



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN IN VITRO ENTRE DIFERENTES
MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE
CALCIO COMO MEDICACIÓN INTRACONDUCTO.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

GUILLERMO CARBAJAL ALARCON

TUTOR: Esp. BRENDA IVONNE BARRÓN MARTÍNEZ

V.Bo.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Odontología, por haberme dado la oportunidad de adquirir e ir incrementando mis conocimientos y habilidades para el desarrollo de esta hermosa profesión.

A mi tutora, la Esp. Brenda Ivonne Barrón Martínez, quien me brindo todo su apoyo y dedicación para el desarrollo de este trabajo bajo su dirección.

A mis padres, Ana y Guillermo, por darme la vida y siempre apoyarme e impulsarme para alcanzar mis sueños, siempre estando a mi lado.

A mis abuelos, quienes me dieron el impulso necesario para siempre salir adelante y convertirme en lo que soy, enseñándome a siempre hacer todo con amor.

A mi hermano, Raúl y mi tía Elena por nunca dejar de motivarme, por todo su amor y cariño.

A mis amigas, Aranza y Gemma, las personas que me han acompañado en este camino, que me ayudaron a crecer, a dar lo mejor de mí, a superarme.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	7
2.1. Medicación Intraconducto.....	7
2.1.1. Historia	7
2.1.2. Indicaciones para uso de medicación intraconducto	8
2.1.3. Parámetros para la elección de medicamento intraconducto	9
2.1.4. Ventajas de la mediación intraconducto	9
2.2 Hidróxido de calcio	10
2.2.1. Mecanismo de acción	10
2.2.2. Vehículos para la mezcla con el hidróxido de calcio	13
2.2.3. Efectividad antimicrobiana	14
2.2.4. Disolución de tejido pulpar.....	15
2.2.5. Reparación Tisular	16
2.3. Eliminación de medicación intraconducto	17
2.3.1. Soluciones irrigadoras	17
2.3.1.1. Hipoclorito de sodio	18
2.3.1.2. Clorhexidina	21
2.3.1.3. Peróxido de hidrogeno.....	23
2.3.1.4. Ácido cítrico.....	23
2.3.1.5. Ácido Etilendiaminotetraacético	24
2.3.2. Técnicas de irrigación.....	26
2.3.2.1. Activación dinámica manual	27
2.3.2.2. Irrigación ultrasónica pasiva	29
2.3.2.3. Presión apical negativa -EndoVac-.....	30

2.3.2.4. Sistema XP Endo Finisher	32
2.3.2.5. Activación sónica -Sistema EndoActivator-.....	33
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	35
4. JUSTIFICACIÓN	36
5. HIPÓTESIS	37
6. OBJETIVO	38
6.1. Objetivo general	38
6.2. Objetivos específicos.....	38
7. MATERIALES Y MÉTODOS	39
8. RESULTADOS	44
9. DISCUSIÓN.....	45
CONCLUSIONES	47
Referencias	48

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de microorganismos es el principal factor etiológico de las enfermedades pulpares y periapicales, por este motivo, el objetivo de la terapia endodóntica es reducir o erradicar la presencia bacteriana y de sus subproductos de un sistema de conductos radiculares. La eliminación de esos microorganismos es realizada por medio de la preparación mecánica y química del conducto radicular, incluyendo los procesos de instrumentación e irrigación. Debido a la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares, la preparación biomecánica no es capaz de erradicar en su totalidad la presencia bacteriana. Es por ello, que en dichas circunstancias es necesario implementar medicamentos entre citas, capaces de coadyuvar en la desinfección del sistema de conductos radiculares para mejorar así la tasa de éxito terapéutico.

El hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es el medicamento intraconducto más utilizado debido a sus propiedades antimicrobianas contra la mayoría de los microorganismos presentes en el sistema de conductos y por su adecuada biocompatibilidad. El efecto antimicrobiano del hidróxido de calcio depende directamente de la liberación de iones OH^- , además se necesita de un vehículo para la adecuada disociación del hidróxido de calcio en iones OH^- y Ca^+ . El vehículo determinará la velocidad con la que se produce la disociación del hidróxido de calcio dentro del conducto radicular y tejidos periapicales. Los vehículos implementados para la mezcla del hidróxido de calcio son a base agua, viscosos y aceites.

La medición intraconducto con hidróxido de calcio debe ser completamente removida del conducto radicular, porque sus remanentes cambian las propiedades físicas de los cementos selladores a base de óxido de zinc y eugenol, reduciendo su flujo y el tiempo de fraguado; alteran también la penetración de los cementos selladores a base de resina en los túbulos dentinarios aumentando así la posibilidad de microfiltración a nivel apical.

La eliminación del hidróxido de calcio generalmente se realiza a través de diferentes protocolos de irrigación en conjunto con diversos métodos como la activación dinámica manual, la irrigación ultrasónica pasiva y el sistema XP-endo Finisher.

El presente estudio tiene como objetivo comparar la eficacia de 3 diferentes métodos de eliminación del hidróxido de calcio como medicación intraconducto, a fin de saber cuál resulta tener un índice de remoción más elevado para su implementación en la práctica clínica.

2. ANTECEDENTES

2.1. Medicación Intraconducto

La medicación intraconducto se caracteriza por la inserción de un fármaco en el interior del sistema de conductos radiculares. Cuando el tratamiento no puede completarse en una cita, las bacterias intraconducto sobrevivientes proliferan a menudo entre citas. Por lo tanto, para reducir el crecimiento bacteriano, facilitar una desinfección y crear una barrera física puede ser útil aplicar medicación intraconducto. ^(1,2)

2.1.1. Historia

A lo largo del tiempo, han existido muchas investigaciones que han permitido dar a conocer cambios que ocurren en la pulpa dental, las cuales presentan diferentes alteraciones y respuestas como el dolor. ⁽³⁾

Los medicamentos utilizados para el tratamiento del dolor dental a lo largo de la historia han sido muchos y variados, como los que se basaban en aceite de trimetrina, canela, clavo de olor o incluso alcanfor, frecuentemente aplicados por dentistas en torundas de algodón. Entre muchos otros, los tratamientos anteriormente mencionados eran los más utilizados para el tratamiento del dolor dental. ⁽⁴⁾

En 1930 Hermann demostró la formación de dentina terciaria en zonas de amputación de pulpas vitales recubiertas con hidróxido de calcio y este producto fue denominado Calxyl. ⁽⁵⁾

En 1938 Teuscher y Zander introdujeron el hidróxido de calcio en Estados Unidos, confirmando la formación de lo que ellos denominaron puentes dentinarios. ⁽⁶⁾

Stanley y Lundy en 1972 señalan que el hidróxido de calcio sirve como una barrera protectora del tejido pulpar, no sólo bloqueando los túbulos dentinarios sino también neutralizando a los ácidos orgánicos provenientes de cementos y de materiales de obturación. ⁽⁴⁾

Goldberg y Soares señalan que la medicación intraconducto se define como la colocación de un fármaco en el interior de la cavidad pulpar entre las sesiones necesarias para la conclusión del tratamiento endodóntico. La literatura médica empleó las expresiones medicación entre sesiones, medicación local y medicación intraconducto para denominar este procedimiento.⁽⁷⁾

Schilder y Ámsterdam en 1959, definen los medicamentos endodónticos como agentes usados dentro de la cámara pulpar y los conductos radiculares con los propósitos de irrigación, esterilización y disminución del dolor u otros síntomas.⁽⁸⁾

2.1.2. Indicaciones para uso de medicación intraconducto

La medicación intraconducto está indicada con materiales poco irritantes en dientes con las siguientes características:⁽¹⁾

- Anatomía compleja del sistema de conductos radiculares, con múltiples zonas inaccesibles para el protocolo de instrumentación e irrigación.
- En casos de periodontitis apical, donde se producen reabsorciones del ápice.
- Por la presencia de bacterias anaerobias estrictas y en dientes con retratamiento se identifica la presencia de bacterias anaerobias facultativas como el *Enterococcus*.
- La falta de medicación intraconducto disminuye la tasa de éxito en dientes con conductos infectados.
- Cuando se presentan algunos signos o síntomas durante la preparación mecánica del sistema de conductos radiculares
- En dientes que han recibido un tratamiento endodóntico previo que no ha dado el resultado esperado.

2.1.3. Parámetros para la elección de medicamento intraconducto

Para realizar la adecuada elección de una medicación intraconducto requiere de las mismas consideraciones que la aplicación de cualquier fármaco en otra región del organismo, por lo que es importante considerar los siguientes puntos: ⁽⁷⁾

- La cantidad: se debe precisar la cantidad y la concentración del fármaco para ejercer un efecto deseado sin llegar a lesionar los tejidos circundantes.
- La localización: es importante tomar en cuenta el mecanismo de acción de la sustancia elegida para la medicación, determinando así la forma más apropiada para su colocación.
- El tiempo de aplicación: es necesario conocer el tiempo de acción de la sustancia elegida como medicación intraconducto, ya que cada una tiene un tiempo de vida útil, después de la cual su efecto se reduce o desaparece.

2.1.4. Ventajas de la mediación intraconducto

Las principales ventajas de realizar una medicación entre citas durante el tratamiento de conductos son las siguientes: ⁽¹⁾

- Eliminación de bacterias que persisten en el sistema de conductos radiculares tras su preparación
- Neutralización de residuos tóxicos y antigénicos remanentes
- Reducción en la inflamación de tejidos periapicales
- Disminución de exudado persistente en zona apical
- Conformación de una barrera mecánica ante la filtración de la obturación temporal.

2.2 Hidróxido de calcio

El uso del Hidróxido de calcio Ca(OH)_2 en endodoncia fue introducido por Hermann en 1920. Su implementación en el tratamiento del sistema de conductos radiculares como medicación intraconducto se ha asociado a la curación perirradicular. ⁽²⁾

El hidróxido de calcio tiene fundamentalmente las siguientes propiedades:⁹

- Estimulación de la calcificación, activando la acción de los osteoblastos al incrementar su pH en los tejidos e inhibiendo la actividad osteoclástica.
- Propiedad antimicrobiana, ya que su pH elevado reduce la concentración de iones hidrogeno, inhibiendo la actividad enzimática de las bacterias.
- Disminuye el edema.
- Control del exudado, ya que las concentraciones de iones calcio disminuyen la permeabilidad vascular.
- Forma una barrera mecánica de cicatrización apical.

2.2.1. Mecanismo de acción

La mayoría de las especies bacterianas que se encuentran comúnmente en los conductos radiculares infectados son eliminadas después de un breve período de exposición al alto pH del hidróxido de calcio. La actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio depende de la liberación de iones hidroxilo (OH^-) en un ambiente acuoso. Los iones hidroxilo tienen una vida corta y presentan una reactividad alta e indiscriminada. Como consecuencia, suelen reaccionar con biomoléculas cercanas a su punto de generación. Tales reacciones suelen dar lugar a alteraciones adversas. En realidad, los efectos letales de los iones hidroxilo en las células bacterianas son el resultado de los efectos sobre los lípidos, las proteínas y el ADN, lo que conduce a daños posteriores en las funciones celulares, que son drásticamente alteradas. ⁽¹⁰⁾

Los efectos son los siguientes:

- Efectos en los lípidos. ^(10,11)

La membrana citoplasmática bacteriana posee funciones importantes para la supervivencia de la célula, tales como permeabilidad selectiva y transporte de solutos; transporte de electrones y fosforilación oxidativa en especies aeróbicas; excreción de exoenzimas hidrolíticas; portadores de enzimas y moléculas transportadoras que funcionan en la biosíntesis de ADN, polímeros de la pared celular y lípidos de membrana; y llevar los receptores y otras proteínas de la quimiotáctica y otros sistemas de transducción sensorial. Los ácidos grasos poliinsaturados presentes en los fosfolípidos de membrana son particularmente sensibles al ataque de los iones hidroxilo. Estos radicales libres inducen la peroxidación lipídica. Un solo OH^\cdot puede resultar en la peroxidación de muchos ácidos grasos poliinsaturados en una reacción en cadena cíclica. Los iones hidroxilo eliminan los átomos de hidrógeno de los ácidos grasos poliinsaturados, generando un radical lipídico libre. Este radical lipídico libre reacciona con el oxígeno para formar un radical peróxido lipídico, que es altamente reactivo y capaz de propagar la reacción en cadena. El radical peróxido elimina otro átomo de hidrógeno de un segundo ácido graso, generando otro radical lipídico. Por lo tanto, los peróxidos en sí mismos actúan como radicales libres, iniciando una reacción en cadena autocatalítica y dando como resultado una mayor pérdida de ácidos grasos poliinsaturados, con ruptura de la cadena y daño extenso de la membrana con aumento de la fluidez y la permeabilidad.

- Efectos sobre las proteínas. ^(10,11)

El metabolismo celular depende en gran medida de las actividades enzimáticas. Las enzimas tienen una actividad y estabilidad óptimas en un rango estrecho de pH, lo que gira en torno a la neutralidad. La alcalinización proporcionada por el hidróxido de calcio induce la ruptura de los enlaces iónicos que mantienen la estructura terciaria de las proteínas. Los efectos

de los iones hidroxilo sobre las proteínas estructurales o enzimas, pueden causar efectos dramáticos en la célula bacteriana y provocar su muerte. El daño a las proteínas puede ser el resultado de la oxidación inducida por los iones hidroxilo, provocando la modificación oxidativa de aminoácidos. La proteína que contiene los aminoácidos metionina, cisteína, arginina e histidina parece ser más propensa a la oxidación. Los iones hidroxilo también pueden inducir la ruptura de los enlaces iónicos que mantienen la estructura terciaria de las proteínas. Como consecuencia, la proteína afectada mantiene su estructura covalente pero la cadena polipeptídica se desenreda aleatoriamente en una conformación espacial variable e irregular. Estos cambios frecuentemente dan como resultado la pérdida de actividad biológica, y si la proteína es una enzima, el metabolismo celular puede verse afectado. Las proteínas estructurales presentes en las membranas celulares bacterianas también pueden dañarse por los iones hidroxilo.

- Efectos sobre el ADN. ⁽¹⁰⁾

Los iones de hidroxilo causan daño en el ADN a través de un ataque oxidativo que da como resultado la oxidación de la desoxirribosa, la ruptura de cadenas, la alteración y eliminación de nucleótidos y los enlaces cruzados de ADN y proteínas. El ataque oxidativo a las bases del ADN suele estar relacionado con la adición de OH^- a los dobles enlaces; el daño a la columna vertebral del azúcar se relaciona principalmente con la eliminación de hidrógeno de la desoxirribosa. El ataque a la columna vertebral del azúcar da como resultado roturas de una sola hebra. Los efectos oxidativos de los iones hidroxilo tanto en el ADN como en las proteínas asociadas con él también pueden conducir a la formación de enlaces cruzados entre ADN y proteína. Es posible que los enlaces cruzados de proteína de ADN no se reparen fácilmente y provoquen la muerte celular en determinadas circunstancias.

2.2.2. Vehículos para la mezcla con el hidróxido de calcio

El hidróxido cálcico se utiliza mezclado con diversos vehículos. Estas combinaciones recibieron el nombre de pastas alcalinas por su elevado pH, y se utilizan principalmente en el tratamiento de conductos radiculares como medicación intraconducto. El añadido de sustancias al hidróxido cálcico tiene diversas finalidades, según Fava el vehículo ideal debe: ⁽¹²⁾

- Permitir una disociación lenta y gradual de los iones calcio e hidroxilo.
- Permitir una liberación lenta en los tejidos, con una solubilidad baja en sus fluidos.
- No tener un efecto adverso en su acción de favorecer la aposición de tejidos calcificados.

Generalmente, se usan tres tipos de vehículos: acuosos, viscosos y oleosos: ^(1,12)

- Acuosos. El más usado es el agua, aunque también se ha empleado solución salina, anestésicos y otras soluciones acuosas. Esta forma de preparación permite una liberación rápida de iones, se solubiliza con relativa rapidez en los tejidos y es reabsorbida por los macrófagos.
- Viscosos. Se han empleado glicerina, polietilenglicol y propilenglicol con el objetivo de disminuir la solubilidad de la pasta y prolongar la liberación iónica.
- Aceites. Se han usado aceite de oliva, de silicona y diversos ácidos grasos, como el oleico y el linoleico, para retardar aún más la liberación iónica y permitir esta acción en el interior de los conductos radiculares durante períodos prolongados de tiempo sin necesidad de renovar la medicación.

Las diferencias en la velocidad de disociación iónica están directamente relacionadas con el vehículo empleado para obtener la pasta. Además, es importante considerar que la viscosidad es una medida de la fricción interna de un fluido. Así, si una solución fluye con facilidad, tiene una viscosidad baja y las interacciones entre las partículas son muy pequeñas facilitando o inhibiendo la disociación iónica de la pasta; cuanto menor sea la viscosidad, mayor será la disociación iónica. ⁽¹²⁾

En los casos clínicos en que se utiliza el hidróxido cálcico durante un período breve (unas semanas) con intención antibacteriana, las pastas acuosas cumplen mejor su cometido, por la mayor facilidad para la liberación de iones, que las que usan un vehículo viscoso. Se facilitará también la eliminación de estas para poder efectuar la obturación de los conductos. Son las que se utilizan en el tratamiento de dientes con periodontitis apical. Cuando se requiere mantener la acción de la pasta durante mucho tiempo, como en los tratamientos de apicoformación, se recomienda el uso de una pasta con un vehículo viscoso como el propilenglicol o la glicerina. ⁽¹⁾

2.2.3. Efectividad antimicrobiana

El fundamento básico para la selección de cualquier medicamento que actúe en contra de los microorganismos presentes en los conductos radiculares y en los tejidos periapicales, consiste en el conocimiento básico de su mecanismo de acción y de su tiempo de vida hábil; a fin de que genere un real efecto controlador y consecuentemente favorezca la reparación residual. Representando también, un factor decisivo al momento de escoger el medicamento antimicrobiano, la determinación de la flora bacteriana presente. ⁽¹³⁾

El hidróxido de calcio es un agente antimicrobiano de trabajo lento y requiere una exposición prolongada para permitir la saturación de la capacidad amortiguadora de la dentina y los restos de tejido. Por lo tanto, el uso a largo plazo de hidróxido de calcio, preferiblemente con

intercambios de la medicación, es necesario para maximizar la desinfección del sistema de conductos radiculares. Las bacterias ubicadas dentro de los túbulos dentinarios pueden escapar de los efectos de la preparación químico-mecánica. Por lo tanto, los túbulos dentinarios infectados pueden servir como reservorio de bacterias para causar infección persistente y periodontitis apical posterior al tratamiento. La infección intratubular es también la principal causa de reabsorción radicular externa. Uno de los efectos esperados para la medicación intraconducto es alcanzar y eliminar las bacterias ubicadas profundamente dentro de los túbulos. Numerosos estudios in vitro han demostrado que el hidróxido de calcio en vehículos inertes tiene una eficacia limitada contra las bacterias intratubulares. Ciertas bacterias, como algunos enterococos, pueden tolerar incluso valores de pH altos, que varían de 9 a 11. De hecho, se ha reportado resistencia al hidróxido de calcio para algunas especies microbianas. *Enterococcus faecalis* y algunas especies de *Candida* pueden ser altamente resistentes a los efectos alcalinos del hidróxido de calcio. Las especies de *E. faecalis* y *Candida* se encuentran comúnmente en los dientes tratados con endodoncia con enfermedad posterior al tratamiento.⁽¹⁰⁾

2.2.4. Disolución de tejido pulpar

La medicación intraconducto con hidróxido de calcio ha demostrado favorecer la disolución de restos de tejido pulpar, cuando se encuentra en condiciones anaerobias. Si se llega a efectuar el tratamiento en dos sesiones, al término de la primera sesión se aplica la medicación con hidróxido de calcio. En la segunda sesión, al volver a irrigar con una solución de hipoclorito de sodio, la capacidad de limpieza sobre los restos pulpares se incrementa, siendo aun mayor que cuando se efectúa en una sola sesión.⁽¹⁾

2.2.5. Reparación Tisular

La medicación temporal con una pasta de hidróxido cálcico se ha utilizado en el interior de los conductos radiculares con la intención de favorecer la aposición de tejidos calcificados que obliteren el orificio apical, especialmente cuando el ápice está incompletamente formado, para favorecer la reparación periapical en los casos de periodontitis con osteólisis notables, o posibles lesiones quísticas, y para prevenir la reabsorción inflamatoria radicular. No se conoce bien el mecanismo por el que el hidróxido cálcico favorece la reparación hística y la aposición de tejidos calcificados. Por una parte, es innegable el efecto de inhibición microbiana, imprescindible para conseguir una reparación de los tejidos. Sustancias con un pH elevado como el hidróxido de bario colocadas como medicación intraconducto, pero sin iones de calcio, no han mostrado un efecto favorecedor de la reparación apical. Preparados con estos iones, pero con un pH inferior, tampoco lo muestran. Se cree que la conjunción de un pH alto, provocado por la liberación de iones hidroxilo, junto con la presencia de iones de calcio, crea un ambiente favorable para conseguir la reparación apical y periapical. Kardos y cols. creen que los iones de calcio pueden interaccionar con aniones tales como las fosfatasas, ocasionando diversos efectos favorables a la reparación, como la producción de energía por fosforilación oxidativa. Es posible que tenga también un efecto indirecto. El hidróxido cálcico disminuye la producción de prostaglandinas en cultivos de monocitos estimulados por lipoproteínas. De este modo, favorecería la reparación hística, más que estimulando la osteogénesis y la cementogénesis, inhibiendo la lisis ósea y cementaría mediada por las prostaglandinas. (1, 14)

2.3. Eliminación de medicación intraconducto

2.3.1. Soluciones irrigadoras

La instrumentación de los conductos radiculares, empleando cualquiera de las técnicas existentes, solo eliminan una parte de su contenido. Los instrumentos son incapaces de alcanzar las múltiples irregularidades de la anatomía interna radicular. La limpieza y desinfección de las paredes de los conductos, así como de los conductos laterales y accesorios, es una tarea desempeñada por las soluciones irrigadoras.⁽¹⁾

Las soluciones irrigadoras deberán cumplir con las siguientes características:⁽²⁾

- Ser germinicida y fungicida eficaz
- No irritar los tejidos periapicales
- Mantenerse estable en solución
- Tener un efecto antimicrobiano prolongado
- Tener una tensión superficial baja
- No interferir en la reparación de los tejidos periapicales
- No teñir la estructura dental
- No inducir una respuesta inmune celular
- Poder eliminar completamente el barrillo dentinario
- No ser antígeno, tóxico ni carcinógeno
- No afectar el sellado de materiales obturadores
- Ser de aplicación práctica
- Ser relativamente económicos.

Una solución irrigadora óptima debe cumplir con estas características. Sin embargo, hoy en día ninguna de las soluciones irrigadoras existentes en el mercado puede cumplir con dichas características. Es por ello, que el pronóstico de un tratamiento endodóntico puede ser favorable si durante la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares se utiliza una combinación de soluciones irrigadoras con una secuencia adecuada.⁽⁹⁾

2.3.1.1. Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es la solución irrigadora más utilizada en el proceso de limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. Es un excelente antimicrobiano, capaz de disolver tejido necrótico, tejido pulpar vital y componentes orgánicos de dentina y biopelículas. ⁽²⁾

El NaOCl se produjo por primera vez en 1789 en Javelle, Francia, con el paso del gas cloro por una solución de carbonato sódico. El líquido resultante, conocido como “Agua de Javel” era una solución débil de NaOCl. Sin embargo, este proceso no era muy eficaz y se buscaron otros métodos de producción. Uno de los métodos comportaba extraer cal clorada con carbonato sódico para obtener niveles bajos de cloro disponible. Con este método se obtenían soluciones de hipoclorito para utilizarse como antiséptico hospitalario, comercializado como “Eusol” y “Solución de Dakin”. Dakin recomendó el NaOCl como solución tamponada al 0.5% para irrigar heridas durante la Primera Guerra Mundial. Después Coolidge introdujo 1919 el NaOCl en endodoncia. ⁽²⁾

En endodoncia las soluciones de NaOCl se utilizan en bajas concentraciones, como la solución de Dakin (0.5% de cloro activo) y la solución de Milton (1% de cloro activo), en concentraciones medias (2.5% de cloro activo) o en altas concentraciones (5.25% de cloro activo). ⁽⁷⁾

Mecanismo de acción

1. Reacción de saponificación: El hipoclorito de sodio actúa como un solvente orgánico y graso que degrada los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), reduciendo la tensión superficial de la solución restante. ⁽¹⁰⁾
2. Reacción de neutralización: El hipoclorito de sodio neutraliza los aminoácidos formando agua y sal. Con la salida de iones hidroxilo, el pH se reduce. ^(10,15)

3. Formación de ácido hipocloroso: Cuando el cloro se disuelve en agua y está en contacto con la materia orgánica, forma ácido hipocloroso. Es un ácido débil con la fórmula química HClO que actúa como oxidante. El ácido hipocloroso (HOCl^{\ominus}) y los iones hipoclorito (OCl^{\ominus}) conducen a la degradación de aminoácidos y la hidrólisis. ^(10,15)
4. Acción solvente: El hipoclorito de sodio también actúa como solvente, liberando cloro que se combina con grupos amino proteicos (NH) para formar cloraminas (reacción de cloramina). Las cloraminas impiden el metabolismo celular; El cloro es un oxidante fuerte e inhibe las enzimas bacterianas esenciales por oxidación irreversible de grupos SH (grupo sulfhidrilo). ⁽¹⁰⁾
5. pH alto: El hipoclorito de sodio es una base fuerte ($\text{pH} > 11$). La eficacia antimicrobiana del hipoclorito de sodio, basada en su alto pH (acción del ion hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio. El alto pH interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática debido a la inhibición enzimática irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica. ⁽¹⁵⁾

La profundidad de penetración de NaOCl varía entre 77 y 300 μm , y depende de la concentración, el tiempo y la temperatura. ⁽¹⁰⁾ Fig.1

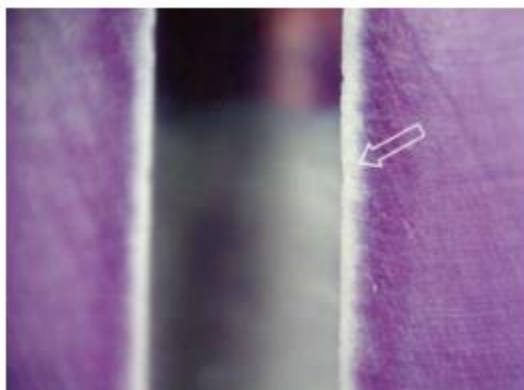


Fig 1. Vista microscópica de la sección radicular teñida tratada con hipoclorito de sodio al 1 % durante 2 min. ⁽¹⁰⁾

Actividad antibacteriana

En un análisis in vivo, Bystrom y Sundqvist encontraron que 12 de 15 conductos radiculares estaban libres de bacterias en el quinto examen cuando se había usado 0,5% de hipoclorito. Por el contrario, en el grupo de solución salina, 8 de 15 conductos radiculares estaban libres de bacterias. Siqueira et al. sugirieron que NaOCl al 4% mostraría una eficacia sustancial al comparar la solución salina en la desinfección del conducto radicular contaminado con *Enterococcus faecalis*. El NaOCl al 5,25 % tuvo más éxito contra *Enterococcus faecalis* que sus concentraciones más bajas. Ercan et al. sugirieron que los microorganismos se redujeron mucho usando NaOCl al 5,25%.⁽¹⁶⁾

Efecto sobre el biofilm

Clegg et al. demostraron que el 6 % de NaOCl era el único agente capaz tanto de eliminar físicamente la biofilm artificial como de matar bacterias. Hubo un efecto dependiente de la dosis de NaOCl contra las bacterias, ya que las concentraciones más altas fueron más antibacterianas. La (Fig. 2)¹⁰ ilustra el efecto de diferentes soluciones irrigadoras en la eliminación de la biofilm de la dentina. En resumen, el 3 % y el 6 % de NaOCl mostraron ausencia de biofilm, el 1 % de NaOCl mostró alteración de la biofilm y el 2 % CHX mostró biofilm intacto.⁽¹⁰⁾

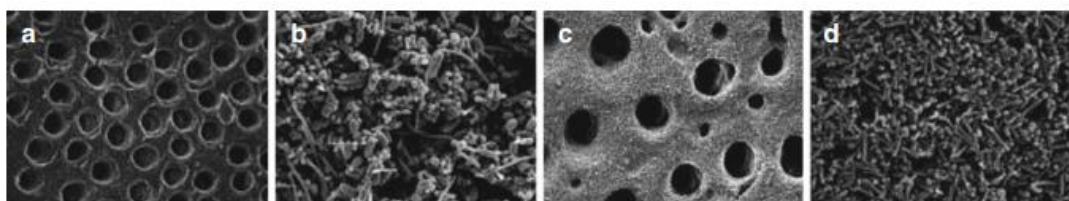


Fig 2. a) Micrografía electrónica de barrido de dentina libre de bacterias, b) Micrografía electrónica de barrido revela cocos, bastoncillos y organismos filamentosos, c) Micrografía electrónica de barrido dentina tratada con NaOCl al 6 %. No se ven bacterias, d) Micrografía electrónica de barrido dentina tratada con CHX al 2 %. La película de biopelícula está intacta sin interrupción visible.⁽¹⁰⁾

Toxicidad

En un estudio realizado por Pashley et al. se determinó que una concentración de hipoclorito de 1:1000 en solución salina es capaz de provocar la hemólisis completa de los glóbulos rojos; Kozol et al. menciona que la solución de Dakin (compuesta por 0.5% de NaOCl y 4% de ácido bórico) resulta dañina, impidiendo el proceso de quimiotaxis de los neutrófilos, además de ser tóxica para las células endoteliales y los fibroblastos; Heggors et al. demostró que el NaOCl al 0.025% resultó perfectamente inocuo presentando acción bactericida sin producir daño a los tejidos; y Zhang et al. encontró que la toxicidad del NaOCl es directamente dependiente de la dosis implementada. ⁽¹⁶⁾

2.1.3.2. Clorhexidina

La clorhexidina fue desarrollada hace más de 50 años en Inglaterra, siendo comercializada por primera vez en Reino Unido en 1953 como una pomada antiséptica. Desde 1957, ha sido implementada como desinfectante general, así como para el tratamiento de infecciones en la piel, ojos y garganta, tanto en humanos como en animales. ⁽²⁾

Mecanismo de acción

La clorhexidina es un antimicrobiano de amplio espectro, agonista activo frente a bacterias grampositivas y gramnegativas, además de levaduras. Debido a su naturaleza catiónica, la clorhexidina puede unirse electrostáticamente a superficies bacterias de carga negativa, dañando así la capa externa de la pared celular haciéndola permeable. ^(2,16)

Según su concentración, la clorhexidina posee efectos bacteriostáticos y bactericidas. En concentraciones altas, la clorhexidina actúa como un detergente, al dañar la membrana celular, causando la precipitación del citoplasma y, por lo tanto, tiene un efecto bactericida. Al encontrarse en

concentraciones bajas, la clorhexidina posee un efecto bacteriostático, causando el paso de sustancias de bajo peso molecular (potasio y fosforo), sin dañar a la célula bacteriana de forma irreversible. También posee la capacidad de alterar el metabolismo bacteriano de otras formas, como la abolición de la actividad de transporte de fosfotransferasa del azúcar e inhibición de la producción de ácidos en algunas bacterias. ^(2,16)

Sustantividad

Debido a su naturaleza catiónica, puede ser absorbida por sustratos aniónicos como la mucosa oral. La clorhexidina tiene la capacidad de unirse a proteínas como la albumina, presente en suero o saliva, glucoproteínas salivales y mucosas. La clorhexidina también puede ser absorbida en hidroxiapatita en los dientes, los estudios han demostrado que la captación de clorhexidina en los dientes es reversible. Esta reacción reversible de captación y liberación de clorhexidina produce una actividad antimicrobiana conocida como sustantividad. Este efecto depende principalmente de la concentración de clorhexidina. A bajas concentraciones, de 0.005 a 0.01% se absorbe y forma una monocapa estable de clorhexidina en la superficie del diente, que puede cambiar las propiedades físicas y químicas de la superficie y evitar o reducir la colonización bacteriana. A concentraciones más altas (0.02%), se forma una multicapa de clorhexidina en la superficie, creando de esta manera un reservorio de clorhexidina que libera rápidamente el exceso a medida que disminuye su concentración en el entorno circundante. ^(2,10,16)

Usos clínicos de la clorhexidina en endodoncia

Se recomienda la implementación de la clorhexidina como Irrigante en los siguientes casos: ⁽¹⁰⁾

- En dientes con ápices abiertos o perforación donde exista riesgo de extrusión de NaOCl.

- Cuando se desea un efecto antimicrobiano máximo como enjuague final después de EDTA para facilitar aún más la desinfección y mejorar la unión a la dentina (cuando corresponda).

Limitaciones

Las limitaciones del uso de la clorhexidina como irrigante endodóntico son las siguientes Irrigantes: ⁽¹⁰⁾

1. Incapacidad para disolver la materia orgánica
2. Acción nula sobre la capa de barrillo dentinario

2.3.1.3. Peróxido de hidrogeno

El peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ha sido utilizado como solución irrigadora en endodoncia durante un largo periodo de tiempo, en concentraciones del 3-5%. Es activo ante bacterias, virus y levaduras. Los radicales libres hidroxilo ($\cdot OH$) son capaces de destruir las proteínas y el ADN de estos microorganismos. La capacidad de disolución de tejidos del peróxido de hidrogeno resulta muy inferior a la obtenida con el hipoclorito de sodio. Utilizado en combinación con el hipoclorito de sodio, se forman burbujas debido a la liberación de oxígeno, producto de la reacción química entre ambos agentes irrigantes. ⁽²⁾

2.3.1.4. Ácido cítrico

El ácido cítrico, al ser considerado como un ácido débil, su aplicación clínica en concentraciones al 50% hace posible la remoción de componentes inorgánicos, así como el aumento en la apertura de los túbulos dentinarios. ⁽²⁾

El ácido cítrico es considerado como un ácido tricarbóxico ($C_6H_8O_7$) y su capacidad desmineralizante es proporcionada por estos grupos carboxilo que pierden protones ante la presencia de iones metálicos, como, por

ejemplo, el calcio presente en la superficie dentinaria, construyendo en su efecto desmineralizante. Como producto final de esa reacción, son formadas sales de citrato de calcio. Esta solución irrigadora también es utilizada en procedimientos periodontales, con el fin de promover el acondicionamiento de la superficie radicular externa para la regeneración y re inserción de las fibras de ligamento periodontal. ^(17,18)

2.3.1.5. Ácido Etilendiaminotetraacético

El EDTA se utiliza comúnmente como solución irrigadora ya que tiene la propiedad de ser quelante y poder eliminar la porción mineralizada del barrillo dentinario. Es un ácido poliaminocarboxílico con la fórmula $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$. Su importancia como agente quelante es gracias a su capacidad para atraer iones metálicos como Ca^{2+} y Fe^{3+} . ⁽²⁾

Mecanismo de acción

En la exposición directa durante un tiempo prolongado, el EDTA extrae las proteínas de la superficie bacteriana al combinarse con iones metálicos de la membrana celular, lo que eventualmente puede conducir a la muerte bacteriana. Los quelantes como el EDTA forman un complejo estable con el calcio. Cuando todos los iones disponibles se han unido, se forma el equilibrio y no se produce más disolución; por lo tanto, EDTA es autolimitante. ⁽¹⁰⁾

Aplicaciones clínicas del EDTA en endodoncia

El EDTA normalmente es utilizado a una concentración al 17% y tiene la capacidad de eliminar el barrillo dentinario cuando contacta directamente con la pared del conducto radicular durante menos de 1 min. El proceso desmineralizante es autolimitante, el EDTA solo no es capaz de eliminar eficazmente el barrillo dentinario, debe funcionar en conjunto con un

componente proteolítico (hipoclorito de sodio), para la eliminación de los componentes de barrillo dentinario. ⁽²⁾

Factores como la concentración, tiempo de aplicación y el pH interfieren sustancialmente en las propiedades del EDTA, las soluciones al 17% alcanzan un efecto quelante ideal después de 1 minuto de su aplicación, aumentando la disolución de los cristales de hidroxiapatita. Por otro lado, el uso prolongado del EDTA es capaz de producir la disolución severa de la dentina peritubular e intratubular. ⁽¹⁸⁾

Interacción del EDTA y el NaOCl

Los investigadores han estudiado las interacciones entre EDTA y NaOCl. Concluyeron que el EDTA conservó su capacidad de unir calcio cuando se mezcló con NaOCl, pero el EDTA causó que NaOCl perdiera su capacidad de disolver tejidos, prácticamente sin cloro libre detectado en las combinaciones. Clínicamente, esto sugiere que el EDTA y el NaOCl deben usarse por separado. En un régimen de irrigación alterna, se deben administrar grandes cantidades de NaOCl para eliminar los restos del EDTA. En endodoncia, el EDTA actualmente se utiliza una vez que se completa la limpieza y la conformación durante aproximadamente 1 minuto. Se puede activar por ultrasonidos para una mejor penetración en los túbulos dentinarios. Debe tenerse en cuenta que un aumento de la temperatura del EDTA no es deseable, ya que los quelantes tienen un rango de temperatura en el que pueden trabajar de la mejor manera. Cuando el EDTA se calienta de 20 a 90°, la capacidad de unión al calcio disminuye. ⁽¹⁰⁾

2.3.2. Técnicas de irrigación

Hemodinámica de la irrigación

La eficacia de la irrigación del sistema de conductos radiculares en cuanto a la eliminación de residuos de medicación intraconducto y la erradicación de bacterias dependen de varios factores: profundidad de penetración de la aguja, diámetro del conducto radicular, diámetro interno y externo de la aguja, presión de la irrigación, viscosidad de la solución irrigadora, velocidad del Irrigante en la punta de la aguja y tipo de orientación del bisel.² El tamaño y la longitud de la aguja de irrigación respecto a la dimensión del conducto es fundamental para que el protocolo de irrigación sea eficaz. Si el diámetro externo de la aguja es demasiado grande o rígido, puede impedir la introducción del Irrigante en el punto más apical del conducto radicular o en áreas poco accesibles del sistema de conductos radiculares.⁽²⁾ Fig.3

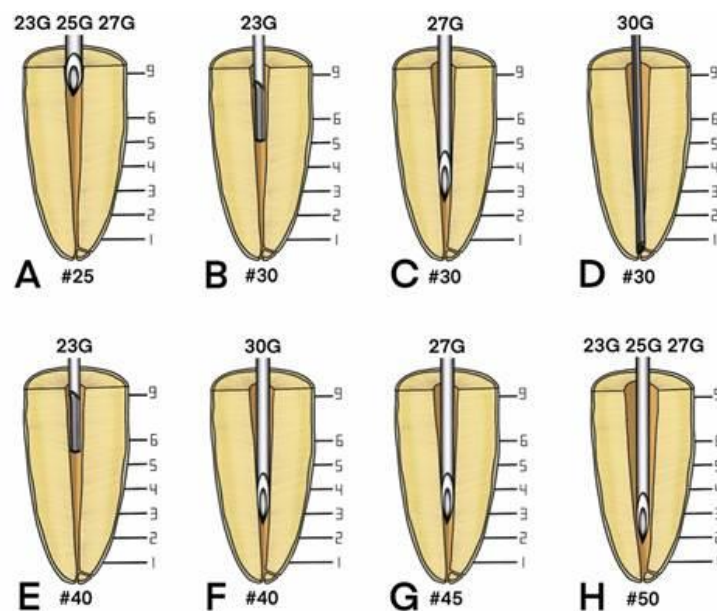


Fig 3. Correlación de la preparación apical y el calibre de la aguja¹⁸

El diámetro interno de la aguja se correlaciona con la presión necesaria para mover el embolo de la jeringa y la velocidad a la que sale el Irrigante. Las agujas estrechas necesitan más presión y extrudirán a mayor velocidad que las agujas de gran diámetro. Aunque una aguja con un diámetro interno mayor extrudiría con un mayor volumen con el tiempo. ⁽³⁾

Las agujas comunes tienen un diámetro de 0.40mm (calibre27), pero también existen puntas de irrigación especiales con diámetros externos de 0.30mm (calibre30). ⁽²⁾

2.3.2.1. Activación dinámica manual

La irrigación manual dinámica se puede realizar con limas manuales, cepillos o una punta de gutapercha cónica bien ajustada. Debe tenerse en cuenta que la activación dinámica manual comienza temprano durante la preparación del conducto radicular cuando se coloca la primera lima manual de exploración dentro del conducto. Es la progresión apical del instrumento la que mueve el irrigante más allá de la punta y, una vez que se alcanza la longitud de trabajo, el movimiento alternativo vertical utilizado permite que la solución involucre todo el espacio del conducto. Pero, obviamente, en esta etapa del procedimiento, la cantidad de irrigante es pequeña. Durante el modelado del conducto, el uso repetido de una lima de permeabilidad después de cada instrumento de modelado activo ayuda a romper las burbujas de gas y mueve el irrigante nuevo hacia los últimos milímetros apicales mezclándolo con la solución estancada de la "zona muerta". La frecuencia de reposición del irrigante coronal con la jeringa junto con la conformación progresiva del conducto radicular y el uso repetido de limas de permeabilidad son factores que permiten la entrega de irrigante más y más apicalmente. En 1980, luego de una serie de investigaciones sobre la irrigación endodóntica, tuvo sentido para el autor proponer el uso sistemático de un cono maestro cónico bien ajustado al final del procedimiento de conformación para agitar la solución de irrigación y permitir que se involucre en toda la longitud. del conducto radicular. La

activación dinámica manual es una forma simple pero rentable de ayudar al irrigante a entrar en contacto con las paredes del conducto, llegar a la porción apical del conducto y eliminar el efecto de bloqueo de vapor. Genera mayores cambios de presión dentro del conducto durante el movimiento hacia adentro y hacia afuera del cono de gutapercha, y la frecuencia de los golpes crea turbulencias y mejora la difusión por esfuerzos cortantes. La presencia de un espacio de reflujo delgado entre el cono y las paredes del conducto es fundamental para permitir que el irrigante fluya de regreso a lo largo del cono e induzca un efecto hidrodinámico efectivo.^(10,19) Fig. 4

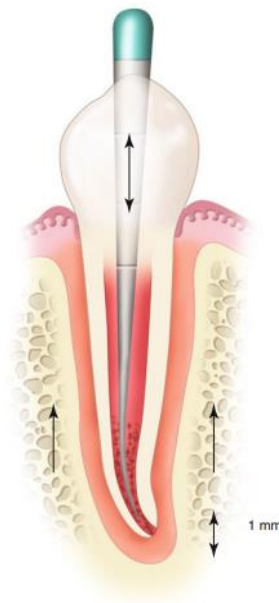


Fig 4. Agitación del cono de gutapercha.⁽¹⁰⁾

Finalmente, la activación dinámica manual facilita la mezcla de la solución fresca con la solución estancada en los milímetros apicales. La eficiencia de la técnica fue confirmada por varios estudios. Huang et al., que utilizó un modelo de biopelícula de colágeno teñido, demostró que la agitación manual del cono maestro era significativamente más eficaz para eliminar el colágeno teñido de las superficies del conducto que la irrigación estática.⁽¹⁰⁾

2.3.2.2. Irrigación ultrasónica pasiva

Sistema introducido por Richman en 1957 en endodoncia. La lima activada por ultrasonidos tiene la capacidad de preparar y eliminar simultáneamente los desechos y medicamentos presentes dentro del conducto radicular. La frecuencia de oscilación de la lima va de los 25 a los 30 KHz. Funcionan con vibración transversa Fig.5, configurando un patrón característico de nodos y antinodos en su longitud. Existe un inconveniente en la implementación de la irrigación ultrasónica, ya que es difícil de controlar el corte de la dentina. ⁽²⁰⁾

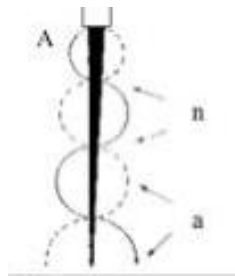


Fig 5. Oscilación ultrasónica ²¹

Esencialmente existen dos tipos de irrigación ultrasónica: ⁽²⁰⁾

- Irrigación con instrumentación sónica simultanea
- Irrigación sin instrumentación sónica simultanea/ irrigación ultrasónica pasiva

Debido a la complejidad anatómica de los sistemas de conductos radiculares, el instrumento nunca contactará con toda la pared del conducto. Por tanto, la irrigación ultrasónica podría comportar un corte no controlado de la pared, sin una limpieza eficaz. La irrigación ultrasónica pasiva se basa en la transmisión de energía acústica de una lima oscilante o un alambre liso a un irrigante en el conducto radicular. La energía se transmite por ondas ultrasónicas y puede inducir una corriente acústica y cavitación del irrigante. Una vez modelado el conducto a la lima apical maestra (independiente de la técnica de preparación utilizada), se introduce una lima pequeña o un alambre liso (p. ej., n.º 15) en el centro del conducto,

hasta la región apical. El conducto radicular se llena con una solución irrigante que se activa con la lima oscilante ultrasónicamente. Dado que el conducto radicular ya se ha modelado, la lima o el alambre pueden moverse libremente y el irrigante puede entrar más fácilmente en la zona apical del sistema de conductos radiculares, y el efecto de limpieza es más significativo. Con esta metodología no cortante, se reduce al mínimo el potencial de crear formas aberrantes en el conducto radicular. Una lima mayor del n.º 15 o 20 sólo oscilará libremente en un conducto ancho. De hecho, una lima n.º 25 produce menos corriente acústica que una lima 15 y 20. En consecuencia, una lima mayor de 20 es básicamente diferente del principio básico de la irrigación ultrasónica pasiva. La eficacia de limpieza de la irrigación ultrasónica pasiva implica la eliminación eficaz de los residuos de dentina, microorganismos y tejido orgánico del conducto radicular. Por la corriente activa del irrigante, aumentará el contacto con una mayor superficie de la pared del conducto. Si se utiliza la activación ultrasónica del irrigante de hipoclorito, es importante aplicar el instrumento ultrasónico una vez finalizada la preparación del conducto. Un instrumento de oscilación libre tendrá más efectos ultrasónicos en la solución irrigante que otro que se una a las paredes del conducto. Además, las limas ultrasónicas pueden cortar de forma no controlada las paredes del conducto, especialmente si se utilizan durante la preparación. Por tanto, es mejor insertar un instrumento fino, no cortante de forma controlada una vez preparado el conducto. ⁽²⁾

2.3.2.3. Presión apical negativa -EndoVac-

La presión se define como una fuerza por unidad de área. Durante el tratamiento del conducto radicular, se ejerce presión contra la pared del conducto radicular cuando la solución irrigadora se administra en el espacio del conducto radicular. La presión negativa se refiere a una situación en la que un volumen cerrado tiene una presión más baja que su entorno. Esto

evita que los microorganismos escapen y lo hace más seguro para los pacientes. ⁽¹⁰⁾

El sistema EndoVac fue desarrollado para lograr irrigar de manera segura y predecible el tercio apical, permitiendo así una mejor penetración de la solución de irrigadora en la anatomía y morfología inherentes del sistema de conductos radiculares, como istmos, comunicaciones entre canales e intracanales, curvaturas y canales de forma ovalada. Todas estas variables anatómicas hacen que la desinfección del conducto radicular sea extremadamente difícil. ⁽¹⁰⁾

El sistema EndoVac se basa en el principio antes mencionado de presión negativa, el cual permite un flujo eficiente del irrigante, así como su simultaneo retorno. ⁽²⁰⁾ Fig. 6



Fig 6. Flujo y retorno de la solución irrigadora usando sistema EndoVac. ⁽²²⁾

El sistema de irrigación apical de presión negativa EndoVac tiene tres componentes activos Fig. 7, la punta de entrega maestra, la macrocánula y la microcánula. La punta de entrega maestra acomoda una jeringa de irrigante, que se expresa a través de una aguja de calibre 20. También hay una campana de succión de plástico unida alrededor de la aguja de calibre 20 que está conectada a un tubo de plástico transparente que se inserta en un adaptador multipuerto que a su vez se inserta en la succión de alto volumen. La macrocánula se utiliza para extraer irrigante por succión desde la cámara hasta los segmentos coronal y medio del canal, mientras que el irrigante se entrega simultáneamente a la cámara pulpar dirigida hacia una pared axial y nunca hacia un canal original. La microcánula está unida a

una pieza de aluminio esterilizable en autoclave y se utiliza para el riego de la parte apical del canal cuando se coloca a la longitud de trabajo. La microcánula tiene un extremo cerrado y debe llevarse a toda la longitud de trabajo para aspirar irrigantes y desechos. ⁽¹⁰⁾



Fig 7. A) Punta Maestra de entrega B) Microcánula ⁽²²⁾

Las principales ventajas del sistema EndoVac sobre otros sistemas son principalmente: ⁽²⁰⁾

- La administración segura de la solución irrigadora
- Bajo riesgo de extrusión apical de la solución irrigadora
- Limpieza mejorada del tercio apical del conducto radicular

2.3.2.4. Sistema XP Endo Finisher

El XP-endo Finisher (FKG) es un instrumento rotatorio de endodoncia NiTi., está especialmente diseñado para agitar vigorosamente la solución irrigadora y ser utilizado como paso final de la etapa de irrigación/desinfección, así como en la remoción de residuos de medicación intraconducto de hidróxido de calcio. Se corresponde con el tamaño de un instrumento #25, no tiene conicidad, no corta la dentina, se expande y trabaja de forma tridimensional cuando se lo emplea a temperatura corporal. se ha indicado que el instrumento debe ser descartado luego del primer uso. ^(23,24)

Protocolo clínico para el uso del instrumento:⁽²⁵⁾ Fig.8

1. Instrumentación previa mínima hasta un instrumento #25.
2. Ajustar la longitud de trabajo utilizando una regla endodóntica.
3. Introducir el XP-endo Finisher recto en el conducto que desee tratar, dirigiendo la punta hacia la cúspide y activar el motor.
4. Activación de soluciones irrigadoras por un minuto; los primeros 30 segundos con NaOCl y lo restante con EDTA, con movimientos largos y suaves de aproximadamente 7 a 8mm empleando siempre un tope de silicón, y apoyando el instrumento contra las paredes durante el procedimiento.

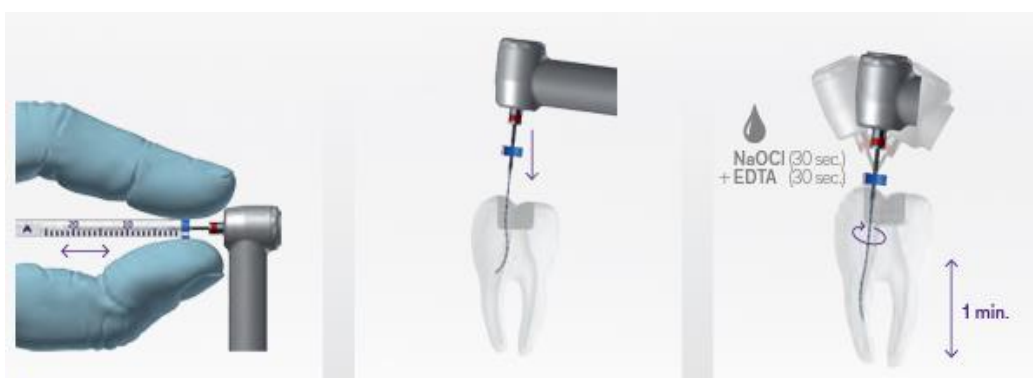


Fig 8. Secuencia clínica para el uso de instrumento XP-endo Finisher.²⁵

2.3.2.5. Activación sónica -Sistema EndoActivator-

La eficacia de la activación sónica/subsónica de los irrigantes se ha evaluado como una forma de mejorar la limpieza general del conducto radicular. Los dispositivos sónicos generalmente oscilan a una frecuencia de 20-20,000 Hz. Por definición, la frecuencia sónica es cualquier cosa en el rango de audición audible de un ser humano. Los principales sistemas disponibles para producir agitación sónica/subsónica son la pieza de mano

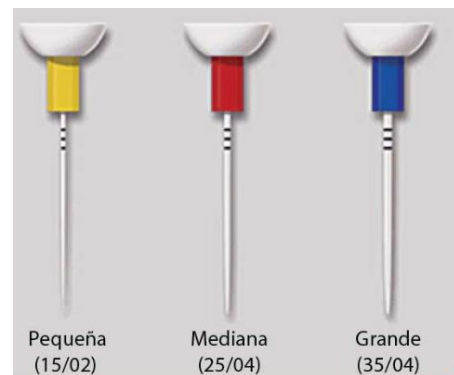
Micromega®, Sonic Air®1500, Rispi-Sonic®, el sistema EndoActivator® (Fig. 9)⁷. y el sistema de riego sónico Vibringe® (Vibringe B.V.).⁽¹⁰⁾

Fig 9. Sistema EndoActivator.⁽⁷⁾



El EndoActivator es una pieza de mano portátil que funciona con baterías y un motor eléctrico de 3 velocidades. Esa pieza de mano acepta una de tres puntas de diferentes tamaños, desechables y de polímero (15/02, s5/04, 35/04).⁽⁷⁾ Fig.10

Fig 10. Puntas plásticas de EndoActivator.⁽⁷⁾



Las puntas de polímero son de lados lisos. Jiang et al. informaron que las frecuencias de operación eran 160, 175 y 190 Hz. Estas frecuencias son diferentes de las frecuencias informadas por el fabricante de 33, 100 y 167 Hz. Las puntas agitan la solución de irrigación colocada en el conducto radicular y acceden a la abertura a través de la irrigación con aguja.⁽¹⁰⁾

El criterio de selección para las puntas de polímero es que principalmente no se adhiera a la pared del canal radicular en los 2-3 mm apicales, permitiendo un movimiento sencillo hacia arriba y hacia debajo de la punta. El sistema sónico ha sido diseñado con el propósito de realizar una activación de las soluciones irrigadoras de forma segura. Las puntas vibratorias provocan la activación de la solución irrigadora.⁽²⁰⁾

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los objetivos primordiales de realizar un tratamiento del sistema de conductos radiculares es la eliminación bacteriana, para ello resulta necesario apoyarse del hidróxido de calcio, que es uno de los agentes químicos más utilizados durante tratamientos endodónticos. Resulta de suma importancia la remoción completa del hidróxido de calcio cuando es implementado como medicación intraconducto previo a la obturación del sistema de conductos, ya que diversos estudios han demostrado que la presencia de remantes de esta medicación dentro de los conductos compromete la penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios. Se ha puesto en evidencia que el hidróxido de calcio interactúa con cementos selladores a base de óxido de zinc y eugenol, formando eugenolato de calcio, aumentando de esta forma la posibilidad de presentar filtración apical.

Ha sido posible constatar a través de diversas investigaciones que la remoción del hidróxido de calcio implementando métodos convencionales resulta deficiente, comprometiendo de esta manera el porcentaje de éxito del tratamiento de conductos. Actualmente no existe un protocolo para la remoción ideal del hidróxido de calcio.

¿Cuál es el método más eficaz entre la activación dinámica manual, la irrigación ultrasónica pasiva y el sistema XP-endo Finisher para la eliminación de la medicación intraconducto del sistema de conductos radiculares?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se encuentra enfocada en la comparación de tres métodos para la eliminación de la medicación intraconducto a base de hidróxido de calcio, a fin de poder determinar cuál de ellos obtiene un mayor índice de remoción, ya que los remanentes de la medicación intraconducto son capaces de interferir directamente con las propiedades físicas de los cementos selladores así como ser una barrera física que impide la correcta adhesión de cementos selladores a base de resina en las paredes del conducto radicular.

5. HIPÓTESIS

H: El método que presentó una mayor capacidad de eliminación en la presencia de curvaturas es el sistema XP-endo Finisher.

6. OBJETIVO

6.1. Objetivo general

Comparar la eficacia de la activación dinámica manual, irrigación ultrasónica pasiva y sistema XP-endo Finisher en el proceso de eliminación del hidróxido de calcio como medicación intraconducto.

6.2. Objetivos específicos

1. Cuantificar la cantidad de medicación intraconducto remanente en el conducto radicular después de la implementación de la activación dinámica manual.
2. Cuantificar la cantidad de medicación intraconducto remanente en el conducto radicular después de la implementación de la irrigación ultrasónica pasiva.
3. Cuantificar la cantidad de medicación intraconducto remanente en el conducto radicular después de la implementación del sistema XP-endo Finisher.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales

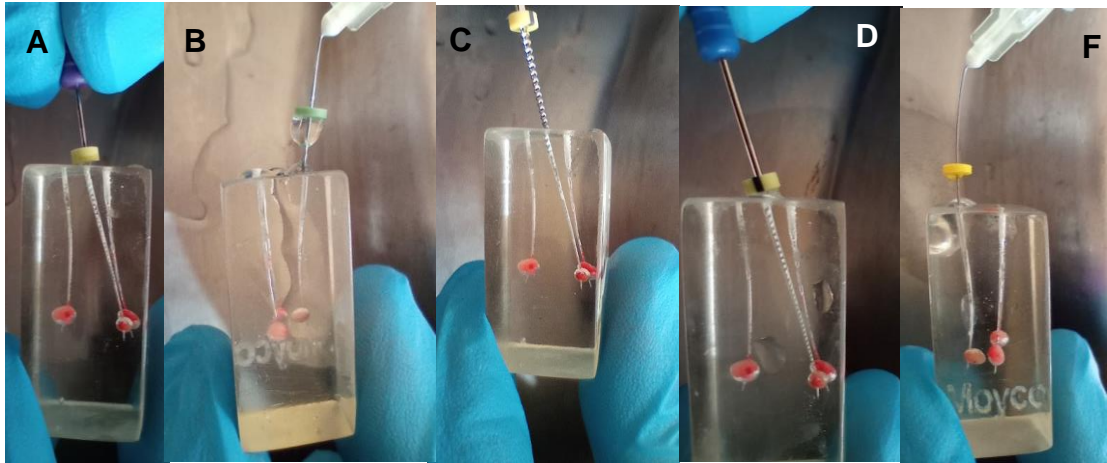
- 7 bloques de entrenamiento de tres conductos cada uno (Moyco)
- Pasta de hidróxido de calcio Ultrapex (Meta Biomed)
- Hipoclorito de sodio al 2.5%
- EDTA al 17%
- Lima tipo k #10
- Lima tipo k #25
- Limas de primera serie
- Limas de segunda serie
- Jeringa para irrigar de 3mL
- Aguja endo Eze (Ultradent)
- Sistema XP-endo Finisher (FKG)
- Endomotor NSK
- Activador ultrasónico Ultra X (Eighteeth) con la punta X Blue (Flexible)

7.2. Método

Como método de instrumentación se implementó la técnica corono-apical

- 1) La permeabilidad de los conductos se confirmó pasando una lima K # 10 (Dentsply Maillefer)
- 2) Se obtuvo medida de Longitud de trabajo (16mm)
- 3) Se seleccionó la lima # 70, se adaptó a la entrada del conducto, se realizaron movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 4) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 5) Se Introdujo la lima # 60 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 6) Se verificó permeabilidad con lima K #10

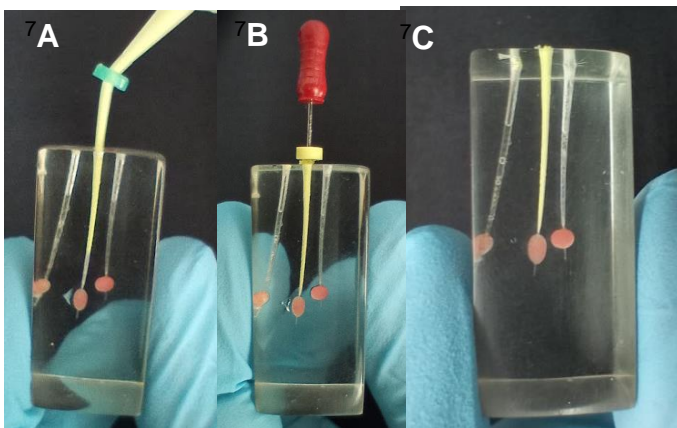
- 7) Se Introdujo la lima # 55 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 8) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 9) Se Introdujo la lima # 50 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 10) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 11) Se Introdujo la lima # 45 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 12) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 13) Se Introdujo la lima # 40 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 14) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 15) Se Introdujo la lima # 35 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 16) Se verificó permeabilidad con lima K #10
- 17) Se Introdujo la lima # 30 realizando movimiento de fuerzas balanceadas, irrigación
- 18) Se utilizaron 3 ml de NaOCl al 2.5 % como solución de irrigación intracanal mediante el uso de una aguja de extremo abierto con corte lateral de 30 G (endo Eze Ultradent)
- 19) Después de completar la preparación mecánica, se aplicó un enjuague final usando 3 ml de EDTA al 17 % seguido de 5 ml de suero fisiológico
- 20) Los conductos radiculares se secaron con puntas de papel



Fotografía 1. A) Patentización del conducto radicular, B) irrigación con Hipoclorito de Sodio, C) Instrumento inicial (Lima #70) D) Instrumento final (Lima #30), F) irrigación final con EDTA.

Colocación del hidróxido de calcio

Los conductos radiculares se rellenaron con una pasta de hidróxido de calcio Ultrapex (Meta Biomed), inyectándolo directamente en cada conducto, para hacer llegar la medicación a todo el conducto fue necesaria la implementación de una lima #25 K. (Fotografía 2).



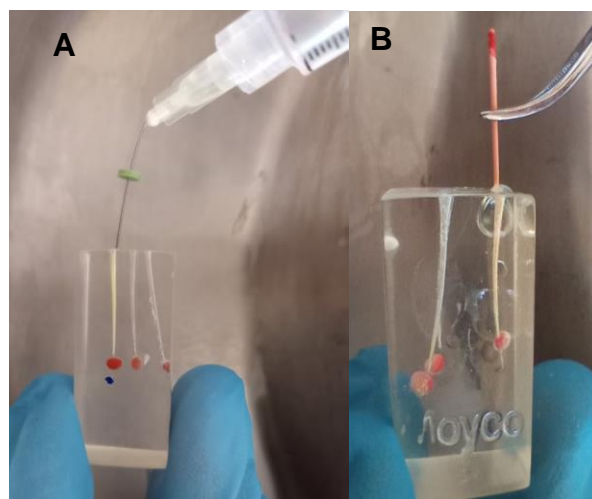
Fotografía 2. A) inyección de medicación intraducto (Ultrapex), B) Distribución de medicación intraconducto con lima #25, C) medicación colocada

Asignación de grupos de estudio:

- Grupo 1: Control positivo. Conductos con colocación de medicación intraconducto
- Grupo 2: Control negativo. Conductos instrumentados, sin colocación de medicación intraconducto
- Grupo 3: Activación dinámica manual.
- Grupo 4: Irrigación ultrasónica pasiva.
- Grupo 5: Sistema XP-endo Finisher.

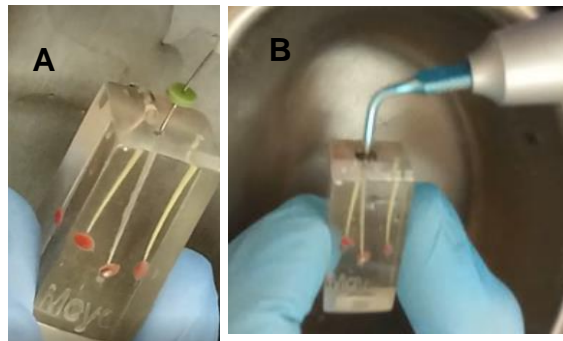
Remoción de hidróxido de calcio

Grupo3: se utilizó una punta de gutapercha #25, un calibre menor al último instrumento implementado en la instrumentación, se realizó protocolo de irrigación y se procedió a realizar movimientos de entrada y salida por 30 segundos, produciendo la agitación de la solución irrigadora. Antes de cada ciclo de activación, se aplicaron 3 mL de NaOCl al 2.5% en el conducto radicular con una jeringa Se realizaron 3 aplicaciones. (Fotografía 3)



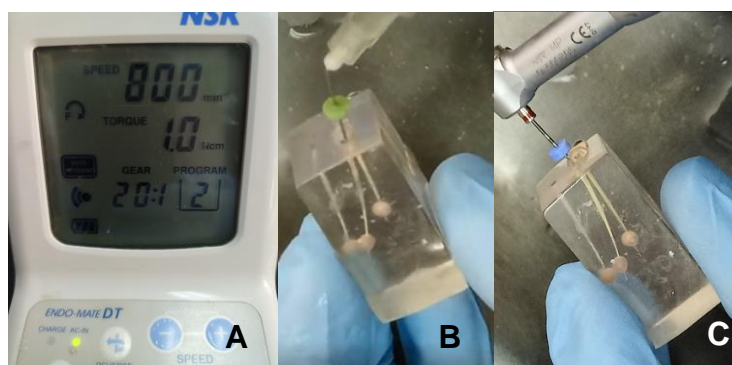
Fotografía 3. A) Irrigación con NaOCl, B) Activación dinámica manual

Grupo 4: Se utilizó el activador ultrasónico Ultra X (Eighteeth) con la punta X Blue (Flexible). La punta se insertó 1 mm corto de la longitud de trabajo en el conducto, se realizaron movimientos de entrada y salida con una amplitud de 5 mm. Antes de cada ciclo de activación, se aplicaron 3 mL de NaOCl al 2.5% en el conducto radicular con una jeringa. El irrigante se activó durante 30 s. Se realizaron tres aplicaciones. (Fotografía 4).



Fotografía 4. A) Irrigación con NaOCl, B) irrigación ultrasónica pasiva

Grupo 5: La lima XP-endo Finisher NiTi fue accionada por motor X-Smart plus a una velocidad de 800 rpm y un torque de 1 Ncm. La lima XP-endo Finisher se colocó 1 mm por debajo de la longitud de trabajo y se realizaron movimientos de entrada y salida con una amplitud de 5 mm. Antes de cada ciclo de activación, se aplicaron 3 mL de NaOCl al 2.5% en el conducto radicular con una jeringa. El irrigante se activó durante 30 s. Se realizaron tres aplicaciones. (Fotografía 5)



Fotografía 5.
A) Endomotor NSK B)
Irrigación con NaOCl, C)
Sistema XP-endo
Finisher

8. RESULTADOS

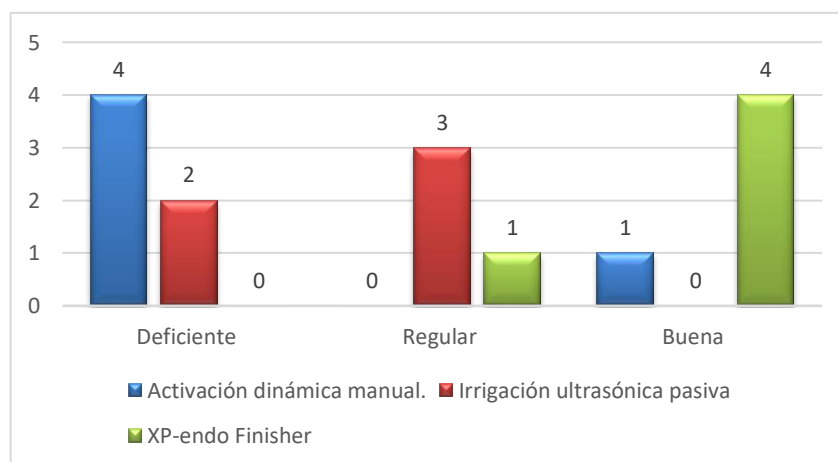
Los resultados obtenidos fueron medidos cualitativamente a través de la observación visual y medidos mediante una escala representada en la Tabla 1.

La cantidad de hidróxido de calcio remanente en las paredes de los conductos radiculares se presenta en la Grafica 1. Fue observada una mayor concentración de remanente de hidróxido de calcio al ser retirado mediante la activación manual dinámica con un cono de gutapercha, mientras que los métodos más eficaces fueron la irrigación ultrasónica pasiva, teniendo limitaciones en la presencia de curvaturas en el trayecto del conducto y el sistema XP-endo Finisher, siendo este último el que presento un mejor resultado, mostrando una mínima cantidad de remanentes en la zona apical.

Grado de limpieza de los conductos radiculares	
Deficiente	Menor o igual a 1/3 del conducto
Regular	Menor o igual a 2/3 del conducto
Buena	Menor o igual a 3/3 del conducto

Tabla 1.

Fueron evaluados 5 conductos para cada uno de los métodos implementados.



Grafica. Número de conductos con resultado deficiente, regular y bueno de cada uno de los métodos evaluados.

9. DISCUSIÓN

La medicación intraconducto debe ser completamente eliminada de las paredes de los conductos radiculares antes de proceder a la obturación. Ha sido comprobado que la medicación residual interactúa con la penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios, comprometiendo a la posible microfiltración de la obturación. ⁽²⁶⁾

Se han publicado numerosos estudios sobre la eliminación del hidróxido de calcio u otros medicamentos implementados para la desinfección del sistema de conductos radiculares utilizando una serie de métodos complementarios al protocolo básico de irrigación.

El presente estudio in vitro fue realizado para comparar la capacidad que poseen diferentes métodos para eliminar el hidróxido de calcio de los conductos radiculares, dando como resultado la superioridad en la remoción del hidróxido de calcio a través del uso de métodos de irrigación ultrasónica pasiva y el sistema XP-endoFinisher, frente a la técnica de irrigación manual activada con cono de gutapercha ya que este método solo funciona de manera eficaz en presencia de conductos curvos.

El funcionamiento de la irrigación ultrasónica pasiva se basa en la transmisión de energía desde un instrumento que oscila ultrasónicamente al irrigante. La eficiencia de este método no depende únicamente del tiempo de activación, sino que mejora con el recambio del irrigante en cada intervalo de aplicación. ⁽²⁷⁾ En la presente investigación se comprobó que efectivamente el recambio de la solución irrigadora entre cada ciclo de aplicación coadyuva a la mejor eliminación de la medicación intraconducto. El modo de acción del sistema XP-endoFinisher se basa en la rotación a 800 rpm y en contacto físico del instrumento rotatorio con las paredes del conducto. Como consecuencia el irrigante se agita y el hidróxido de calcio es eliminado de las paredes del conducto. Se ha informado que la activación prolongada del XP-endo Finisher muestra superioridad en comparación con la irrigación ultrasónica pasiva en el tercio apical. ⁽²⁸⁾ En comparación con lo observado en esta investigación la activación del XP-

endo Finisher resulta más efectiva en el mismo intervalo de tiempo que el implementado para la irrigación ultrasónica pasiva, pero solo en conductos con presencia de curvaturas.

En el presente estudio se utilizó como Irrigante en cada uno de los grupos de estudio hipoclorito de sodio al 2.5%. existen reportes en la literatura que demuestran que existe un mejor resultado en la remoción del hidróxido de calcio cuando se implementa EDTA al 17% ya que se trata de un agente tensoactivo que reduce la tensión superficial y mejora la limpieza del conducto radicular.⁽²⁹⁾ El EDTA en la presente investigación fue utilizado en el protocolo de eliminación de la medicación intraconducto ya que existe evidencia de que su uso prolongado provoca disociación de las paredes de dentina y no muestra diferencias significativas en comparación del uso de NaOCl.

CONCLUSIONES

1. Se logró comprobar la hipótesis de investigación, ya que el sistema XP-endo Finisher obtuvo resultados superiores a la irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de la medicación intraconducto.
2. La irrigación activada manualmente resulto ser menos efectiva en comparación a la irrigación ultrasónica pasiva y el sistema XP-endo Finisher, los cuales lograron eliminar la medicación de 2/3 y de la totalidad del conducto radicular.
3. La eficacia en la eliminación de la medicación intraconducto depende en gran medida de la morfología del sistema de conductos radiculares, ya que mientras más compleja sea esta, existe un menor porcentaje de eliminación de la medicación intraconducto, independientemente del sistema que se implemente.
4. La comparación realizada en la presente investigación permitió verificar que no existe un método con el 100% de efectividad para la eliminación de la medicación intraconducto de hidróxido de calcio, ya que todos presentan en mayor o menor grado persistencia de remanentes; por este motivo concluimos que los métodos deben usarse en combinación, para así lograr una eliminación más completa de la medicación intraconducto y por ende obtener mayor certeza en el éxito clínico.
5. Los irrigantes más eficaces utilizados en el proceso de eliminación de la medicación intraconducto son el hipoclorito de sodio, principalmente por su acción bactericida y el EDTA utilizado por su acción quelante.

Referencias Bibliográficas

1. Canalda Salhi C, Brau Aguadé E. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. 3° Ed. Barcelona, España. Elsevier Masson, 2014. p. 186-190, 198-203
2. Hargreaves KM, Berman LH, COHEN VÍAS de la PULPA. 11° Ed, Barcelona, ELSEVIER, 2016. p. 249-265
3. Vázquez-de-León A, Mora-Pérez C, Palenque-Guillemí A, Sexto-Delgado N, Cueto-Hernández M. Actualización sobre afecciones pulpares. Medisur [revista en Internet]. 2008 [citado 2022 Dic 6]; 6(3): [aprox. 25 p.]. Disponible en: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/5493>.
4. Martha K. Ferreira Belisario. Medicación Intraconducto Empleada en la Terapia Endodóntica de Dientes con Necrosis Pulpar; enero 2002 -Abril 2005
5. María Alejandra Navarro " Conceptos Actuales sobre el Complejo Dentino-Pulpar.Fisiología Pulpar";2003-2005.
6. Marchena L, Cabrera I. Revisión sistemática del hidróxido de calcio para proteger el complejo dentino-pulpar.2019[Citado 2022 Dic 6]; Disponible en: <https://www.eldentistamoderno.com/2019/03/revision-sistemica-del-hidroxido-de-calcio-para-proteger-el-complejo-dentino-pulpar/>
7. Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia: técnica y fundamentos. 2° Ed. Buenos Aires, Medica panamericana, 2012. p. 205-221
8. Schilder H, Amsterdam M. Inflammatory potential of root canal medicaments. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 1959.
9. García RL,Briseño B. Endodoncia I Fundamentos y clínica 1° Ed. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México. 2016. p. 68-71
10. Basrani B. Endodontic irrigation: chemical disinfection of the root canal system. Springer International, 2015. p. 99-116, 149-197

11. Siqueira JF, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J* 1999; 32:361-9
12. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes, classification and clinical indications. *Int End Jou.* 1999, Vol. 32, 257-282
13. Estrela C. *Ciencia Endodóntica.*, Brasil, Editora Artes Médicas Ltda, 2005. p. 416-527
14. Siquiera J. *TREATMENT OF ENDODONTIC INFECTIONS.* 2011
15. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. *Cohen's Pathways of the pulp.* 10^a ed. Elsevier, 2014. p. 246-254
16. Mohammadi Z, Shalavi S. A Review on Root Canal Irrigation Solutions in Endodontics. *ICER.* 2021, Vol 10: 121-132
17. De Lima ME. *ENDODONCIA, Ciencia y tecnología.*, Venezuela, AMOLCA, 2016. p. 253-267, 299-320
18. Baasch Alessandra, Brisson-Suárez Karen, Koury Juan Miguel, Vieira Víctor Talarico Leal, Alves Flavio Ferreira. Influencia de los Diseños de Aguja Endodóntica en la Irrigación de Conductos Radiculares. *Int. J. Odontostomat.* [Internet]. 2021 Sep [citado 2022 Dic 1]; 15(3): 756-764. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2021000300756&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2021000300756>.
19. Ryul Kim Jong et al. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *JOE.* [Internet]. 2009; 35 (6): 791-804
20. Khatod SS, Ikhar AD, et al. J. *Evolution Med.* Removal Techniques for intracanal Medicament- A Review. 2020; 9:1097-1101
21. Carlos Bóveda *Endodoncia. Ultrasonido en endodoncia.* [Citado 2022 Dic 4] Disponible en: https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoool/odontoinvitado_50.htm
22. Kurtzman G, Afrashtehfar K. Mejorando el éxito en endodoncia a través del uso del sistema de irrigación EndoVac. *Innovación odontológica* 2015 [Internet]. [Citado 2022 Dic 6] Disponible en:

Chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.portalodontologos.mx/publicaciones/publicaciones/DentistayPaciente-feb-1.pdf

23. Denna J, A Shafie L, et al. MDPI. Efficacy of the Rotary Instrument XP-Endo Finisher in the Removal of Calcium Hydroxide Intracanal Medicament in Combination with Different Irrigation Techniques. 2020; 13
24. Donnermeyer D, Wyrscb H, et al. JOE. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. 2019; 45:322-326
25. FKG Swiss Endo Iberia. XP-endo Finisher. [Internet]. España: FKG; 2021. [Citado 2022 nov 10]. Disponible en: <https://www.fkgiberia.com/es/productos/endodoncia/retratamiento/xp-endo-finisher-#:~:text=El%20XP%2Dendo%C2%AE%20Finisher,desinfectar%20el%20conducto%20con%20eficacia>.
26. Khademi A, Amini K. et al. Dental Research Journal. Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with RinsEndo sistema in comparison whit passive ultrasonic irrigation, an-in vitro study. 2015; 12:157-160
27. Alturaiki S, et al. JOE. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. 2015; 41:97-101
28. Shi L, Wu S. Journal of Dental Sciencies. Efficacy of five irrigation techniques in removing calcium hydroxide from simulated S-shaped root canals. 2021; 17:128-134
29. Scarlatescu S, Gheorghiu I. ARS. The effectiveness of diferente final irrigation protocols for removal of calcium hydroxide intracanal medication from root canal. 2019; 25:161-165