2004).

La esclerosis dentinaria es un mecanismo de protección de la pulpa para impedir la entrada a través de los túbulos dentinarios (Torabinejad & Walton, 2009).

La formación de dentina reparadora es otro mecanismo para evitar la entrada de sustancias tóxicas. En la zona límite entre dentina reparadora y dentina primaria, los túbulos están ocluidos con material similar a la dentina peritubular, siendo de este modo menos permeable, sirviendo de barrera para la entrada de bacterias y sus productos (Cohen, 1999).

A medida que las bacterias penetran hacia la pulpa comienza la respuesta inmunológica, inicialmente con la presencia de linfocitos, macrófagos y células plasmáticas proliferando pequeños vasos sanguíneos y fibroblastos. Cuando la pulpa sufre inflamación aguda los vasos aparecen dilatados y se encuentran linfocitos T4, T8, células B, células detriticas y macrófagos (Cohen, 1999).

Una pulpa necrótica crea es un entorno húmedo, cálido, nutritivo y anaerobio para las bacterias, al que no puede acceder las defensas del huésped debido a la falta de microcirculación en el tejido necrótico (Torabinejad & Walton, 2009).

La inflamación aguda o crónica de los tejidos periapicales es una respuesta de la pulpa ante la invasión bacteriana. El tipo de invasión y microbiota, el número de microorganismos, endotoxinas, tiempo y capacidad de defensa del huésped, van a determinar la intensidad de la infección a nivel de la pulpa y del periápice (Canalda *et al.*, 2006)

Este proceso inflamatorio causado por la invasión bacteriana en la pulpa trata de eliminar el antígeno para lograr una reparación de los tejidos, provocando un aumento de la permeabilidad vascular, quimiotaxia y salida de neutrófilos y monocitos de torrente sanguíneo para el local. Su objetivo es la fagocitosis de bacterias, complejos inmunes y tejidos degenerados. En caso de eliminación, se producirá reparación

tecidual, sino se instalará una inflamación crónica donde con involucramiento de linfocitos T y B (Cobankara *et al.*, 2004).

El origen de una infección endodóntica puede ser extra-radicular, que se inicia en el tejido periodontal hasta alcanzar el foramen apical, afectando a la pulpa (perio-endo) o bien de origen intraradicular, la pulpa es infectada y acaba afectando los tejidos periradiculares (endo-perio) (Shenoy & Shenoy, 2010).

Dependiendo del momento en que ocurre la infección puede ser primaria, secundaria o persistente. En la infección primaria, los microorganismos sobreviven al tratamiento endodóntico, y crean una infección persistente. En las infecciones secundarias, los canales se infectan durante o después del tratamiento endodóntico (Cohen, 1999).

El *Enterococcus faecalis* está asociado a infecciones endodónticas primarias y secundarias, con diferentes prevalencias (Chávez de paz *et al.*, 2003).

4. Técnicas de instrumentación e instrumentos utilizados durante la preparación

El desbridamiento de los canales radiculares es esencial para el éxito del tratamiento endodóntico. La preparación biomecánica consiste en la eliminación de microorganismo, dentina infectada, restos necróticos, tejido pulpar, así como conformación de los canales para posteriormente obturarlos con el fin de sellarlos, promoviendo la limpieza de todo el conducto, logrando paredes lisas para que el material obturador pueda adherirse correctamente (Soares & Goldberg, 2002).

El objetivo de la instrumentación es la conformación de los canales radiculares, para permitir la entrada de soluciones irrigantes para la desinfección y posteriormente obturación. (Peters *et al.*, 2004).

Los conductos radiculares deben ser limpiados y conformados pero existe controversia respecto cual será el mejor método para lograr este propósito. (Walters, 2002)

Los conductos radiculares no solo son cilíndricos, pudiendo presentar diferentes formas siendo común las irregularidades (Cohen, 1999).

A lo largo de estos años han surgido sistemas de limas siendo muchos muy eficaces, pero otros potencialmente perjudiciales (Walia *et al.*, 1988).

Shilder en 1967 introdujo el concepto de limpieza y conformación (cleaning and shaping), entendiendo como limpieza, la eliminación del contenido del canal radicular y la conformación como forma específica de cavidad basado en cinco principios (Beer *et al.*, 1998):

- Acceso: como primer paso para la limpieza y conformación de los canales radiculares.
- Conformación apical: siendo lo ideal aislar el foramen apical natural, limpiarlo y obturarlo en tres dimensiones, con forma de embudo.
- Conformación del cuerpo: consiguiendo una conicidad continua.
- Conicidad convergente hacia el ápice.
- Luz del foramen: con el fin de preservar la anatomía apical.

En base a los principios de Shilder (Técnica Stepback, 1975), otros autores en 1980 recomiendan un desgaste mayor, denominado Limado Desgaste Anticurvatura en las zonas de seguridad, siendo obligatorio en canales atrésicos y curvos sobre todo en molares tanto superiores como inferiores (Cohen, 1999).

Este desgaste permite un acceso libre y directo al tercio cervical principalmente en los canales mesiales de los primeros molares inferiores y mesio-vestibulares de los primeros molares superiores (Cohen, 1999).

Para la preparación de los canales radiculares podemos diferenciar las técnicas apicocoronales y las coronoapicales. Las técnicas apicocoronales inician la instrumentación en la región apical con limas de menor tamaño y más flexibles para evitar el riesgo de fractura, a medida que la conicidad va aumentando gradualmente

hacia coronal. Trata de evitar la formación de escalones, perforaciones, zips (Fernández, 1993).

Las técnicas coronoapicales inician la instrumentación en el tercio coronal continuando hacia apical, para evitar la extrusión de detritos más allá del periápice. Esta técnica trata de evitar la formación de escalones, mejorar la adaptación de la guta percha, facilitar el acceso a la región apical, mejorar la introducción de sustancias irrigadoras, y remoción del contenido del canal radicular (Cohen, 1999).

Morgan y Montgomery en 1983, preconizan la técnica denominada “*Crow-Down Pressureless Preparation*”, es decir, Preparación Corona-Ápice sin Presión, cambiando el concepto de preparación en sentido apico-coronal, y dando paso así a nuevas técnicas de instrumentación tanto manual como rotatoria (Leonardo & Leal, 1994).

Este ensanchamiento inicial en el tercio coronario evita que los instrumentos se atoren permitiéndoles un mejor acceso sin obstrucciones en la mayor parte de su longitud. También permite que el irrigante penetre mejor, reduciendo el empaquetamiento de los residuos, escalones, perforaciones y fractura de instrumentos (Saunders & Saunders, 1994).

Los instrumentos utilizados para la limpieza y modelado de los canales radiculares se fabrican en acero al carbón o acero inoxidable, para asegurar la dureza y rigidez requerida para la preparación de las paredes de los canales (Miyashita *et al.*, 1997).

Los sistemas utilizados en la conformación y limpieza de los canales han ido mejorando a lo largo del tiempo. La modificación en el diseño de la limas y la modificación en los metales de fabricación, permite un aumento en la flexibilidad (Willey & Senia, 1989).

Cuando se trata de canales curvos, los instrumentos deben tener capacidad de penetrar hasta el extremo de un conducto estrecho, con posibilidad de preparar el conducto de forma cónica siempre manteniendo la configuración de la curva (Wu & Wesselink, 1995).

Clem, sugirió el uso de instrumentos con flexibilidad y pequeño calibre en la región apical, y a medida que se avanza para el tercio medio ir aumentando el calibre de los instrumentos, denominándolo “*Step preparation*” (Clem, 1969).

A pesar de la flexibilidad óptima de las limas fabricadas en acero inoxidable, necesitan un precurvado (Clem, 1969).

En esta técnica, los instrumentos de mayor calibre, y por lo tanto los más rígidos, se usarían en el tercio medio del conducto con un retroceso progresivo de 1mm, desde apical hacia coronal y en consecuencia aumentando el diámetro de los instrumentos, siendo el instrumento utilizado en la región apical, el indicador de la longitud de trabajo y denominado “Instrumento de Memoria” (Clem, 1969).

Para Walton es importante la creación de una constricción apical, para confinar a los instrumentos, materiales y químicos al espacio del conducto, y crear una barrera contra la cual se puede condensar la gutapercha (Torabinejad & Walton, 2009).

Kuttler encontró que la constricción apical se situaba a 0.52-0.66 mm del foramen apical, lo cual era un punto ideal para terminar el material de obturación, ya que actúa como una matriz y resiste el desplazamiento del material de obturación más allá del foramen apical (Abou-Rass *et al.*, 1982).

Buchaman recomienda la permeabilidad apical y que el milímetro desde la constricción apical hasta el orificio apical en el ligamento periodontal, debe limpiarse a conciencia (Cohen, 1999).

Goerig *et al.*, en 1984, recomiendan la técnica de preparación de canales radiculares a partir del “*Crown Down*” y “*Step Back*”, que consiste en el pre-ensanchamiento del tercio coronal y medio (Crow down), seguido de la preparación apical mediante una modificación escalonada (Step Back) (Goerig *et al.*, 1982).

Roane, en 1985 introdujo la lima flexible Flex-R y describió la técnica como *Fuerzas Balanceadas*, como una forma efectiva de reducir o eliminar el transporte durante la

instrumentación. Esta técnica se realiza introduciendo la lima en el sentido de las agujas del reloj y cuando se siente que la lima se ajusta a las paredes del canal, se gira en sentido contrario, aproximadamente 180°, realizando presión apical. Esta técnica permite alcanzar calibres mayores, ya que asegura el mantenimiento del contorno del conducto sin provocar desplazamiento ni laceración del foramen apical (Al-Omari *et al.*, 1992)

Permite un ahorro de tiempo en el caso de canales con curvatura moderada además de la fatiga para la limpieza y ensanchamiento de los canales radiculares, aunque no es recomendable en caso de canales demasiado curvos (Tondo, 1999).

Existen una serie de criterios que debemos respetar durante el tratamiento independientemente de la técnica utilizada (Senia, 2001):

- Remover el tejido vital o necrótico de los canales radiculares
- Promover la salud periapical
- Respetar la anatomía del conducto
- Limpiar, ensanchar y modelar para recibir el material de obturación
- Dominar la técnica de limpieza, ensanchado y modelado de los canales radiculares

La instrumentación de los canales radiculares puede ser realizada con instrumentos manuales, mecánicos o mediante la combinación de ambos. Dependiendo de la forma del canal, escogeremos diferentes tamaños y conicidades, con un determinado torque y flexibilidad dependiendo del material del instrumento. (Cohen, 1999)

i. Instrumentación manual

Dentro de la instrumentación manual existen 3 tipos de limas (Cohen, 1999):

- Limas K-File
- Limas K-FlexoFile

- Limas Hedstroem

Las limas K, de conicidad 2%, son las más utilizadas para la preparación de los canales radiculares, siendo su segmento de corte de 16mm y la longitud del vástago de 21, 25 y 31mm. Su conicidad es creciente desde la punta (Do) hasta la parte coronal (D16) de dos centésimas de milímetro por cada milímetro de longitud. Su fabricación se basa en un código de colores estandarizado en función del diámetro Do. Se fabrican principalmente en acero inoxidable y aleaciones de níquel-titanio y níquel-aluminio. Las limas K de sección triangular y romboidal tienen mayor flexibilidad y menor rigidez que las de sección cuadrangular (Eldeeb & Boraas, 1985).

Par resolver estos problemas de deformación de los canales radiculares se han comercializado instrumentos de níquel-titanio. El empleo de este tipo de materiales y la modificación en la fabricación de los instrumentos endodónticos han dado lugar a la aparición de numerosos sistemas de instrumentos mediante la rotación horaria continua (Canalda *et al.*, 2006)

Uno de los inconvenientes de la instrumentación manual es la baja flexibilidad de las limas en acero inoxidable en canales curvos, aumentando el riesgo de fractura (Fleming *et al.*, 2010).

En un estudio comparativo realizado por Bramante, se evaluó la instrumentación de canales mesiovestibulares de los molares superiores con limas manuales Ni-Ti con “*Step Back*” con y sin EDTA, demostrando que los conductos irrigados con EDTA mejoraban la eficacia de las limas para mantener la forma original de los conductos curvos (Bramante & Bettil, 2000).

Cuando el odontólogo decide limpiar e instrumentar el canal radicular manualmente, existe una tendencia del operador a que el instrumento sea dirigido y direccionado hacia una de las paredes del canal (Senia, 2001).

Las limas FlexoFile, se utilizan en canales curvos y estrechos gracias a su flexibilidad, siendo eficientes en el corte. En su diseño la punta no es activa, los mangos son

antiderrapantes y se presentan en el tamaño ISO del 6 al 140 (Soares & Goldberg., 2002).

Las limas Hedström son conos superpuestos de tamaño sucesivamente mayor desde la punta hacia el mango. El ángulo helicoidal de los instrumentos se acerca al 90°, es decir, casi perpendicular al eje central del instrumento (Soares & Goldberg, 2002).

Se utilizan para agrandar los canales, tanto por corte como por abrasión, cortando en un único sentido, el de tracción debido a la inclinación de sus estrías. (Soares & Goldberg, 2002).

ii. **Instrumentación rotatoria**

Edward Maynard en 1838, creó el primer sistema de limas rotatorias a partir de un muelle de un reloj, siendo una técnica laboriosa (Leonardo & De Toledo, 2002).

Más tarde en 1899, con el fin de facilitar la técnica, Rollins creó un taladro que se accionaba con un motor dental, limitado a 100 rpm (Beer *et al.*, 1998).

Pero solo en 1958, con la llegada del cabezal de limado con movimientos oscilatorios longitudinales, comenzó la verdadera instrumentación mecánica de los canales radiculares (Leonardo & De Toledo, 2002).

A mediados de los años 80, Guy Levi marcó la transición de los sistemas rotatorios más flexibles, no obstante continuaba la problemática de que creaba los canales curvos hacia canales rectos (Beer *et al.*, 2000).

En la instrumentación mecanizada, las limas de Níquel-Titanio (Ni-Ti) son acopladas a un motor eléctrico que permite controlar la velocidad, siendo utilizadas en sentido horario (Zelada *et al.*, 2002).

Este tipo de limas confieren elasticidad, flexibilidad y resistencia a la fractura por torsión en comparación con las limas de acero inoxidable (Cohen, 1999).

Dentro de sus propiedades destaca la superelasticidad (incluso en deformaciones de hasta el 10%), por lo tanto no se pueden precurvar, en comparación con las de acero inoxidable que solo retornan a su forma original cuando la deformación no es superior al 1% (Gambarini, 2001).

Otra propiedad a destacar es la deformación plástica, es decir, la capacidad de sufrir deformaciones permanentes sin fractura, lo cual permite evaluar la capacidad de trabajo mecánico (Gambarini, 2001).

La utilización del motor con un torque elevado aumenta el riesgo de fractura de la lima porque el límite es ultrapasado (Gambarini, 2001).

Hoy en día, los motores pueden ofrecer un control automático del torque, lo que permite que el instrumento se detenga cuando alcanza su límite de resistencia (Leonardo & De Toledo, 2002).

Dentro de los sistemas rotatorios existe (Leonardo & De Toledo, 2002):

- Sistema TCM Endo (Nouvag, Swiss): permite el control de torque por medio de reductores preestablecidos, oscilando entre 1200-8000rpm.
- Sistema Endo Pro (Driller, Brasil): se trata de un motor-contrángulo a través de limas de Ni-Ti, sin selector de ajuste de torque.
- Sistema Endo Plus (Driller, Brasil): es un sistema eléctrico con mejoras en relación al anterior.
- Sistema Tri Auto ZX (Morita, Japón): es un aparato electrónico manual, inalámbrico que permite la instrumentación acoplada a un localizador apical electrónico.

- Sistema Taskal 7 / Endo-Mate (Nisk, Japón): posee las mismas propiedades que el anterior pero opera a bajas velocidades, pudiendo regular la velocidad y el sentido de la rotación,
- Sistema Técnica (Dentsply Maillefer, EEUU): regula la función oscilatoria o rotatoria e inversión automática cuando el instrumento se trava.
- Sistema rotatorio K3 (Sybron Dental Specialties/Kerr, EEUU): entre sus características destaca que posee tres niveles diferentes de torque 4, 5 y 6 Newton.

La mayoría de los sistemas para la preparación rotatoria continua utilizan instrumentos de Ni-Ti de distintas conicidades y diámetros, utilizando la técnica de preparación coronapical. Entre los que se encuentran:

- Instrumentos de igual conicidad (ISO. 02, .04, .06) y diámetro en la punta (Do) diferente como los sistemas Profile (Dentsply Maillefer), K3 Endo (Sybron Endo), Hero 642 (Micromega). El inconveniente de poseer la misma conicidad es que, en rotación continua, el instrumento tiende a enroscarse en la parte apical, bloqueándose y rompiéndose. Por eso es conveniente utilizar instrumentos de mayor conicidad al principio, para que los más finos tengan menos contacto con el conducto (Beeson *et al.*, 1998).
- Instrumentos de conicidad diferente (ISO. 04, .06, .08, .1) e igual diámetro de la punta (Do) como el sistema GT (Dentsply Maillefer). Se usan instrumentos de mayor a menor conicidad, por lo tanto hay una reducción del área del mismo en contacto con las paredes del canal, facilitando el movimiento hacia el ápice. La preparación con estos instrumentos es muy conservadora porque apenas se elimina dentina de las paredes (Siqueira *et al.*, 1999).
- Instrumentos de conicidad variable (del 2% al 19%) y diámetro de punta (Do) diferentes como el sistema Pro Taper, siendo el resultado de la combinación de los sistemas anteriores. Este sistema trata de ofrecer flexibilidad, seguridad y eficacia, con el menor número de limas posible, incorporando conicidades progresivas y diferentes en cada uno de los instrumentos (West, 2001).

Algunos autores destacan la importancia de la conicidad del canal, adicionalmente al calibre apical, para la remoción de detritos (Albrecht *et al.*, 2004).

El uso de limas Profile GT de conicidad 0.04, 0.06 y 0.08 ofreció mejores resultados cuando el canal fue preparado con calibre 40 comparado con calibre 20. Aunque cuando la conicidad era de 0.10, no hubo diferencia en la eliminación de detritos entre ambos calibres (Albrecht *et al.*, 2004).

5. Importancia de la irrigación

La irrigación en endodoncia consiste en la introducción de una o más soluciones en los canales radiculares con el fin de eliminar bacterias, tejido pulpar, restos de dentina, restos necróticos, que pueden permanecer en el conducto aún después de una adecuada preparación biomecánica (Lasala, 1992).

La limpieza y preparación de los canales radiculares, son pasos fundamentales para una obturación favorable, incluyendo desbridamiento mecánico, creación de espacio y conformación de los canales (Cohen, 1999).

Para que la desinfección sea efectiva, los irrigantes deben penetrar en los pequeños conductos dentinarios, es por ello que su capacidad bactericida está relacionada con su facilidad de penetración (Berutti *et al.*, 1997).

La efectividad de una solución depende de diversos factores, entre ellos, anatomía del canal radicular, volumen utilizado, técnica de preparación del canal radicular, diámetro apical, calibre de las agujas irrigadoras, así como profundidad de penetración de las mismas (Lopes, 2004).

Baker *et al.*, (1975) afirmó que la limpieza del canal está más relacionada al volumen del líquido, más que a la solución irrigadora utilizada, sin embargo Walters *et al.*, (2002) defendió que la eficacia en la eliminación de detritos del interior del canal radicular, dependía del tipo de solución más que del volumen.

Los agentes irrigadores tienen como objetivo lubricar y limpiar los canales durante la preparación biomecánica, eliminando los microorganismos, restos orgánicos e inorgánicos, manteniendo el conducto permeable durante el tratamiento y evitando así la acumulación de detritos en el tercio apical (Hülsman, 1998).

La irrigación durante el tratamiento endodóntico es tan importante como una correcta instrumentación y obturación. El agente irrigante debe permitir la neutralización e inactivación de las toxinas bacterianas y desinfección del conducto, mediante la suspensión y arrastre mecánico (Leonardo *et al.*, 1999).

La desinfección deficiente de los canales radiculares durante el TENC, es la principal causa de insuceso debido a la persistencia de bacterias infecciosas sobre todo en la región apical o a una reinfección (Carvalho *et al.*, 2003).

La irrigación trata de limpiar y conformar el canal, así como facilitar el uso de los instrumentos. Las propiedades que tornarían una solución irrigadora ideal son (Zenhder, 2006):

- Efecto antibacteriano
- Lubrificante
- Baja toxicidad
- Eliminación de detritos, así como materia orgánica e inorgánica
- Disolución de pulpa vital y necrótica
- Baja tensión superficial

La irrigación durante el TENC es común y obligatoria para la eliminación de los microorganismos del interior del canal radicular (Cohen, 1999).

Los irrigantes poseen características físicas y biológicas (Weine, 1997):

- Los restos de dentina que se generan durante la limadura rebotan hacia la cámara, cuando el entorno está húmedo, disminuyendo el riesgo de empaquetamiento en apical.
- Cuando las paredes están lubricadas, la probabilidad de fractura de una lima es menor.
- Desprenden residuos, tejido pulpar y microorganismos de las paredes de los conductos.
- La mayoría de los irrigantes son bactericidas.

La irrigación en Endodoncia es fundamental presentando grandes beneficios (Leonardo & Leal, 1994):

- Desbridamiento: Durante la preparación biomecánica de los conductos se generan detritos que pueden provocar una respuesta inflamatoria, y gracias a la irrigación estos materiales se pueden expulsar.
- Eliminación de microorganismos: Destacando el NaOCL con capacidad de eliminar también virus y bacterias.
- Disolución de restos pulpares: El NaOCL necesita un mayor tiempo de actuación en una pulpa vital, en comparación con una pulpa necrótica.

Para lograr estos objetivos, el irrigante utilizado debe ser capaz de eliminar tejidos o restos orgánicos, ser lubricante, baja tensión superficial, desinfectante, baja toxicidad, tener capacidad de eliminar el barrillo dentinario y otros factores como disponibilidad, coste, tiempo de almacenaje adecuado y fácil almacenaje (Canalda, 2001).

El barrillo dentinario es un aglomerado de tejido inorgánico, formado por calcio de la dentina y material orgánico formado por colágeno, restos pulpares, fibras mineralizadas, proteínas coaguladas, células sanguíneas y microorganismos. Aunque no existe un consenso en si debemos o no eliminar el barrillo dentinario, la gran mayoría evolucionan en el sentido de eliminarlo, a través de soluciones irrigadoras como el EDTA al 17%, juntamente con el hipoclorito de sodio (Eldeniz *et al.*, 2005).

Existen bacterias con capacidad de sobrevivir y multiplicarse en el barrillo dentinario, reinfectando el sistema de canales. Su eliminación va a dismantelar los biofilmes bacterianos creados junto a las paredes de los conductos, así las bacterias se vuelven más susceptibles a los agentes irrigantes, como el hipoclorito de sodio y la clorhexidina (Patel *et al.*, 2007).

Existen dos factores fundamentales para la importancia de la irrigación en Endodoncia que son el tipo de irrigación y el sistema de colocación del irrigante en los canales. El irrigante debe tener un amplio espectro antibacteriano e eliminación del tejido, siendo el NaOCL la solución con mayor efectividad en este tipo de tratamientos, a pesar de su baja sustentividad y su elevada toxicidad (Dornelles-Morgental *et al.*, 2011).

6. Sistemas utilizados en la irrigación

Las técnicas y los instrumentos como limas rotatorias, localizadores de ápice, nuevas técnicas de obturación,... han ido avanzando para mejorar la desinfección y limpieza de los canales radiculares. La irrigación puede ser manual, a través de una aguja adaptada a la jeringa, o mecánica donde se utilizan instrumentos sónicos, ultrasónicos, así como sistemas de presión negativa. En ambos sistemas su objetivo es la entrada de la solución a lo largo de toda la extensión de los canales principalmente en el tercio apical (Stuart *et al.*, 2006).

La irrigación convencional es la más utilizada hoy en día, permitiéndonos controlar el volumen de irrigante y la profundidad de la aguja. Es importante el diámetro y diseño de la aguja, la profundidad de colocación, el calibre apical, la curvatura y conformación de los canales, la frecuencia de irrigación y las propiedades de la solución (Zehnder, 2006).

Existen diferentes técnicas para mejorar la limpieza de los conductor radiculares a través de la agitación de la solución irrigante que son manuales (diversas agujas, cepillos), mecánicos (cepillos rotatorios, irrigación continua, energía sónica a baja frecuencia, energía ultrasónica simultanea a la instrumentación o de modo pasivo con

una lima K15) y dispositivos de presión alternante (sistema EndoVac de presión negativa, sistemas con cánula abierta a lo largo de su extremo) (Gu *et al.*, 2009).

En la irrigación con jeringa convencional, la limpieza está dependiente de la profundidad que es colocada la aguja pero su eficacia puede ser aumentada con aparatos de ultrasonidos, mejorando la eliminación de detritos (Loiola *et al.*, 2011).

La penetración de los irrigantes en el canal radicular está fuertemente relacionado con el diámetro de la aguja en relación al calibre del preparo apical (Ram, 1977).

Otro factor importante, es la profundidad de la aguja irrigadora en la remoción de residuos del interior de los canales, así como volumen de la solución y superficie de contacto (Senia *et al.*, 1971).

A menor diámetro de aguja, mayor será la fuerza ejercida, aumentando el riesgo de extrusión a través del ápice (Ahmet *et al.*, 2004).

Grossman demostró que la eficacia de la irrigación con NaOCL a 1mm del límite de trabajo, era mayor cuando se alarga el ápice del canal hasta un calibre 60 en comparación con canales con calibre 45 (Grossman, 1943).

En el mercado existen diferentes diseños de agujas para la irrigación en endodoncia. La aguja clásica tiene una abertura en la punta, otras tienen abertura lateral con punta redonda pero todas deben tener una determinada flexibilidad para adaptarse a la curvatura del canal y permitir el retorno del irrigante hacia coronal (Grossman, 1943).

La presión que el irrigante ejerce sobre las paredes facilita la eliminación de tejido, biofilme y microorganismos, y por eso las agujas con abertura lateral parecen tener una efectividad superior cuando las comparamos con las agujas convencionales (Grossman, 1943).

La extrusión de irrigante para los tejidos periapicales es menor en agujas de apertura lateral y el volumen de irrigante está relacionado con la eficacia de la desinfección y limpieza, aunque existe un factor importante que es la presión ejercida por cada profesional, que va a influenciar en el volumen de irrigante que alcanza el tercio apical (Weine, 1997).

Fukumoto *et al.* (2006), utilizó una cánula de aspiración en el tercio apical (presión negativa), simultáneamente a la irrigación, con el fin de remover la *smear layer* y disminuir el riesgo de extrusión a través del ápice, demostrando que la irrigación junto a la aspiración apical permitía remover mayor cantidad de *smear layer* en comparación con la técnica convencional, resultando un menor índice de extrusión a través del foramen apical (Fukumoto *et al.*, 2006).

Según Hocket, no se encontraron diferencias entre el sistema de presión negativa mediante el dispositivo EndoVac, en comparación con la irrigación convencional, tras la inoculación de *Enterococcus faecalis* en los conductos radiculares, la preparación de un canal sin conicidad hasta un calibre 45 y otro canal con conicidad mediante el sistema Pro Taper (Dentsply) hasta el instrumento F3, aumentando hasta un calibre 35 (Hocket *et al.*, 2008).

El sistema EndoVac fue creado con el fin de disminuir el peligro de extrusión apical debido a la presión negativa creada en la largura de trabajo. Está formada por una microcánula con una punta esférica cerrada y 12 microagujeros laterales a 0.7mm del final de la microcánula. La principal función de los microagujeros es aspirar directamente el irrigante a 0.2mm de la largura de trabajo y evitar el entupimiento de la microcánula (Schoeffel, 2007).

Nielsen & Baumgartner (2007) utilizaron este sistema para comparar el efecto de la irrigación en comparación al uso de la aguja de irrigación del sistema Pro Rinse (Dentsply) en dientes recién extraídos. El sistema EndoVac consumió 42.21ml de NaOCL al 5.25%, sin embargo el otro sistema consumió 15.17ml (Nielsen & Baumgartner, 2007).

Hockett *et al.* (2008), comparó *in vitro* la eficacia de la eliminación del *E. faecalis*, a través del sistema EndoVac y el método tradicional de irrigación con una aguja Max-i-probe (Dentsply) de calibre 30 a 1,5mm de la largura de trabajo. Los dientes fueron divididos en 4 grupos e instrumentados con diferentes sistemas y una vez preparados, todos los dientes fueron irrigados con 3ml de NaOCL al 6%, seguido de 1.5ml de EDTA al 17%, continuando con 3ml de NaOCL al 6%. A continuación todos los diente fueron esterilizados e inmersos en una cultura con *E. faecalis* a 37C° durante 30 días, y después de este período se realizó una irrigación final con el sistema EndoVac durante 3 minutos y 30 segundos en 2 de los grupos e irrigación tradicional con aguja Max-i-probe, durante 5 minutos en los otros 2 grupos. Como resultado se observó que la irrigación con el sistema EndoVac obtuvo una acción antimicrobiana superior en relación con el sistema tradicional de irrigación (Hockett *et al.*, 2008).

La frecuencia de irrigación debe aumentar a medida que nos acercamos a la región apical y el volumen debe ser de por lo menos de 1 a 2 ml en cada conducto, irrigando siempre entre limas. Las agujas deben tener un calibre pequeño, no deben permanecer justas a las paredes del canal, utilizándolas con un movimiento de bombeo para disminuir el peligro de extrusión a los tejidos periapicales (Weine, 1997).

Otros sistemas de irrigación como RinsEndo (Dürr Dental), que liberan la sustancia irrigadora a través de una aguja abierta lateralmente, en la cual la punta debe permanecer a 5-6mm más corta que la longitud de trabajo, y que fluye con un caudal de 6.2 ml/min y una vibración de 1.6 Hz, demostrando una mayor eficacia en comparación con la aguja Max-I-Probe calibre 30 (Maillefer), pero a su vez menos eficaz que la agitación manual con la punta de guta percha (McGill *et al.*, 2008).

La vibración ultrasónica a un líquido, produce ondas de choque y crea un movimiento que permite remover los detritos que se encuentran sobre las paredes (Lasala, 1992).

Las limas activadas por el ultrasonido permiten una irrigación activa de los canales radiculares, promoviendo movimientos circulares del fluido alrededor de la lima, mejorando de este modo la limpieza del irrigante. (Munley & Goodell, 2007)

Dentro de la irrigación con ultrasonidos podemos distinguir 2 tipos: una donde la irrigación se realiza simultáneamente con la instrumentación ultrasónica (UI) y otra sin instrumentación simultánea que es de irrigación ultra-sónica pasiva (PUI). En el caso de la UI, la lima toca las paredes del canal radicular, lo cual interfiere en la vibración del instrumento siendo menos efectiva en la eliminación de detritos (Walmsley, 1987).

El sistema PUI permite después de la instrumentación del canal radicular, posicionar un instrumento en el centro del canal, llenarlo de solución irrigadora y mover la lima activando la solución. La lima se mueve con libertad en el interior, ya que el canal fue preparado permitiendo la penetración del irrigante en la región apical (Krell *et al.*, 1988).

Existe un gran desacuerdo en la literatura en lo que respecta a la irrigación ultrasónica a través de ambos métodos (Van Der Sluis *et al.*, 2007).

Las técnicas de presión negativa permiten colocar con seguridad el irrigante próximo al límite de trabajo, sin riesgo de extrusión para los tejidos periapicales, lo cual supone una gran ventaja comparado con la jeringa endodóntica con aguja tradicional (Karin *et al.*, 2007).

7. Sustancias irrigadoras

i. Ácido atilendiaminotetraacético (EDTAC)

Este irrigante está formado por EDTA, cetavión, hidróxido de calcio y agua destilada, se usa en una concentración del 15% y tiene un pH de 7.3-7.4%. El cetavión posee acción antibacteriana y reduce la tensión superficial de la dentina, facilitando la penetración del NaOCL, cuando ambas soluciones se utilizan juntas (Lasala, 1992).

El EDTAC aumenta la permeabilidad dentinaria permitiendo la eliminación de microorganismos y restos orgánicos, facilitando la penetración de medicamentos intraconductos en áreas donde la instrumentación haya sido deficientes (Goldberg & Abramovich, 1997).

ii. **Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)**

El ácido etileno tetracético (EDTA) es un agente quelante que provoca amolecimiento de la dentina debido a su reacción con el calcio. El efecto en la dentina depende del Ph, tiempo de aplicación y concentración. La *smear- layer* es removida con 5 ml de EDTA al 17% durante 3 minutos (Torabinejad & Walton, 2009).

Los agentes quelantes actúan sobre los tejidos calcificados y afectan al tejido periapical, reemplazando los iones de calcio de la dentina, por iones de sodio formando sales más solubles, facilitando el ensanchamiento del conducto porque reblandecen las paredes del conducto (Weine, 1997).

La dentina es un complejo molecular formado por iones calcio, sobre la cual se aplica el quelante (Leonardo & Leal, 1994).

Östby en 1957 describió por primera vez este agente quelante para uso en endodoncia y concluyó a través de investigaciones clínicas e histológicas, que su uso facilitaba el ensanchamiento del conducto y utilizó el microscopio para demostrar los cambios que producían sobre la dentina radicular (Ostby, 1957).

Es el quelante más utilizado en canales atrésicos, ya que actúa sobre las paredes de los canales, desmineralizándolas, y disminuyendo su resistencia ante la acción de los instrumentos endodónticos, facilitando la preparación e instrumentación en los casos más difíciles (Soares & Goldberg, 2002).

Por lo tanto, este agente promueve los siguientes beneficios (Goldberg & Abramovich, 2002):

- Ayuda a limpiar y desinfectar, ya que elimina el barrillo dentinario.
- Facilita la acción de la medicación intracanal debido al ensanchamiento del canal, túbulos dentinarios y permeabilidad de la dentina.

- Promueve la adhesión del material obturador porque condiciona la pared de la dentina.

Este tipo de irrigante presenta unas condiciones de pH óptimas, sin embargo las preparaciones comerciales usan un pH neutro para una mayor solubilidad de la hidroxiapatita, así como una quelación eficaz (Cury *et al.*, 1981).

Puede actuar en profundidad en los canales accesorios y túbulos dentinarios disminuyendo la tensión superficial y aumentando la permeabilidad dentinaria (Zulnilda, 2001).

Para la eliminación de la *smear layer* y tejidos remanescents, la irrigación inicial debe ser con NaOCL con concentraciones que varían entre 0.5-5.15% y finalizar con EDTA al 17%. (Zhang *et al.*, 2010)

Bystrom *et al.*, en 1985, demuestra que la acción antibacteriana es mayor cuando se combina el NaOCL junto el EDTA, permitiendo que el canal quedé libre de restos desbridados (Bystrom & Sundqvist, 1981).

Dogan y Yamada afirman que es necesario usar agentes quelantes, antes y después de la instrumentación, seguido de algún solvente de tejido. Hoy en día el método más aceptado para la eliminación del barrillo dentinario es la irrigación del conducto con EDTA seguido de NaOCL, con el fin de conseguir túbulos dentinarios y accesorios limpios y permeables, permitiendo una mejor adhesión y adaptación de los materiales de obturación en las paredes dentinarias. (Zhang *et al.*, 2010)

Serper y *col*, concluyeron que la cantidad de fósforo liberado de la dentina era mayor con el incremento de la concentración y tiempo de exposición de EDTA cuando compararon los efectos de la concentración y variación de pH de EDTA en la desmineralización de la dentina, siendo más efectivo a un pH neutro (Serper & Calt, 2002).

Sin embargo, su aplicación durante 10 minutos provoca erosión de la dentina peritubular e intertubular, debido a una excesiva abertura de los túbulos (Serper & Calt, 2002).

En un estudio realizado por Zhang se demostró que en dentina no tratada, la resistencia era disminuida en más de la mitad de su valor inicial, cuando se utilizaba NaOCL durante una hora al 5.25%, ya que confiere fragilidad a la capa de cristales de apatita que no está soportada por la matriz de colágeno, lo cual provoca disminución en la dureza y mayor fragilidad de la raíz en dientes tratados endodónticamente. Sin embargo durante el uso de EDTA al 17% como irrigante final, la resistencia no era disminuida (Zhang *et al.*, 2010).

Guignes *et al.*, consideran que pueden existir cambios en la permeabilidad de la dentina radicular durante la preparación biomecánica y que con el uso del EDTA, esta condición aumenta considerablemente (Guignes *et al.*, 1996).

Heiling *et al.*, estudió el efecto antimicrobiano de varias soluciones irrigadoras solas y combinadas dentro de los túbulos dentinarios, concluyendo que el EDTA por sí solo, no tiene efecto sobre los microorganismos Gram positivos en comparación con agentes como la clorhexidina (Heiling & Chandler, 1998).

Huque *et al.*, compararon la efectividad del NaOCL al 5.5% y 12% y EDTA al 15%, en la irrigación ultrasónica intraconducto. Los resultados demostraron que la irrigación ultrasónica con EDTA al 15% no es capaz de eliminar los microorganismos de las superficies radiculares infectadas (Huque *et al.*, 1998).

La asociación entre NaOCL y EDTA muestra eliminación de *smear layer* y túbulos abiertos en el tercio apical, que es donde existen más ramificaciones y donde se aíslan los microorganismos más virulentos (Brito, 2009).

La irrigación final con EDTA al 17% seguida de NaOCL al 5.25% permite una buena difusión y una efectiva acción quelante sobre la hidroxiapatita de los túbulos dentinarios (Bramante & Bettil, 2000).

La irrigación con EDTA va a permitir la eliminación de la *Smear layer* al final de la instrumentación, antes de la medicación intracanal u obturación final del conducto. En los tratamientos de dientes con pulpa necrosada, este barrillo dentinario (*smear layer*) contiene microorganismo y va a reducir la permeabilidad dentinaria, dificultando la acción de los fármacos usados en el interior del conducto entre sesiones (Soares & Goldberg., 2002).

En una investigación realizada por Saito en dientes extraídos, demostró que la irrigación durante 1 minuto de EDTA al 17% eliminaba una cantidad de residuos más elevada en comparación con tiempos más cortos (Saito *et al.*, 2008).

Técnica de uso del EDTA (Soares & Goldberg, 2002)

- Preparar el EDTA
- Introducir en los canales atresiadados con ayuda de un instrumento endodóntico
- Agitar el instrumento endodóntico para que el EDTA entre en contacto con las paredes del canal y esperar 2 a 3 minutos.
- Conformación del conducto y repetir la aplicación del EDTA en caso necesario.

iii. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un ácido orgánico que se utiliza al 10%, muchas veces asociado al NaOCl, con el fin de eliminar la *smear layer*, abrir los túbulos dentinarios y ejercer su acción antimicrobiana (Sperandio *et al.*, 2008).

La utilización del ácido cítrico al 10% junto el NaOCL al 2,5%, es eficaz en la remoción de la *smear layer* en la porción coronal y media del canal radicular, pero apenas existen diferencias, en comparación del ácido cítrico al 10% junto el EDTA al 17% (Heredia *et al.*, 2006).

El ácido cítrico tiene una acción descalcificante y su mayor eficacia es a los tres minutos de uso, aunque esta no aumenta en concentraciones más elevadas (López & Aguillar, 2006).

Wayma y col., irrigaron los canales con ácido cítrico al 20% durante la instrumentación, asociado al hipoclorito de sodio al 2,6% y una irrigación final al 10%, obteniendo excelentes resultados (Wayman *et al.*, 1979).

Baumgartner et al, evaluaron la cantidad de restos pulpares después de la preparación biomecánica con 6 soluciones diferentes y la más eficaz fue la irrigación con ácido cítrico o el uso alternado de NaOCL con ácido cítrico (Baumgartner *et al.*, 1984).

Gaberoglio y Becce, también evaluaron la eficacia del ácido cítrico, para la eliminación de la smear layer en 53 dientes extraídos, irrigándolos con 6 soluciones diferentes, demostrando que el NaOCL al 1 y 5% eliminaban el barrillo dentinario, sin embargo el EDTA al 0.2% era más eficaz, mientras que el ácido cítrico lo eliminó completamente (Garberoglio & Becce, 1994).

Hennequin y cols., demostraron que las soluciones con un pH que oscilaba entre 0.8 y 1.3, tenían el mismo efecto sobre la dentina radicular (Hennequin & Douillard, 1995).

Estudios realizados por Yamaguchi y col, demostraron la capacidad antibacteriana y limpieza del canal de todas las concentraciones de ácido cítrico cuando era alternado con el NaOCL (Yamaguchi *et al.*, 1996).

El uso del ácido cítrico al 10% por más de un minuto provoca una descalcificación mayor que el EDTA al 17% (Khedhat & Shokouhinejad, 2008).

En un estudio realizado por Heredia, evaluó la capacidad descalcificante del EDTA al 15%, ácido cítrico al 15%, ácido fosfórico al 5% y del NaOCL al 2.5%, sobre la dentina radicular durante 5, 10 y 15 minutos, realizando cortes en la dentina de dos milímetros de espesura, concluyendo que el ácido cítrico, el ácido fosfórico y el EDTA descalcificaban de forma más notoria los primeros cinco minutos, y que el ácido cítrico y el EDTA eran más eficaces en comparación con el ácido fosfórico (Heredia *et al.*, 2006).

La acción del ácido cítrico es comparable a la acción del EDTA, presentando una buena estabilidad química cuando se usa de forma alternada con el NaOCL (Di Lenarda *et al.*, 2000).

iv. Alcohol

Este tipo de soluciones se utilizan en pequeñas cantidades como irrigantes finales para secar el conducto y eliminar restos de otros productos utilizados durante la irrigación, debido a su baja tensión superficial (Soares & Goldberg, 2002).

v. Detergentes sintéticos

Son sustancias químicas similares al jabón, que desempeñan la acción de limpieza debida a su baja tensión superficial, penetrando en las cavidades, atrayendo a los residuos hacia la superficie y manteniéndolos en suspensión (Simoes & Leal, 1965).

La baja tensión superficial permite que penetren en los túbulos dentinarios laterales y colaterales humedeciendo las paredes, virutas de dentina, bacterias y restos orgánicos. Para ello es necesario que el detergente proporcione los siguientes efectos (Ringel, 1982):

- Acción humectante: permanece alrededor del residuo, por lo tanto se produce un humedecimiento del mismo.
- Acción emulsionante: mantiene el residuo en suspensión estable.
- Acción solubilizante: tanto del residuo polar como en medio de las micelas.
- Acción espumante: facilitando la separación del residuo y del substrato, creando una capa de aire aislante.

Los detergentes actúan en los procesos de lubricación, humedecimiento, emulsificación, solubilización, además de reducir la tensión superficial de las paredes del canal para mejorar el contacto con el material obturador (Leonardo & Leal, 1994).

Gracias a su baja tensión superficial y porque no coagulan la albúmina, penetran en todas las concavidades y canalículos, manteniendo los microorganismos en suspensión, que posteriormente serán eliminados por una nueva irrigación y aspiración (Simoes & Leal, 1965).

En 1967, evaluaron la eficacia de “lauril dietilenoglicol sulfato de sodio”, un detergente aniónico conocido comercialmente como Tergentol. Los resultados demostraron que esta solución no era suficiente para la desinfección de dientes infectados, ya que se trata de una solución que carece de poder bactericida (Leonardo, 1967).

Leonardo y col, irrigaron los canales radiculares en biopulpectomias y mantuvieron la vitalidad pulpar en todos los casos analizados, demostrando su importancia en los caso de biopulpectomías, ya que se necesita una solución inocua para los tejidos vivos además de una acción de limpieza (Leonardo, 1973).

vi. Gluconato de clorhexidina (CHX)

La CHX es una solución bacteriostática y bactericida, de acción prolongada debido a su capacidad de adhesión a las superficies, siendo muy utilizada para el control de la placa bacteriana y la gingivitis, así como para la irrigación de los canales radiculares (Soares & Goldberg, 2002).

Su estructura molecular de bisguanida catiónica se relaciona con el mecanismo antimicrobiano, provocando muerte celular debido a la filtración de componentes intracelulares a través de la membrana citoplasmática (Lin *et al.*, 2003).

Su sustentividad, amplio espectro y baja toxicidad, hacen que se trate de una solución muy adecuada para la irrigación y aplicación de apósitos en endodoncia (Weber *et al.*, 2003).

Algunos autores afirman que la síntesis de proteínas es afectada por el aumento de la concentración de la clorhexidina, que junto el aumento de la permeabilidad celular

debido a su afinidad por las cargas negativas de los radicales orgánicos, constituyen su mecanismo de citotoxicidad (Purcher & Daniel, 1992).

Se utiliza al 0.12 % o 2%, como irrigante endodóntico, con propiedades antibacterianas similares al NaOCl y continúa su liberación durante 48 a 72 horas posteriores a su utilización (Jeansonne & White, 1994).

Ayhan en 1994, observó *in vitro* que la irrigación con CHX al 0.2% era bactericida en comparación con una solución salina (Ayhan *et al.*, 1999).

El gluconato de clorhexidina presenta gran efectividad contra el *S. Mutans* y el *Lactobacillus*, debido a su interacción en la membrana citoplasmática. Su uso al 0.2-2%, va a provocar una reducción de las bacterias (Cunha *et al.*, 2005).

La CHX es un antimicrobiano biocompatible y efectivo contra microorganismos capaces de vivir en un medio con pH muy alcalino, siendo efectivo por sí sola ante bacterias Gram positivas y negativas, ya que es absorbida por los tejidos y liberada de forma prolongada y gradual (Podbielski *et al.*, 2003).

Tanomaru Filho *et al.*, evaluaron la respuesta inflamatoria del NaOCl al 0.5% y de la CHX, demostrando que el NaOCl provocaba respuesta inflamatoria y la CHX era biocompatible, sugiriéndola como alternativa o complemento durante la preparación biomecánica (Tanomaru *et al.*, 2002).

Puede ser utilizado como irrigante y desinfectante de los canales radiculares, ya que posee un amplio espectro antimicrobiano, reduciendo la colonización por *Enterococcus faecalis* (Komorowski *et al.*, 2000).

Se usa en combinación con el NaOCl, para potenciar su acción concomitante gracias a su acción antimicrobiana. Pero su asociación puede provocar la formación de un precipitado ya que la CHX es dadora de protones y el NaOCl acepta los protones, provocando así una reacción ácido-base. Para evitar la formación de dicho precipitado,

se recomienda lavar bien los restos de NaOCL con una solución desmineralizante como por ejemplo ácido cítrico al 15% (Akisue *et al.*, 2010).

Al tratarse de una molécula catiónica, interrumpe la integridad de la membrana citoplasmática, ejerciendo su actividad antibacteriana en la mayoría de las especies bacterianas aisladas en conductos radiculares infectados (Lima *et al.*, 2001).

Según Moliz, el NaOCL al 0.1% fue el más eficaz ante el *Enterococcus faecalis* pasado 1 minuto, en comparación con la CHX al 4% que fue eficaz tras 5 minutos, mientras que soluciones como el EDTA, ácido cítrico al 25% y ácido fosfórico fueron ineficaces (Arias *et al.*, 2009).

En un estudio realizado por Gomes, para comprobar la destrucción del *Enterococcus faecalis* a través de diferentes concentraciones de NaOCL (0.5, 1, 2.5, 4 y 5.25%) y de CHX en gel y en solución (0.2, 1 y 2%), demostró que la CHX en gel tardaba 15 minutos en alcanzar su efecto, mientras la solución líquida funcionaba en tan solo 30 segundos. Por otro lado el NaOCL al 2.5% necesitaba 10 minutos, mientras que al 5.25% actuaba en 30 segundos, siendo este último más eficaz en dientes infectados como es el caso de dientes con periodontitis (Gomes *et al.*, 2001).

La penetración en los túbulos dentinarios es más efectiva que el NaOCL, debido a que su tensión superficial es menor (Weber *et al.*, 2003).

En un estudio realizado por Leonardo y col, se confirmó la actividad antimicrobiana con efectos residuales en los canales radiculares hasta 48 horas después de su aplicación, en dientes con necrosis pulpar y lesiones periapicales crónicas visibles radiográficamente (Leonardo *et al.*, 1999).

La substantividad de la CHX se debe a su capacidad de unirse a la hidroxiapatite de la dentina y posteriormente lenta liberación, protegiendo el canal de la colonización bacteriana (Karale *et al.*, 2011).

Ringel et al., demostró que el uso de NAOCL al 2.5% tenía mayor efectividad que el gluconato de clorhexidina al 0.2% (Ringel, 1982).

Se considera una opción más entre las soluciones irrigantes, pero a pesar de ser un antiséptico eficaz, no posee capacidad de disolver el tejido orgánico (Soares & Goldberg, 2002).

La CXH tiene una actividad antimicrobiana eficiente, y su substantividad impide el crecimiento bacteriano aunque no es eficaz en la disolución tecidual, siendo utilizado como co-adyuvante en la irrigación (Weber *et al.*, 2003).

vii. Hidróxido de calcio en agua

Esta solución gracias a su pH puede neutralizar medios ácidos y presenta un elevado poder bactericida. Su principal indicación es en biopulpectomias en la cual no se consiguió un ensanchamiento de los canales radiculares (Leonardo & Leal, 1994).

Autores recomendaron el uso de hidróxido de calcio en agua alternándolo con agua oxigenada, ya que su alcalinidad es incompatible con la vida bacteriana, favoreciendo la reparación apical (Lasala, 1992).

Peters y cols, observaron que la disolución del hidróxido de calcio limita pero no previenen el crecimiento bacteriano cuando se utilizó como irrigante (Peters *et al.*, 2002).

viii. Hipoclorito de sodio (Na OCl)

viii.1 Características del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCL) es el compuesto halogenado más popular utilizado en endodoncia para la irrigación de los canales radiculares, desde principios del S. XX (Serper *et al.*, 2004).

Su principal función es disolver restos de tejido pulpar, tanto vital como necrótico, además de tratarse de un potente agente antibacteriano, con alto poder citotóxico (Mhera *et al.*, 2000).

Durante muchos años, ha sido utilizado como irrigante para la desinfección y limpieza de los canales radiculares en el tratamiento endodóntico, siendo un agente efectivo contra un amplio espectro de microorganismos como Gram Positivo, Gram Negativo, hongos, esporas y virus, incluyendo el virus de la inmunodeficiencia adquirida (Cohen, 1999).

Comercialmente disponemos de concentraciones que varían del 3 al 5.25% con un pH en torno al 12%, lo que hace que la solución sea tóxica y cáustica para los tejidos (Becking, 1991).

Es importante verificar si dentro de esa amplia gama de concentraciones existen diferencias en cuanto su utilización clínica. Siqueira y cols., no encontraron diferencias significativas en la utilización del NaOCL al 1%, 2.5% y 5.25% en cuanto la reducción *in vitro* del *Enterococcus faecalis* (Siqueira *et al.*, 1999).

Aunque muchos trabajos demuestran que el NaOCL al 5.25% posee un efecto antibacteriano e un poder de disolución de materia orgánica mayor. (Spangberg *et al.*, 1973), confirmando que existe relación entre la concentración y citotoxicidad del NaOCL (Tanomaru *et al.*, 2002).

Lo ideal sería la combinación del efecto máximo antimicrobiano con la mínima citotoxicidad (Byström & Sundqvist, 1981).

Su actividad antimicrobiana está relacionada con la concentración al que se utiliza, es decir, a mayor concentración se necesita menor tiempo (Gomes *et al.*, 2001).

Otros agentes similares al NaOCL como el NaDCIC (diclorosocianurato de sodio) han sido evaluados *in vitro* consiguiendo similares resultados tanto en su efecto bactericida como es su toxicidad (Heiling *et al.*, 2001).

La irrigación del canal radicular permite la lubricación y eliminación de bacterias y tejido necrótico del interior del conducto. La utilización del hipoclorito de sodio como solución irrigadora, es común en la práctica endodóntica (Erdemir *et al.*, 2004).

La degradación de ácidos gordos y su transformación en jabón y glicerol, reducen la tensión superficial de la solución, ya que actúa como solvente de la materia orgánica y de las grasas (Estrela *et al.*, 2002).

Las propiedades del hipoclorito de sodio son (Canalda, 2001):

- Baja tensión superficial
- Neutraliza los productos tóxicos
- Acción antimicrobiana
- Lubrifica el conducto, por lo tanto, favorece la instrumentación
- Ph alcalino, en torno 12
- Deshidratación y solubilización de las sustancias proteicas
- Acción detergente

Existen una serie de desventajas en la utilización del NaOCL (Cohen, 1999):

- Irritación de los tejidos blandos y periapicales
- Corrosión del instrumental
- No remueve el barrillo dentinario
- No diferencia entre tejido vital y necrótico
- Poco efectivo ante algunos microorganismos

El elevado pH que presenta el NaOCL al 5.25%, lo convierte en un peligroso irritante para los tejidos periapicales, con gran efecto caustico, por lo que se debe extremar la precaución en el momento de la irrigación de los conductos radiculares, ya que puede originar un daño severo en los tejidos periodontales y altamente nocivo (Serper *et al.*, 2004).

El hipoclorito de sodio no tiene capacidad de eliminar la *smear layer* por eso debe usarse en combinación con otras sustancias como el EDTA, que tiene efectividad en la remoción de esta, cuando es utilizada al 17% durante 1 minuto (Byström & Sundqvist, 1981).

Ringel concluyó que la solución de NaOCL al 2.5% fue más eficaz que la clohexidina al 0.2% durante el tratamiento de dientes con necrosis pulpar (Ringel *et al.*, 1982).

Jeansonne y White, compararon la actividad antimicrobiana de la clorhexidina al 2% con el NaOCL al 5.25% in vitro, obteniendo mejores resultados en los dientes tratados con clorhexidina (Jeansonne & White, 1994).

En un estudio comparativo sobre anaerobios gran negativos, de la eficacia del NaOCL al 5.25% y la clorhexidina al 0.2%, encontrados en dientes con lesión periapical crónica, se corroboró la acción bactericida de ambas soluciones (D'Arcangelo & Varvara, 1998).

El hipoclorito de sodio tiene capacidad de disolver la pulpa además de actuar como agente antimicrobiano (Estrela *et al.*, 2002).

En un estudio realizado en ratones, se observó el poder de disolución del NaOCL en varias concentraciones, en comparación con solución salina, agua destilada o peróxido de hidrógeno al 3%, resultando el NaOCL al 5.25% más efectivo en la disolución de tejido necrótico, cuando comparada con el resto de las soluciones (Hand *et al.*, 1978).

Sin embargo, el hipoclorito de sodio además de ser incapaz de eliminar la *smear layer*, ni todas las bacterias del interior de los conductos, por lo que deben utilizarse junto a otras soluciones (Haznedaroglu, 2003).

Los dientes tratados endodónticamente pueden fracturar con mayor facilidad debido a una disminución de la resistencia a la flexión, dureza, módulo de elasticidad de la dentina que son alterados debido a la eliminación de compuestos orgánicos por la acción del NaOCL (Zhang *et al.*, 2010).

La dentina está formada por 30% de matriz orgánica, especialmente tipo I que proporciona elasticidad, dureza y resistencia a la fatiga. En medio de la dentina inter e intra tubular se encuentra las fibrillas de la matriz de colágeno que protegen la dentina mineralizada de la desnaturalización térmica y la degradación enzimática (Zhang *et al.*, 2010).

El uso del NaOCL al 5.25% provoca la degradación y/o eliminación del colágeno de la dentina desmineralizada, removiendo la parte orgánica, y así facilitando la penetración del EDTA en la dentina inter y peritubular (Zhang *et al.*, 2010).

Esta solución tiene efecto bactericida contra anaerobios, aerobios y anaerobios facultativos, hongos y esporas como *Cándida Albicans* y virus incluyendo VIH, HSV-1 y 2, y hepatitis A y B (Siqueira *et al.*, 1998).

Además de ser un agente antibacteriano, abre los tubulos dentinarios, aumenta la permeabilidad e actúa como lubricante, con el inconveniente de su gran toxicidad en caso de inyección más allá del foramen apical (Davis *et al.*, 2007).

Byström & Sundqvist, observaron una reducción del 50% en la cantidad de bacterias, durante la preparación biomecánica del canal radicular utilizando una solución sin efecto antiséptico. Sin embargo, la reducción bacteriana fue del 80%, cuando fue adicionado NaOCL al 0.5% (Byström & Sundqvist, 1981).

En otro estudio, se analizó el efecto antimicrobiano *in vitro* sobre el *E. Faecalis* a través de diferentes concentraciones de NaOCL. Fueron necesarios 10 y 30 minutos respectivamente cuando se utilizó el NaOCL a 2,5% y 0.5%, sin embargo este microorganismo fue eliminado en menos de 30 segundos cuando la concentración de la solución era del 5.25% (Gomes *et al.*, 2001).

El NaOCL elimina las fibras de colágeno, el EDTA elimina la *smear layer* y los restos de NaOCL, el alcohol seca el canal. No se debe asociar el NaOCL con CHX ya que crea un precipitado de gran toxicidad (Kishen *et al.*, 2008).

La luz, el aire y ciertos metales pueden degradar el NaOCl así como el tiempo de almacenamiento y la temperatura, alterando sus propiedades (Gambarini *et al.*, 1998).

El calentamiento del NaOCl aumenta su efecto bactericida pero hay que tener precaución cuando se calienta a 37° C porque su estabilidad no dura más de 4 horas, iniciándose su degradación (Pascon, 2009).

Ayhan y cols., a través de un estudio sobre placas de petri demostraron que el NaOCl al 5.25% provocaba una inhibición bacteriana mayor que al 0.5% (Ayhan *et al.*, 1999).

El NaOCl no elimina la población bacteriana al completo en el canal radicular, simplemente consigue disminuirla, ya que no tiene capacidad por sí solo de alcanzar todas las partes del conducto (Tobón, 2003).

Thé en 1979, observó que el NaOCl tenía una acción disolvente sobre el tejido necrótico pero que la combinación de NaOCl con H₂O₂, no aumentaba su acción solvente, por lo tanto no recomendó su uso en combinación (Thé, 1979).

Puede y ha sido utilizado en combinación con otros agentes irrigantes como peróxido de hidrógeno, agentes quelantes y gluconato de clorhexidina al 2% (Mérida & Díaz, 1999).

La combinación del NaOCl con el ultrasonido, permite el calentamiento de la sustancia irrigadora y una mayor limpieza debido a la eliminación de restos dentinarios (Cunningham *et al.*, 1982).

viii.2 Complicaciones en el uso del NaOCl

El NaOCl tiene un Ph entre 11 Y 12.9, lo cual provoca oxidación de las proteínas, daños en las células endoteliales y fibroblastos e inhibición de la migración de neutrófilos. La toxicidad que provoca es dependiente de la concentración utilizada. De la respuesta del huésped, así como de la vía de entrada. Una solución al 0.5% es menos

irritante que al 5%, así como sus propiedades antimicrobianas son más reducidas (Juarez, 2001).

- Quemaduras en los ojo y en la piel: lavar con agua o con una solución salina estéril de forma abundante durante 20 minutos y acudir al hospital
- Paso de NAOCL para los tejidos perirradiculares: Se produce un dolor intenso e inflamación dependiendo de la concentración y cantidad utilizada. En ocasiones puede estar acompañada de equimosis, hematoma. Recetar antibiótico y analgésicos, así como la colocación de compresas frías durante las primeras 24 horas, continuando con compresas calientes con el fin de estimular la circulación.
- Inyección de NAOCL por confusión del anestésico: Se produce trismos, edema y dolor intenso. Recetar antibióticos y analgésicos, y enviar para el hospital.
- Alergias: Antihistamínicos y corticoides (Tobón, 2003).

La gravedad del extravasamiento a través del periápice depende del área afectada y de la destrucción de los tejidos, provocando dolor fuerte, edema, hematomas, necrosis, absceso, e incluso en ocasiones parestesia, causadas por el efecto oxidante del NaOCL en los tejidos vitales (Reeh & Messer, 1989).

Para prevenir este tipo de complicaciones debemos de seguir unas pautas (Juarez, 2001):

- Isolamiento absoluto.
- La aguja de irrigación no debe entrar holgada y quedar a 2-3 mm de la longitud de trabajo.
- No ejercer presión en la irrigación
- En caso de ápices inmaduros, reabsorciones patológicas, perforaciones accidentales, no utilizar NAOCL
- Tener precaución en pacientes con alergias a productos de limpieza.
- Identificar los anestubos que son cargados con NaOCL

El protocolo de actuación ante un accidente con NaOCL es el siguiente (Caliskan *et al.*, 1994):

1. Anestesiarse inmediatamente al paciente
2. Lavar con una solución salina el conducto
3. Inyectar de forma infiltrativa con un cortico esteroide en la mucosa del diente tratado por vestibular
4. Administrar un analgésico por vía oral
5. Prescribir un antibiótico para evitar infección
6. Aplicar compresas frías en el lado afectado durante horas y posteriormente compresas tibias para activar la circulación.

La complicación más común es la inyección de NaOCL en los tejidos periapicales durante la irrigación de los canales, lo cual va a provocar, dolor, inflamación, edema y hematomas (Becking, 1991).

ix. Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

El peróxido de hidrógeno al 3% se utiliza en la limpieza de la cámara pulpar en las pulpectomias, favoreciendo la hemostasia aunque su poder antiséptico es reducido (Soares & Goldberg, 2002).

Su mecanismo de acción se trata de la reacción de iones superoxidantes que producen radicales hidroxilos que atacan la membrana lipídica, ADN y otros componentes celulares (Heling *et al.*, 1999).

Su uso en endodoncia es debido a la formación de burbujas cuando contacta con los tejidos, expulsando los restos hacia el exterior y la liberación de oxígeno que destruye los microorganismos anaerobios estrictos (Heiling *et al.*, 1999).

Se trata de un irrigante de elección cuando existen perforaciones o cuando se destruye la constricción apical, al tratarse de una solución floja que afecta menos a los tejidos

periapicales, a pesar de que no se debe utilizar como último irrigante, porque al cerrar puede quedar atrapado oxígeno, aumentando la presión, por lo tanto se debe irrigar con NaOCL para que reaccione con el peróxido y libere el resto del oxígeno (Weine, 1997).

x. Solución salina

Ha sido recomendada por pocos autores a pesar de no producir daños en el tejido ya que remueve los detritos de forma débil del interior de los canales (Lasala, 1992).

Su efecto antibacteriano es mínimo cuando lo comparamos con el hipoclorito de sodio y el peróxido de hidrógeno, a pesar de ser el irrigador más biocompatible, utilizándose como última solución irrigadora cuando queremos eliminar el líquido anterior (Hülsmann, 1998).

Sin embargo, Byström y Sundqvist, demostraron que la instrumentación manual e irrigación con solución salina, reducía considerablemente el conteo de bacterias (Byström & Sundqvist, 1981).

Otros autores evaluaron la eficacia de esta solución comparando la instrumentación manual con limas K de acero inoxidable y conicidad 0.04 y la instrumentación rotatoria con Níquel-Titano, demostrando que con ambas técnicas disminuía el número de bacterias, independientemente de la lima utilizada (Clark *et al.*, 1999).

Siqueira *et al.*, observaron reducción bacteriana en canales infectados por *E. faecalis* utilizando la acción mecánica de tres técnicas de instrumentación, utilizando como irrigante solución salina (Siqueira *et al.*, 1999).

Su función es limpiar y eliminar saliva, sangre y restos de material, con acción lubricante (Clark *et al.*, 1999).

8 Protocolo de irrigación (Hülsmann, 1998)

- La irrigación debe ser frecuente a lo largo de todo el tratamiento.
- Durante la instrumentación se aconseja el uso de NaOCL junto un lubricante que contenga EDTA.
- Cada vez que se pase una lima de diferente calibre se recomienda irrigar el conducto con una aguja delgada que penetre hasta 2mm de la región apical para evitar la inyección a los tejidos periapicales.
- La irrigación debe ser lenta y a baja presión, con volúmenes grandes de 2 a 5 ml por conducto. En la irrigación final se recomienda 10 ml de NaOCL, seguido de EDTA durante 2 o 3 min. o ácido cítrico al 10%, finalizando con 10 ml de alcohol (Zaccaro *et al.*, 2000).
- Una vez finalizada la irrigación, secar con puntas de papel equivalentes a la lima principal apical.

III. Conclusión

El objetivo de este trabajo fue una revisión bibliográfica acerca la irrigación en endodoncia, de su importancia en el tratamiento, mecanismos, efectos y comparación de las diferentes sustancias irrigadoras.

La mayoría de las patologías endodónticas son debidas a la presencia de bacterias, que penetran a través de los túbulos dentinarios hacia el interior, provocando la inflamación de los tejidos periodontales a través del orificio apical y conductos laterales.

Durante muchos años se consideró que la irrigación de los canales radiculares era una parte poco relevante del tratamiento endodóntico.

Hoy en día se sabe que la irrigación de los canales radiculares es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico.

La irrigación con agentes antimicrobianos es una práctica habitual y obligada, ya que la instrumentación por si sola sea manual o rotatoria, no puede eliminar los microorganismos del interior de los conductos.

Para obtener una buena adhesión y penetración de los selladores en los túbulos dentinarios, es necesario eliminar la capa residual.

La efectividad de la irrigación está relacionada con la capacidad de remoción de tejido orgánico e inorgánico, frecuencia, volumen utilizado, temperatura y cercanía a la constricción apical.

Ninguna de las sustancias irrigadoras cumple los requisitos de forma independiente, y por lo tanto su combinación trata de alcanzar lo que se considera una irrigación ideal.

El NaOCL es el irrigante más utilizado en endodoncia por sus propiedades antibacterianas, lubricantes y disolvente de tejido y su uso junto a sustancias quelantes ofrecen una limpieza del canal correcta.

Puede degradarse por la luz, el aire, la temperatura y tiempo de almacenaje puede afectar de forma negativa a sus propiedades.

El EDTA, a pesar de no tener un efecto antibacteriano importante, tiene importante función en la remoción de detritos y de la *smear layer*, siendo importante en la preparación de las paredes del canal para la obturación.

El método de elección para remover detritos y la capa residual es irrigar con 10ml de EDTA al 15 % o 17%, continuando con 10ml NaOCL entre el 2.5% y 5.25%

Las sustancias quelantes además de ayudar a la limpieza y desinfección de las paredes, aumentan el diámetro de los túbulos dentinarios, promoviendo la adhesión del material obturador a las paredes dentinarias.

La utilización de quelantes en canales calcificados debe ser cuidadosa y a través de limas de pequeños calibres y a medida que se va ganando longitud, realizar radiografías para evitar perforaciones o desplazamientos del conducto

La combinación de hipoclorito de sodio al 5% y el EDTA al 17% o ácido cítrico al 10%, mejora la preparación biomecánica de los canales radiculares, ya que remueve la materia orgánica e inorgánica para posteriormente obturar.

Es importante conocer las características y propiedades de cada uno de los irrigantes utilizados en endodoncia, para escoger el más apropiado.

La combinación con ultrasonido mejora el efecto antibacteriano y permite obtener conductos más limpios.

IV. Bibliografía

Abou-Rass, M., *et al.* (1982). Preparation of space for posting: effect on thickness in molars. *JADA*, 104, pp. 834-837;

Adcock, J. (2011). Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *Journal of Endodontics*, 37(4), pp. 544-548;

Ahmet, S., Özbek, M., Çalt, S. (2004). Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment . *J Endod.*, 30, pp. 180-181;

Akisque, E., *et al.* (2010). Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation. *JOE*, 36(5), pp. 847-850;

Albrecht, L.J., Baumgartner, J.C., Marshall, J.G. (2004). Evaluation of apical *debris* removal using various sizes and tapers of Profile GT files. *JOE*, 30(6), pp. 425-428;

Al-Omari, M.A.O., *et al.* (1992). Comparison of six files to prepare simulated root canal. *Int Endod J.*, 25(2), pp. 67-81;

Alves, F. (2004). Compreendendo a etiologia microbiana das infeccções endodónticas. *Rev Biocien Taubaté*, 10(1-2), pp. 67-71;

Andersen, M., *et al.* (1992). In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Dental Traumatology*, 8(378), pp. 104-8;

Arias, M.T., *et al.* (2009). Enterococcus faecalis biofilms eradication by root canal irrigants. *JOE*, 35(5), pp. 711-14;

Auerbach, M. B. (1953). Antibiotics vs. Instrumentation In endodontics. *Dent J.*, 19, pp. 225-228;

Ayhan, H., *et al.* (1999). Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*, 32(2), pp. 99-102;

Baker, N., *et al.* (1975). Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *JOE*, 1(4), pp. 127-135;

Bascones, A. (1998). *Tratado de Odontología*. Madrid, Trigo;

Baumgartner, J., *et al.* (1984). A scanning lectron microscopie evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *JOE*, 10(11), pp. 525-531;

Becking, A. (1991). Complications in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*, 71(3), pp. 346-348.

Beer, R., Baumann, M., Kim, S. (1998). *Atlas de Endodoncia*. Barcelona, Masson.

Beeson, T.J., *et al.* (1998). Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod*, 24(1), pp. 18-22;

Berutti, E., Marini, R., Angereti, A. (1997). Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod*, 32(12), pp. 725-27;

Bramante, C.M., Betti, L.V. (2000).Comparative análisis of curved root canal preparation using nickel-titanium instruments with or without EDTA. *J Endod*, 26(5), pp. 278-80;

Brito, P., *et al.* (2009). Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enteococcus faecalis* populations: an *in vitro* study. *Journal of Endodontics*, 35(10), pp. 1422-1427;

Byström, A., Sundqvist, G. (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Europeam Journal of Oral Sciences*, 89(4), pp. 321-328;

Caliskan, M., Turkun, M., Alper, S. (1994). Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy: acase report. *Int Endod Journal*, 27(3), pp. 163-167;

Canalda, C., Sahli, E., Brau, A. (2006). *Endodoncia-Técnicas Clínicas y Bases Científicas*. Barcelona, Massson.

Carvalho, M. G., *et al.* (2003). Avaliação do teor de cloro activo presente em soluções de hipoclorito de sódio após armazenamento. *Stomatos*, 9(16), pp. 29-35;

Chávez de Paz, *et al.* (2003). Bacteria recovered from teeth with apical periodontitis after antimicrobial endodontic treatment, *International Endodontic Journal*, 36(7), pp. 500-8.

Clark, D., *et al.* (1999). Reducción bacteriana con instrumentación rotatoria con níquel-titanio. *Endodoncia*, 17(1), pp. 46-54;

Clem, W.H. (1969). The adolescent patient. *Dent Clin N Am.*, 13(2), pp. 483-493;

Cobankara, F.K, *et al.* (2004). In vitro antibacterial activities of root-canal sealers by using two different methods. *J Endod*, 30(1), pp. 57-60;

Cohen, S., Burns, R.C. (1999). *Vías de la Pulpa*. Madrid, Harcourt;

Cunha, C., Barcelos, R., Primo, L. (2005). Soluções irrigadoras e materiais obturadores utilizados na terapia endodóntica de dentes deciduos. *Pesquisa Brasileira de Odontopediatria e Clínica Integrada*, 5(1), pp. 75-83;

Cunningham, W., *et al.* (1982). A comparison of antimicrobial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*, 54(2), pp. 238-41;

Cury, J.A., Bragotto, C., Valdrighi, L. (1981). The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin: Influence of Ph. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*, 52(4), pp. 446-8;

D'Arcangelo, C., Di Nardo Di Maio F., Varvara, G. (1998). Alpha-hemolytic streptococci and root canal irrigants. An evaluation of the bactericidal efficacy of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate plus cetrimide. *Minerva Stomatol.*, 47(9), pp. 367-71.

Davis, J.M., Maki, J., Bahcall, J.K. (2007). An in vitro comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on *Enterococcus faecalis*. *JOE*, 33(5), pp. 567-569;

Di Lenarda, R., Cadenaro, M., Sbaizero, O. (2000). Effectiveness of 1 mol L-1 citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int. Endod. J.*, 33(1), pp. 46-52;

Dornelles-Morgental, R. *et al.* (2011). Antibacterial efficacy of endodontics irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 112(3), pp. 396-400;

Eldeeb, M.E., Boraas, J.C. (1985). The effect of different files on the preparation shape of several curved canals. *Int Endod J*, 18(1), pp. 1-7;

Eldeniz, A.U, Erdemir, A., Belli, S. (2005). Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *JOE*, 31(4), pp. 293-6;

Erdemir, A., *et al.* (2004). Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod.*, 30(2), pp. 113-6;

Estrela, C. *et al.* (2002). Mechanism of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.*, 13(2), pp. 113-117.

Fabricius, L., *et al.* (1982). Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after varied times of closure. *Scand J Dent Res*, 90(2), pp. 134-44;

Fehr, F.R., Ostby, N.B. (1963). Effect of EDTA and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg.* 16(2), pp. 199-205;

Fernández, H. (1993). Preparación telescópica manual. *Endodoncia*, 11(4), pp.175-82;

Ferreira, R.B., *et al.* (2004). Histological analysis of the cleaning capacity of niqeltitanium rotatory instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. *Aust Endod J*, 30(2), pp. 56-58;

Ferreira, M.M., *et al.* (2006). Estudo Comparativo da Infiltração Apical de Canais Radiculares Obturados por Duas Técnicas Diferentes. *Rev Port Estomatol Med Dent Cirur Maxilofac.*, 47, pp. 133-8;

Fleming, C., *et al.* (2010). Comparison of classic endodontic techniques versus contemporary techniques on endodontic treatment success. *JOE*, 36(3), pp. 414-418;

Frais, S., Ng, Y-L., Gulabivala, K. (2001). Some factors affecting the concentration of commercially available sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J.*, 34(10), pp. 206-215;

Fukumoto, Y., *et al.* (2006). An *ex vivo* evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *Int Endod J*, 39(2), pp. 93-99;

Gambarini, G. (2001). Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instrumentes after clinical use with low-and high-torque endodontic motors. *JOE*, 27(12), pp. 772-4;

Gambarini, G., De Luca, M., Gerosa, R. (1998). Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. *J Endod*, 24(6), pp. 432-4;

Garberoglio, R., Becce, C. (1994). Smear layer removal by root canal irrigants: A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*, 78(3), pp. 359-67;

Goerig, A., Michelich, R., Schultz, H. (1982). Instrumentation of root canals in molar using step-down technique. *Journal of Endodontics*, 8(12), pp. 550-554;

Gomes, B.P., *et al.* (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, 34(6), pp. 424-8;

Goldberg, F., Abramovich, A. (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *JOE*, 3(3), pp. 101-5;

Goldman, M., *et al.* (1988). A comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal in vitro. *J Endodon.*, 14(1), pp. 7-12;

Guignes, P., Faure, J., Maurette, A. (1996). Relationship between endodontic preparations and human permeability measured in situ. *J Endodon* , 22(2), pp. 60-67;

Gu, L.S., *et al.* (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endodon*, 35(6), pp. 791-804;

Gutmann, J., Lovdahl, P. (2012). *Solución de problemas en endodoncia: Prevención, identificación y tratamiento*. Amsterdam, Elsevier;

- Grossman, L.I. (1943). Irrigation of root canals. *J Amer Dent Ass.*, 30, pp. 1915-1917;
- Grossman, L.I., Meiman, B.J. (1982). Solution of pulp tissue by chemical agents. *Journal of Endodontics*, 8, pp. S10-S12;
- Haapasalo, M., Orstavik, D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res.*, 66, pp. 137-59;
- Hand, R.E., Smith, M.L., Harrison, J.W. (1978). Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod.*, 4, pp. 60-64;
- Haznedaroglu, F. (2003). Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Pathol., and Endod.*, 96(3), pp. 340-44;
- Heling, I., Chandler, N.P. (1998). Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int Endod J.*, 31(1), pp. 8-14;
- Heling, I., *et al.* (1999). In vitro antimicrobial effect of Rc-Prep within dentinal tubules. *J. Endod.*, 25(12), pp. 782-85;
- Heiling, I., *et al.* (2001). Bactericidal and cytotoxic effects of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate solutions in vitro. *J Endod.*, 27(4), pp. 278-80;
- Hennequin, M., Douillard, Y. (1995). Effects of citric acid treatment on the Ca, P y Mg contents of human dental roots. *J Clin Periodontol.*, 22(7), pp. 550-7;
- Heredia, M., Luque, C.M., Rodríguez, M.P. (2006). The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *JOE*, 32(10), pp. 993-997;
- Hockett, J.L., *et al.* (2008). Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and non tapered canal preparations: An *in vitro* study. *J Endod.*, 34(11), pp. 1374-7;
- Hülsmann, M. (1998). Irrigación del conducto radicular: objetivos, soluciones y técnicas. *J. Endodon Pract.*, 4(1), pp. 15-29;

Huque, J., *et al.* (1998). Bacterial eradication from root canal dentin by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J.*, 31(4), pp. 242-250;

Ingle, J.I, Taintor, J.F. (1987). *Endodoncia*. México, Interamericana.

Jeansonne, M., White, R. (1994). A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.*, 20(6), pp. 276-278;

Juarez, P., Luca, N. (2001). Complicaciones ocasionadas por la infiltración accidental con una solución de hipoclorito de sodio. *ADM*, LVIII (5), pp. 173-176;

Karale, R., Thakore, A., Shetty, U.K. (2011). An evaluation of antibacterial efficacy of 3% sodium hypochlorite, high-frequency alternating current and 2% chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*: an *in vitro* study, *J. Conserv Dent.*, 14(1), pp. 2-5.

Karim, I., Kenedy, J., Hussey, D. (2007). The antimicrobial effects of root canal irrigation and medication. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 103(4), pp. 560-570;

Khedhat, S, Shokouhinejad, N. (2008). Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod.*, 34 (5), pp. 599-602;

Kishen, A., *et al.* (2008). Influence of irrigation regimes on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin, *Journal of Endodontics*, 34(7), pp. 850-54;

Komorowski, R., Grad, H., Wu, X., Friedman, S. (2000). Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod.*, 26(6), pp. 315-17;

Kotula, R., Bordacova, J. (1970). Effect of E.D.T.A. on the oral microflora. *J Stom Klinik.*, 15, pp. 31-36;

Krell, K, Johnson, R., Madison, S. (1988). Irrigations patterns during ultrasonic canal instrumentation: Part 1 K type files. *J Endod.*, 14(2), pp. 65-68;

Lasala, A. (1992). *Endodoncia*. México, Salvat.

Leonardo, M. R. (1973). Contribución para el estudio de la reparación apical y periapical post tratamiento de los conductos radiculares. *Facultad de Farmacia y Odontología de Araracuara*, pp.72;

Leonardo, M.R. (1967). Avaliação comparativa dos efeitos de soluções irrigadoras utilizadas durante o preparo biomecânico dos canais radiculares. *Rev Fac Farm Odont.*, 2(1), pp. 37-66;

Leonardo M. R., Leal J. M. (1994). *Tratamiento de los conductos radiculares*. Buenos Aires. Panamericana.

Leonardo, M. R., *et al.* (1999). In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.*, 25(3), pp. 167-71;

Leonardo, M.R., De Toledo, L. (2002). *Sistemas Rotatorios en Endodoncia: instrumentos de níquel-titanio*. Sao Paulo, Artes Médicas Latinoamérica.

Lima, K., Fava, L., Siqueira, J. (2001). Susceptibilities of *Enterococcus faecalis* biofilms to some antimicrobial medications. *J Endod.*, 27(10), pp. 616-19;

Lin, L., Rosenberg, P., Lin, J. (2005). Do procedural errors cause endodontic treatment failure?. *J Am Dent Assoc*, 136(2), pp. 187-93;

Lin, S., *et al.* (2003). Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *J Endod.*, 29(6), pp. 416-18;

Liolios, E., *et al.* (1997). The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation. *Int Endod J.*, 30(1), pp. 51-57;

Loiola, L., *et al.* (2011). Influência da agulha irrigadora e da dilatação do canal radicular na eficácia da irrigação endodôntica. *RSBO*, 8(2), pp. 138-144;

Lopes, H.P., Siqueira, J.F. (2004). *Endodontia: biologia e técnica*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan;

López, S., *et al.* (2006). Effect of CHX on the decalcifying effect of 10% citric acid, 20% citric acid or 17% EDTA. *JOE*, 32(8), pp.781-784;

- Love, R.M. (2001). *Enterococcus faecalis*: a mechanism for its role in endodontic failure. *J Endod*, 34(5), pp. 399-405;
- McGill, S., *et al.* (2008). The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. *Int Endod J*, 41(7), pp. 602-8;
- Mehra, P., Clancy, Ch., Wu, J. (2000). Formation of a facial hematoma during endodóntic therapy. *JADA*, 131(1), pp. 67-71;
- Mérida, H., Díaz, M. (1999). Estudio con microscopio electrónico de barrido de la acción desinfectante de diez diferentes irrigantes sobre los conductos dentinarios. V Interamerican Electrón Microscopy Congress;
- Miyashita, M., *et al.* (1997). Root canal system of mandibular incisor. *J Endodon*, 23(8), pp. 479-84;
- Mullaney, T. P. (1979). Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin Nort Am*, 23(4), pp. 575-85;
- Munley, P.J., Goodell, G.G. (2007). Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canal. *J Endod*, 33(5), pp. 578-580;
- Nielsen, B., Baumgartner, J. (2007). Comparison of the EndoVac System to needle irrigation of root canals. *J Endod*, 33(5), pp. 611-615;
- Oringer, M.J. (1984). *Color atlas of oral electrosurgery*. Chicago, Quintessence;
- Ostby, N. B. (1957). Chelation in root canal therapy. Ethylenediaminetetraacetic acid for cleansing and widening of root-canals. *Odontología Tids.*, 65(2), pp. 3-11;
- Parsons, G., *et al.* (1980). Uptake and release of chlorhexidine by bovine pulp and dentin specimens and their subsequent acquisition of antibacterial properties. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 49(5), pp. 455-59;
- Pascon, F., *et al.* (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. *Journal of Dentistry*, 37(12), pp. 903-908;

- Patel, D.V., *et al.* (2007). The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Int Endod J.*, 40(1), pp. 67-71;
- Peters, O.A., Barbakow, F., Peters, C.I. (2004). An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root preparation techniques *Int Endod J.*, 37(12), pp. 849-859;
- Peters, L.B., *et al.* (2002). Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *Int. Endod. J.*, 35(1), pp. 13-21;
- Piloto, L. (1958). Pontos fundamentais na fase cirúrgica de endoductodoncioterapia-Modificações na instrumentação e irrigação-aspiração. *Rev Ass Paul Cir Dent.*, 12 (5), pp. 270-281;
- Pitt Ford, H. (1999). *Endodoncia en la práctica clínica*. México, McGraw-Hill Interamericana.
- Podbielski, A., Spahr, A., Haller, B. (2003). Additive antimicrobial activity of calcium hydroxide and chlorhexidine on common endodontic bacterial pathogens. *J Endod.*, 29(5), pp. 340-5;
- Purcher, J, Daniel, J.C. (1992). The effects of chlorhexidine digluconate on human fibroblasts in vitro. *J Periodontol*, 63(6), pp. 526-32;
- Ram, Z. (1977). Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 44(2), pp. 306-312;
- Rapela, D.E. (1958). Antibióticos y detergentes en el tratamiento de los dientes despulpados. *Rev. Asoc. Odont. Argent*, 46(3), pp. 65-69;
- Reeh, E.S., Messer, H.H. (1989). Long term paresthesia following inadvertent forcing of sodium hypochlorite through perforation in maxillary incisor. *Endodont Dental Traumatol*, 5(4), pp. 200-203;
- Richman, M.J. (1957). Use of ultrasonic in root canal therapy and root resection. *J Dent. Med.* 12(2), pp. 12-18;

Ringel, A.M., *et al.* (1982). In vivo evaluation of chlorhexidine gluconate solution and sodium hypochlorite solution as root canal irrigants. *J Endod.*, 8(5), pp. 200-204;

Saito, K., *et al.* (2008). Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *J Endod*, 34, pp. 1011-4;

Saunders, W.P., Saaunders, E.M. (1994). Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy. *Endod Dent Traumatol*, 10(3), pp. 105-8;

Scelza, M.F, Antoniazzi, J.H., Scelsa, P. (2000). Efficacy of final irrigation – A scanning electron microscopic evaluation. *J Endodon*, 26(6), pp. 355-58;

Schoeffel, G.J. (2009). The Endovac method of endodontic irrigation. *Dentistry Today*, 26, pp. 1-4;

Seidberg BH, Schilder H, Syracuse NY. (1974). An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*, 37(4), pp. 609-20;

Senia, S., Maeshall, J, Rosen, S. (1971). The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol.*, 31(1), pp. 96-103;

Senia, S.E. (2001). Canal diameter: The forgotten dimension. *Dent Today*, 20(5), pp. 60-4;

Serper, A., Ozbek, M., Calt, S. (2004). Accidental sodium hypochlorite induced skin injury during endodóntico treatment. *J Endod.*, 3, pp. 180-181;

Serper, A., Calt, S. (2002). The demineralizing effects of EDTA at different concentration and pH. *J. Endod.*, 28(7), pp. 501-2;

Shenoy, N., Shenoy, A. (2010). Endo-perio lesions: diagnosis and clinical considerations-review article. *Indian International Journal*, 21(4), pp. 579-85;

Siqueira, J. (2003). Taxonomic changes of bacteria associated with endodontic infections. *J of Endod* , 29(10), pp. 619-23;

Siqueira, J., *et al.* (2004). Selected endodontic pathogens in the apical third of infected root canals: A molecular investigation. *J Endod*, 30(9), pp. 638-43;

- Siqueira, J., *et al.* (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.*, 24(6), pp. 414-6;
- Siqueira, J., *et al.* (1999). Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod.*, 25(5), pp. 332-5;
- Simoes Filho, A.P., Leal, J.M. (1965). Aplicación de los detergentes en endodoncia. *O. Académico*, 5(11), pp. 3-4;
- Soares, I. Goldberg, F. (2002). *Endodoncia: Técnica y fundamentos*. Buenos Aires, Argentina, Médica Panamericana;
- Sperandio, C., *et al.* (2008). Response of the periapical tissue of dogs teeth to the action of citric acid and EDTA. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), pp. 59-63;
- Stewart, G., Cobe, H., Rappaport, H. (1961). A study of a new medicament in the chemomechanical preparation of infected root canals. *JADA*, 63, pp. 34-7;
- Stewart, G., Kapsimalas P, Rappaport H. (1969). EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *JADA*, 78(2), pp. 335-8;
- Stuart, C., *et al.* (2006). *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics*, 32(2), pp. 93-98;
- Tanomaru Filho, *et al.* (2002). Inflammatory response to different endodontic irrigating solution. *Int Endod J*, 35(9), pp. 735-9;
- Teixeira, K.I.R, Cortes, M.E. (2005). Estado actual de la indicación de antimicrobianos para la medicación intracanal. *Acta odontol. Venez*, 43(2), pp. 177-80;
- Thé, S.D. (1979). The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 47(6), pp. 558-61;
- Tobón, D. (2003). *Manual básico de endodoncia*. Colombia, CIB;
- Tondo, E. (1999). Técnica Crown-Down con Material Rotatorio y limas Pow-R. *Oper. Dent. Endo*, 3(1), pp. 1-6;

Torabinejad, M., Walton, R. (2009). *Endodoncia: Principios y práctica*. México, Interamericana;

Van der Sluis, L.W., *et al.* (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of literature. *Int Endod J*, 40(6), pp. 415-426;

Walker A. (1936). A definitive and dependable therapy for pulpless teeth. *J Am Dent Assoc*, 23; pp. 1418-25;

Wayman, E., *et al.* (1979). Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod*, 5(9), pp. 258- 265;

Walia, H., Brantley, W.A, Gerstein, H. (1988). An initial investigation of the bending and torsion properties of nitinol root canal files. *J Endodon*, 14(7), pp. 346-51;

Walmsley, A.D. (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J*, 20(3), pp. 105-111;

Walters, J., Baumgartner, J., Marshall, J. (2002). Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*, 28(12), pp. 837-839;

Weber, C.D., *et al.* (2003). The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *J Endod.*, 29(9), pp.562-4;

Weine, F. S. (1997). *Tratamiento endodóncico*. Madrid, Harcourt Brace;

West, J.D. (2001). Introduction of a new rotary endodontic system: progressively tapering files. *Dent Today*, 20, pp. 50-7;

Wildev, W., Senia, E. (1989). A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report. *Oral Surg Oral Med Path Endod.*, 67(2), pp. 198-207;

Wu, M.K., Wesselink, P.R. (1995). Efficacy of three techniques in clearing the apical portion of curved root canals. *Oral Surg. Oral Med. Oral Path Endod*, 79(4), pp. 492-6;

Yamaguchi, M., *et al.* (1996). Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod*, 22(1), pp. 27-29;

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), pp. 389-398;

Zelada, G., *et al.* (2002). The effect of rotational speed and the curvature of root canals on the breakage of rotary endodontic instruments. *JOE*, 28(7), pp. 540-542;

Zhang, K., Young, K. (2010). Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/Ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *JOE*, 36(1), pp. 105-109;

Zulnilda, J.G. (2001). Soluciones irrigantes en endodoncia. *Assoc. Argent. Odontol.*, 30(2), pp. 7-13;