



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

El uso de ozono en la terapia endodóncica. Revisión
bibliográfica.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

RODRIGO AUGUSTO NOYA FRAGOSO

TUTOR: Mtro. PEDRO JOSÉ PALMA SALAZAR

ASESOR: C.D. JOSÉ LUIS CORTÉS PARRA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Agradecimientos

A mis padres... porque gracias a su guía y apoyo he llegado realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida: concluir una carrera universitaria. Gracias por su cariño, comprensión y tolerancia durante todos estos años.

A Gaby, mi novia... por ser mi compañera de estudios, mi mejor amiga y colega durante la licenciatura. Gracias por estar ahí cuando más te necesitaba y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

Al Dr. Pedro José Palma y al Dr. José Luis Cortes por apoyarme en la etapa final de mi carrera, gracias por aportarme su conocimiento, paciencia y todo su tiempo.

A la Dra. Sarai Cortés por darme la confianza y abrirme las puertas de su consultorio, trabajar a su lado ha sido muy enriquecedor durante todo este tiempo.

A la Facultad de Odontología de la UNAM... por todo el conocimiento y experiencias que el día de mañana serán mi mejor herramienta como profesionalista.



ÍNDICE:

Introducción.....	5
-------------------	---

CAPITULO 1:

1. Antecedentes de la preparación químico-mecánico.....	7
---	---

CAPITULO 2: SOLUCIONES IRRIGANTES.....14

2.1. Objetivos de la solución irrigante ideal.....	15
2.2. Clasificación de las sustancias irrigantes.....	18
2.3. Soluciones empleadas en la terapia endodóncica.....	18

CAPITULO 3: OZONO.....25

3.1 Composición química.....	25
3.2 Mecanismo de acción.....	26
3.2.1 Acción antimicrobiana.....	26
3.2.2. Efecto inmuno-estimulante.....	27
3.2.3. Efecto anti-hipóxico.....	27
3.2.4. Efecto biosintético.....	27
3.2.5. Tejidos dentales.....	28
3.3 Ozonoterapia en Odontología.....	28
3.3.1. Antecedentes.....	28
3.3.2. Aplicaciones del ozono en odontología.....	30
3.3.3. Sistemas de generación de ozono.....	31



3.4. Formas de administración.....	32
3.4.1. Gas ozono.....	32
3.4.2. Agua ozonizada.....	33
3.4.2. Aceite ozonizado.....	34
CAPITULO 4: EL USO DEL OZONO EN LA DESINFECCIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR.....	35
4. 1. Medicamentos y soluciones a base de ozono empleados en endodoncia.....	38
4.2. Protocolo de irrigación con ozono en el tratamiento de conductos...	40
4.3. Microbiota presente en la infección del conducto radicular.....	42
4.4. Resultados de la Ozonoterapia en el éxito del tratamiento endodónico.....	43
5. Conclusiones.....	49
Referencias bibliográficas.....	52



INTRODUCCION

En odontología, se busca estar constantemente actualizado a lo que se refiere con técnicas que beneficien tanto al paciente como al operador, el área de la endodoncia no es la excepción.

El éxito del tratamiento de conductos depende de muchos factores, entre ellos, podemos destacar la importancia de la conformación del conducto radicular y, sobre todo, la limpieza de este. Podríamos decir que el trabajo químico-mecánico es la columna vertebral del tratamiento de conductos.

La compleja morfología del sistema de conductos radiculares hasta la fecha sigue siendo la mayor preocupación durante el tratamiento de conductos. Además, los avances tecnológicos en la biología molecular nos permiten saber que existen más de 400 especies dentro de un conducto radicular infectado y estas varían durante la evolución de la infección; por esta razón, es necesario establecer un protocolo de irrigación durante el proceso biomecánico que sea eficaz contra la mayoría de las especies bacterianas. Para que un irrigante se considere funcional debe contar con una acción bactericida, capacidad de humectación, así como biocompatibilidad con tejidos.

Con el paso de los años, poco a poco se han introducido nuevas técnicas, instrumentos y agentes irrigantes, con de fin de



garantizar la completa o casi completa desinfección del conducto radicular.

La introducción de la ozonoterapia a la endodoncia es una nueva alternativa que ha cobrado fuerza estos últimos años, ya que posee características que son de interés para el proceso de desinfección del sistema de conductos radiculares y la cicatrización del tejido periapical circundante.

Actualmente contamos con diferentes dispositivos generadores de ozono, además de técnicas que permite unirlos a vehículos en específico (soluciones acuosas y oleosas); por lo que durante la última década han surgido bastantes estudios con el fin de demostrar si es la mejor opción para la desinfección del sistema de conductos radiculares.



I. Antecedentes de la preparación químico-mecánica.

La preparación químico-mecánica del sistema de conductos radiculares se divide en dos principios: Limpieza y conformación. La limpieza consiste en la eliminación de todo el material orgánico e inorgánico presente dentro de los conductos; es decir la eliminación del tejido pulpar, la capa de predentina y el correcto desgaste de la pared dentinaria, mientras que la conformación del conducto se refiere a ampliar y darle una forma cónica desde su tercio apical, sin modificar su trayectoria, de tal manera que facilite su obturación hermética y tridimensional. ¹

El objetivo del tratamiento endodóncico en el caso de los dientes con necrosis pulpar, es la eliminación de los microorganismos presentes dentro del sistema de conductos radiculares. Por lo tanto, cualquier resto de tejido, bacteria o residuos que permanezcan después de la instrumentación dentro del conducto, favorece al fracaso del tratamiento. ¹

En el conducto radicular podemos encontrar tejido pulpar sano, infectado o necrótico; por lo que la remoción de este se realiza de manera sistemática por medio de instrumentos que trabajan sobre las paredes del conducto (preparación mecánica) y el uso de sustancias químicas capaces de eliminar dicho contenido además de lubricar y desinfectar durante el proceso de irrigación. De esta manera, la conjunción de estos procedimientos recibe el nombre de preparación químico-mecánica. ¹

Por lo tanto, a pesar de que durante la preparación mecánica se disminuye considerablemente la cantidad de microorganismos presentes en el conducto radicular infectado, este puede presentar una compleja morfología por lo que hay zonas inaccesibles para los instrumentos. De la misma manera, se forma una capa residual de barrillo dentinario en las áreas donde el instrumento tuvo contacto. Debido a estas circunstancias, es imprescindible el uso de sustancias irrigantes que sean capaces de penetrar estas zonas sin instrumentar, así como de eliminar el material



residual, pero que respete en la medida de lo posible la estructura dental y los tejidos periapicales. ^{1, 2,3}

La importancia de la irrigación como el principal complemento a la instrumentación mecánica empezó a cobrar fuerza desde hace más de 50 años, donde podemos destacar autores como Auerbach, Stewart, Ingle y Zeldow, Nicholls, Masterson y Shih, quienes coincidieron que irrigar el conducto radicular ayudaba de forma significativa a reducir la carga bacteriana.⁴

Dentro de las primeras sustancias usadas para irrigación del sistema de conductos radiculares, capaces de desintegrar materia orgánica, podemos mencionar el uso de sodio o potasio metálico, peróxido de hidrogeno, cloramina T, peróxido de urea, clorhexidina y finalmente hipoclorito de sodio. Sin embargo, durante la práctica también se llegaron a emplear únicamente soluciones como agua o anestésico, siendo un hecho que no lograban la desintegración de materia ni desinfección dentro del conducto radicular.^{5,6}

En 1961, Sommer, Ostrander, y Crowley reportaron el uso de hipoclorito de sodio en una concentración del 5%, que al combinarlo con movimientos de rotación obtuvieron mejores resultados de disolución de tejido en la cámara pulpar.⁵

De esta manera, en 1965 Grossman, en su trabajo "Endontic practice", sugirió la combinación de hipoclorito de sodio con peróxido de hidrógeno. Al combinar estas dos sustancias observó una doble acción, donde había mayor disolución de tejidos y desinfección del conducto, además de que la velocidad de disolución de materia orgánica fue más rápida. La reacción provocada al mezclar estas dos sustancias se produce un efecto de efervescencia, lo que ocasiona que se eleven mecánicamente los desechos



libres presentes en el canal conducto mediante la liberación de oxígeno.
4,5,6

Fue así como en 1971, Senia y cols. durante sus investigaciones apoyaron esta técnica, ya que por medio de la liberación de burbujas de aire al mezclar estas dos sustancias era posible alcanzar zonas inaccesibles dentro del conducto radicular, con el único inconveniente de que para alcanzar la porción apical el conducto debía ser ensanchado antes por medio de la instrumentación mecánica hasta un calibre 30 o 35 aproximadamente.⁶

En 1982, Delany y cols. realizaron un estudio sobre el efecto de irrigación del gluconato de clorhexidina sobre la flora del conducto radicular de dientes con pulpa necrótica en dientes recién extraídos, concluyendo que esta solución irrigante en una concentración del 0.2% era un efectivo agente antimicrobiano cuando es usado como irrigante.⁷

Para este punto en la historia de los irrigantes, es importante entender que para lograr la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares era necesario contar con soluciones antisépticas capaces de mantener un ambiente húmedo con el fin de que los restos de bacterias y barrillo dentinario fueran arrastrados hacia afuera y flotaran en la cámara pulpar, para ser finalmente aspirados.⁸

Respecto al uso de quelantes, su principal adición a la técnica de irrigación fue ayudar a la eliminación de materia inorgánica, es decir, el barrillo dentinario. Dentro de las primeras sustancias usadas como quelantes fueron el ácido cítrico, ácido láctico, ácido tánico y ácido etilen diamino tetra acético (EDTA)⁸

Dentro de los reportes del ácido cítrico podemos encontrar que, en 1983, Yamada irrigó con 10 ml de ácido cítrico en una concentración del 25%



seguido de 10 ml de hipoclorito de sodio en una concentración del 5,25%, encontrando que la capa superficial de materia inorgánica se eliminó, pero los restos permanecieron en el área apical, donde en 2 de sus 5 muestras aun presentaban una cantidad considerable de bacterias.⁸

Ese mismo año, Byström y Sundqvist implementaron el uso alternado de ácido etilen diamino tetra acético (EDTA) con hipoclorito de sodio, lo cual amplificaba el efecto del primero. Durante esta época fue el más aceptado por la acción que tuvo en el barrillo dentinario, usando 10 ml de EDTA en una concentración del 15 a 17% seguido de 10 ml de hipoclorito de sodio en una concentración del 2.5 al 5.25%.⁹

A partir de este punto, podemos entender que la preparación químico-mecánica marco las bases de los que se sigue practicando hoy en día. Se llegó a la conclusión de que es necesario instrumentar, irrigar y aspirar toda materia orgánica e inorgánica presente durante el proceso de limpieza de los conductos. Fue así como con el paso del tiempo se buscó la manera de mejorar los métodos de irrigación con el fin de buscar técnicas y soluciones más eficaces que dañaran menos los tejidos periapicales.

Referente a la toxicidad del hipoclorito de sodio y su uso como irrigante, en 1973, Spangberg publicó su artículo "Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro", donde remarcaba su alta toxicidad en los tejidos periapicales cuando este se proyecta más allá del ápice radicular, recomendando diluirlo en concentraciones de 0.5 al 1% manteniendo su acción de disolución de tejidos pero con la desventaja de reducir su acción bactericida. Más tarde durante ese mismo año, Baker, Cohen y Borer respaldaron esta información con un reporte de caso sobre la extrusión de hipoclorito de sodio en un paciente.¹⁰

El uso combinado de los irrigantes parecía ser la opción más viable para lograr mejores resultados, por lo que comenzaron a realizarse



investigaciones enfocadas en los efectos adversos provocados por la combinación de dichas sustancias.

En 2009, Basrani publicó el artículo llamado “Using Diazotization to Characterize the Effect of Heat or Sodium Hypochlorite on 2.0% Chlorhexidine” comprobando que la combinación entre hipoclorito de sodio en una concentración del 6% y gluconato de clorhexidina en una concentración del 2%, producía un precipitado de color amarillo. Mediante el uso de espectroscopía de fotones de rayos X (XPS) y espectrometría de masas de iones secundario (TOF-SIMS), se demostró la presencia de paracloroanilina (PCA), sustancia tóxica y mutagénica que penetraba en los túbulos dentinarios del conducto radicular y periápice. La producción de esta sustancia estaba directamente relacionada con la concentración de hipoclorito de sodio utilizada. ¹¹

De esta manera comenzó la controversia para determinar cuál sería la solución irrigante ideal, tomando en cuenta sus concentraciones, ventajas y desventajas, tiempo, temperatura, volumen y técnica empleada.

Dentro de los instrumentos que modificaron la técnica de irrigación, el más relevante es el uso de ultrasonido en endodoncia.

En 1957, Richman ya había introducido el uso de instrumentos ultrasónicos en endodoncia, pero no fue hasta que en 1982 se puso a la venta la primera unidad ultrasónica diseñada para su uso endodóncico por Cunningham y Martin, la cual recibió el nombre de “Endosonic ultrasonic synergistic system”. Este sistema tenía como propósito eliminar la mayor cantidad de dentina y tejido pulpar presente dentro del conducto. ¹²

Fue así como en 1983 Giangreggo sugirió la activación de soluciones irrigantes por medio de los instrumentos ultrasónicos, siendo el mejor candidato el hipoclorito de sodio el cual favorecía de manera significativa el



desbridamiento de materia orgánica e inorgánica dentro del canal radicular, siendo esta la primera vez que se reportó el uso de irrigación ultrasónica.¹²

La irrigación ultrasónica funciona por medio de la activación del irrigante a través de un instrumento de manera pasiva (no tiene ninguna acción sobre las paredes del conducto), la cual produce un efecto llamado transmisión acústica. Al ser activada la solución irrigante, produce una desintegración superior de células y materia inorgánica. Finalmente, se aconsejó que este método de irrigación debería ser usado posterior a la preparación mecánica del conducto radicular.¹²

Es así que, desde las últimas dos décadas, el hipoclorito de sodio es el irrigante de mayor aceptación y uso en la práctica endodóncica. En 1999 Takeda sigue apoyando el uso de hipoclorito en una concentración del 5% combinado con peróxido de hidrogeno en una concentración del 3% en cualquier técnica de instrumentación del conducto radicular. Sin embargo, se demostró que sigue teniendo eficacia limitada ante microorganismos altamente patógenos.¹³

Autores como Siqueira aún sugieren el uso de clorhexidina en una concentración del 2% después del trabajo mecánico, pero sus efectos como bactericida siguen siendo inconsistentes y es nula su acción de disolución de tejidos.¹³

Es un hecho que en la actualidad se sigue buscando alguna solución irrigante que pueda superar la efectividad de hipoclorito de sodio y no presente esa alta toxicidad en los tejidos periapicales y en mucosa oral.

Finalmente, es así como el uso de agua ozonizada se ha sugerido como irrigante en la terapia endodóncica por Nagayoshi en 2004. Se observó que tiene la misma actividad antimicrobiana que el hipoclorito de sodio en una



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



concentración del 2.5% durante la irrigación, especialmente cuando se combinaba con acción ultrasónica. ¹⁴

2. Soluciones irrigantes:

En la actualidad podemos encontrar un amplio arsenal de productos comerciales destinados para la irrigación de conductos radiculares durante la terapia endodóncica. La selección de la solución adecuada depende principalmente de las propiedades del producto y los resultados que se desean obtener, basándose principalmente en las características que presente el diente durante su tratamiento. ²

Si durante el tratamiento de un diente este presenta una pulpa vital, la ausencia de una carga bacteriana permite el uso de soluciones sin gran poder antiséptico, por lo que las sustancias que sean más biocompatibles serán las de primera elección con el fin de que se respete de manera sustancial los tejidos periapicales y que no intervengan en su reparación. Por otra parte, cuando el diente presenta una pulpa infectada o necrótica las sustancias irrigantes de gran poder antiséptico se integran a un conjunto de acciones encargadas de la desinfección del sistema de conductos radiculares, impidiendo la presencia de una nueva proliferación bacteriana.² (Figura 1)

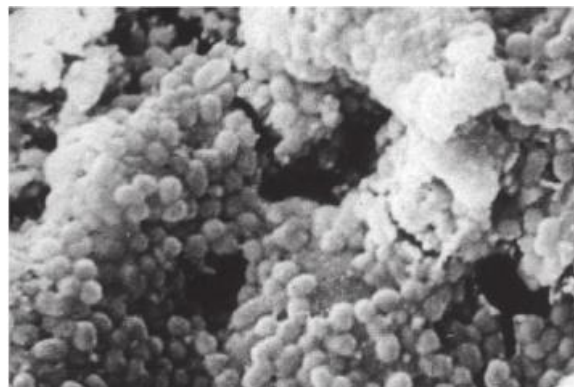


Figura 1. Imagen de la pared dentinaria del conducto radicular de un diente con pulpa necrótica, hay gran cantidad de microorganismos que bloquean la entrada de los túbulos dentinarios. Microscopía electrónica de barrido.

Tomada de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia: Técnica y fundamentos. 2a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2012. Pp. 27, 205-207.



El poder antiséptico de una sustancia irrigante se determina por la capacidad que tiene para destruir microorganismos y sus toxinas; sin embargo, es vital que la capacidad que tienen para disolver tejidos no sea lesiva, con el fin de respetar la estructura del diente y los tejidos periapicales.

2.1. Objetivos de una solución irrigante ideal

El problema de la desinfección del conducto radicular radica principalmente en las propiedades del irrigante y su reacción en los tejidos del organismo.¹⁵

Grossman en 1988 sintetizó las propiedades de los agentes desinfectantes de la siguiente manera: ¹⁵

1. **Acción antibacteriana:** Las soluciones irrigantes deben destruir a los microorganismos patógenos y sus productos que se encuentren dentro del sistema de conductos radiculares.
2. **Disolución de tejidos:** Las soluciones irrigantes deben tener la capacidad de desintegrar materia orgánica, ya sea tejido residual de pulpa vital o necrótica dentro de los conductos radiculares.
3. **Concentración del desinfectante:** Cuanto mayor sea la concentración de la sustancia irrigante, mayor será su efecto. Sin embargo, existe una concentración máxima, más allá de la cual no se producirá un efecto proporcional.



4. Tiempo de acción: Para lograr la desinfección, las soluciones deben de permanecer un determinado tiempo dentro del conducto. Durante el periodo inicial de contacto, la destrucción de bacterias es mayor, pero a medida que pasa el tiempo, la acción antibacteriana va disminuyendo de manera progresiva.
5. Contacto con el material infectado: Para que los irrigantes realicen su acción desinfectante, deben estar en contacto directo con los microorganismos. Este contacto depende de la tensión superficial de la solución.
6. Penetración: Las soluciones químicas deben ser capaces de penetrar zonas inaccesibles para los instrumentos mecánicos. Se relaciona directamente con la tensión superficial: cuanto menor sea la tensión superficial, mayor será su penetración.
7. Quelación: Durante la limpieza y conformación se genera barrillo dentinario que puede obliterar el trayecto del conducto radicular, por lo que las soluciones irrigantes deben ser capaces de eliminar esta materia inorgánica, por medio de la sustitución de iones calcio.
8. Lubricación: Las sustancias irrigantes deben ser capaces de permitir el paso libre sin obstáculos de los instrumentos, favoreciendo su capacidad de corte durante todo el proceso.
9. Baja toxicidad. Las soluciones irrigantes no deben producir daños en los tejidos periapicales, ya que, al ser alcanzados, puede interferir notablemente en la reparación y proceso de cicatrización.



Actualmente en la literatura podemos encontrar estas propiedades de manera más concreta y resumida. Según A.K. Medina, los objetivos de la solución irrigante son: ^{2, 16,17}

- A. Arrastre, retirando los restos de dentina para evitar el taponamiento del conducto radicular.
- B. Disolución, de agentes inorgánicos y orgánicos del conducto radicular; incluyendo la capa de desecho que se produce en la superficie de la dentina por la acción de los instrumentos la cual se compacta en el interior de los túbulos dentinarios.
- C. Acción antiséptica o desinfectante.
- D. Lubricante, sirviendo de medio de lubricación para la instrumentación del conducto radicular.
- E. Acción blanqueadora, debido al oxígeno liberado.

Una solución irrigante debe cumplir con todos estos requisitos. Hoy en día no existe ninguna solución irrigante en el mercado que cumpla con todos. Debido a estas circunstancias, solamente se puede obtener un mejor pronóstico de la terapia endodóncica si durante la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares se utiliza una combinación de soluciones irrigantes con capacidad antiséptica en una secuencia adecuada.



2.2. Clasificación de las sustancias irrigantes:

Las soluciones químicamente activas empleadas en la terapia endodóncica se clasifican de la siguiente manera: ¹⁸

- Compuestos halógenos: Hipoclorito de sodio del 0.5 al 5.25%, solución de hidróxido de calcio y solución de gluconato de Clorhexidina al 2%.
- Ácidos: Ácido cítrico del 6 al 50%, ácido láctico al 50% y ácido clorhídrico al 30%.
- Agentes quelantes: ácido etilen diamino tetra acético del 10 al 15% (EDTA).
- Agentes oxidantes: peróxido de hidrógeno al 3% y peróxido de urea (Gly-Oxide).
- Asociaciones: MTAD y Smear Clear.
- Agentes desecantes: Alcohol.

2.3. Soluciones empleadas en la terapia endodóncica:

Entre las sustancias irrigantes recomendadas para su uso en el tratamiento de conductos, podemos encontrar:



2.3.1 Peróxido de hidrógeno:

El peróxido de hidrogeno, también conocido como agua oxigenada, es una solución oxidante. Es un compuesto químico formado por dos moléculas de hidrógeno y dos de oxígeno (H_2O_2) con características de un líquido altamente polar.¹⁹

Se usa como irrigante en una concentración del 3%, con anterioridad estaba indicada en la irrigación durante los procedimientos de limpieza de la cámara pulpar durante las biopulpectomía con el fin de provocar hemostasia. Su uso se enfoca principalmente como coadyuvante del hipoclorito de sodio, con el fin de producir un efecto de efervescencia.^{2,19}

Ventajas

Su principal acción es como hemostático, debido a que ayuda a eliminar sangre dentro de la cámara pulpar.²

Desventajas

Tiene nulo poder antiséptico además de que no tiene gran capacidad de disolución de tejidos.²

2.3.2. Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es un compuesto halogenado cuya fórmula química es $NaClO$, compuesta de un átomo de sodio (Na), un átomo de cloro (Cl) y un átomo de oxígeno (O). Su estructura química muestra que el ion hipoclorito tiene un enlace iónico con el ion sodio. Esta solución irrigante se produce mediante un proceso conocido como proceso de Hooker, que es el método utilizado para la producción a gran escala de $NaClO$.¹⁹

Durante la terapia endodóncica de hipoclorito de sodio se utiliza en diferentes concentraciones. En la “solución de Dakin” se utiliza en una

concentración del 0.5% de cloro activo; en la “solución de Milton” se usa una concentración del 1%; mientras que en la solución de Labarraque se usa al 2.5%, y en concentraciones altas de soda clorada se usa del 4 al 6%. Anteriormente, las soluciones de Dakin y Milton eran usadas en tratamiento en dientes con pulpa vital debido a que su baja disolución de tejidos no afectaba los tejidos periapicales; sin embargo, actualmente se usa en dosis medianas o altas en dientes con pulpa vital o necrótica, ya que es indispensable la disolución total del tejido pulpar en ambos casos (Figura 2).^{2, 15}

Ventajas

Posee una gran capacidad de limpieza, un poder antibacteriano efectivo, tiene una gran capacidad de disolución de tejidos, tiene acción rápida, desodorizante y de blanqueamiento.^{2,19}

Desventajas

Su uso impone cuidados en su técnica, su extrusión en tejidos periapicales provoca reacciones indeseables, debido a que son muy dolorosas para los pacientes comprometiendo el tiempo de tratamiento y cicatrización. De la misma manera, cualquier tejido expuesto a esta solución presentará reacciones similares, siendo indispensable cuidar los tejidos que se encuentran dentro y fuera de la cavidad oral.^{1, 2,19}



Figura 2. Viarzon-T (Hipoclorito de sodio al 5.25%). Producto con la concentración ideal según la literatura. Tomada de: <https://viardenlab.com/productos-por-especialidad/especialidades/endodoncia/viarzoni-t-detail.html>

2.3.3. Clorhexidina

La clorhexidina es una biguanida de naturaleza catiónica, por lo que tiene afinidad por la pared celular de los microorganismos. Posee dos anillos simétricos 4-clorofenol y dos grupos biguanida conectados por una cadena central de hexametileno. Tiene actividad antibacteriana de amplio espectro siendo activa frente a microorganismos (Gram+ y Gram-), hongos, dermatofitos y algunos virus. ²⁰

Se utiliza en solución acuosa en concentraciones de entre 0.12 y 2%; mientras que en gel se usa en una concentración del 2% y un pH de 7, colaborando como lubricante en esta presentación (Figura 3). ²

Ventajas

Posee un poder antiséptico amplio debido a que actúa contra organismos grampositivos y gramnegativos. Tiene una acción prolongada debido a su absorción a las paredes radicales. ²

Desventajas

La clorhexidina no ofrece ventajas sobre el hipoclorito de sodio, debido a que no posee el mismo poder antiséptico ni de disolución de tejidos, además que, al combinar estas dos sustancias, llega producir un precipitado de naturaleza cancerígena llamado paracloroanilina. ²



Figura 3. Consepsis jeringa. Clorhexidina de la marca Ultradent. Solución antibacteriana al 2.0%
Tomada de <https://www.dentalmex.mx/producto/consepsis-clorhexidina-en-jeringa/>

2.3.4. Ácido etilen diamino tetra acético. (EDTA)

El ácido etilen diamino tetra acético, es una sustancia utilizada como agente quelante, es decir, tiene la propiedad de atrapar iones metálicos para formar complejos coordinados cíclicos no iónicos dentro de una solución. Posee cuatro grupos de ácido acético unidos al radical etilen-diamina. ¹⁶

Durante el proceso de irrigación se emplean quelantes con el fin de remover el barrillo dentinario generado durante la preparación mecánica de las paredes del conducto radicular, debido a que fija iones calcio, favoreciendo la desmineralización de la dentina lo que disminuye la dureza de los residuos. Se usa regularmente en una concentración del 15 al 17% (Figura 4). ^{2,9}

Ventajas

Impide la acumulación de barrillo dentinario evitando la obliteración del conducto radicular, su uso previo acondiciona la dentina favoreciendo los procedimientos de medicación intraconducto y obturación. ²

Desventajas

No posee la capacidad de disolver materia orgánica, únicamente disuelve materia inorgánica. Necesita permanecer algunos minutos dentro del conducto para obtener los efectos deseados. ⁹



Figura 4. MD-CLEANSER EDTA

Tomada de: <https://odontologybg.com/products/md-cleanser-edta-metabiomed>

2.3.5. Ácido cítrico

Es un ácido orgánico y soluble que también actúa como quelante, debido a su bajo pH, favoreciendo la eliminación de barrillo dentinario. Su fórmula molecular es $C_6H_8O_7$.¹⁹

Como irrigante se usa regularmente en concentraciones del 10 y 50%. Para amplificar sus efectos, el ácido cítrico se ha combinado con un isómero de tetraciclina (doxiciclina) y un detergente (tween 80), formando un compuesto llamado Biopure-MTAD (Densplay-Tulsa), el cual es utilizado después de la preparación mecánica del conducto radicular. La presencia de doxiciclina en este compuesto le proporciona alta afinidad de unión a la dentina, lo que permite para un efecto antibacteriano prolongado (Figura 5).

2, 21

BioPure-MTAD se ha recomendado como irrigante de enjuague final debido a sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para eliminar el barrillo dentinario. También es menos citotóxico que la mayoría de los medicamentos para endodoncia, incluidos eugenol, peróxido de hidrogeno, EDTA e hidróxido de calcio. Estudios recientes también demuestran que esta solución posee una actividad bactericida superior en comparación con hipoclorito de sodio y EDTA contra *E. faecalis*.^{2, 21}



Figura 5. Presentación de BioPure-MTAD

Tomada de: <https://www.dentalcompare.com/4411-Endodontic-Intracanal-Lubricants/40288-BioPure-MTAD-Cleanser/>



Ventajas

Independientemente de su acción desmineralizante, posee un poder de desinfección proporcional a la concentración utilizada y al ser combinado con doxiciclina y tween 80 presenta mejores resultados de desinfección que el hipoclorito de sodio. ²¹

Desventajas

Su acción quelante es menor que la del EDTA, y este efecto no es amplificado al combinarse con hipoclorito de sodio. ^{2, 8}

3. Ozono

3.1 Composición química

El Ozono (O_3), también conocido como trioxígeno u oxígeno triatómico, es un compuesto que se encuentra en forma de gas en la naturaleza. Se deriva de del griego "Ozein" que significa oler. Tiene un papel defensivo en la armonía ecológica de la tierra, encargándose de mantener la temperatura terrestre y la estructura de la atmosfera. Rodea a la tierra a una altitud entre 50,000 y 100,000 pies. ^{22,23}

El ozono se puede encontrar en la estratósfera, donde es continuamente creado y destruido en O_2 molecular, esto ocurre cuando una molécula de oxígeno es expuesta a la radiación ultravioleta (UV) de alta energía (truenos y relámpagos), ésta se divide en dos átomos de oxígeno libres, que a su vez colisionan con otras moléculas de oxígeno, produciendo el ozono (O_3). Por otra parte, el ozono que se encuentra en la troposfera se considera tóxico para el tracto pulmonar, ya que se produce por una complicada serie de reacciones químicas, por ejemplo, la combustión del escape de un automóvil (NO_2), luz solar (especialmente en los calurosos meses de verano) y oxígeno (Figura 6). ^{22,23}



Figura 6. Ubicación del ozono en la atmósfera.

Tomada de: <https://sintesis.com.mx/2020/08/21/ozono-troposferico-20-anos-hemisferio-norte/>



El ozono es un gas de color azul, el cual se descompone muy rápido, ya que cuando este pierde una molécula de oxígeno, regresa a su forma de oxígeno gaseoso (O_2), por lo que es considerado como un gas inestable. Debido a esta inestabilidad, tiene la oxidación más alta, aproximadamente 150% mayor que el del cloro. Esta fuerte propiedad oxidante fomentó el uso de ozono en campos médicos y dentales. ^{22,23}

El ozono posee propiedades microbiológicas y metabólicas muy confiables, ya sea en fase gaseosa o acuosa, convirtiéndose así, en un agente antimicrobiano potente y confiable contra bacterias, hongos, y virus. ^{22,23}

3. 2 Mecanismo de acción

3.2.1 Acción antimicrobiana

El ozono posee una acción oxidante debido a la producción de peróxidos, estos inducen a la destrucción de la pared celular y membranas citoplasmáticas de bacterias anaerobias y hongos. Cuando entra en contacto con algún tejido humano, el ozono ataca principalmente a las glucoproteínas, glucolípidos y otros aminoácidos de la bacteria, bloqueando el sistema de control enzimático. Esto da como resultado aumentos en la permeabilidad de la membrana, elemento clave de la viabilidad celular, que conduce al cese funcional, posteriormente las moléculas de ozono pueden ingresar fácilmente a la célula, haciendo que la bacteria muera. Todas las funciones vitales de las bacterias se detienen pocos segundos después de aplicación de ozono. ²²

Debido a la capacidad antioxidante de las células del cuerpo humano, estas no resultan dañadas lo que permite una acción específica hacia células microbianas. ²³



3.2.2. Efecto inmuno-estimulante

La influencia del ozono al sistema inmune y humoral estimula la proliferación de células inmunológicas y la síntesis de inmunoglobulinas. La función de los macrófagos tiene mayor éxito debido a que la sensibilidad a la fagocitosis de los microorganismos es incrementada. También se incrementa la producción de citocinas y como consecuencia, otras células inmunes se activan.²²

A su vez, sustancias biológicamente activas como las interleucinas y prostaglandinas que ayudan la reducción de la inflamación y la cicatrización de heridas son sintetizadas por el ozono. Es importante mencionar que una concentración alta o baja de ozono causa un efecto inmunodepresivo o inmunoestimulador, respectivamente.²²

3.2.3. Efecto anti-hipóxico:

El ozono produce cambios en el metabolismo celular elevando la presión parcial de oxígeno dentro de los eritrocitos, lo que mejora el transporte de oxígeno en la sangre. Ciertas enzimas como la deshidrogenasa son activadas por bajas dosis repetitivas de ozono. Este proceso mejora la oxigenación y reduce los procesos inflamatorios, mejorando así el metabolismo de los tejidos inflamados.²²

3.2.4. Efecto biosintético

El ozono provoca la activación del mecanismo de la síntesis de proteínas lo que genera mayor cantidad de mitocondrias y ribosomas en las células, que conduce al aumento de la actividad funcional y potencial de regeneración de tejidos y órganos.²²



3.2.5. Tejidos dentales

El ozono intensifica el potencial de remineralización cuando actúa sobre la sustancia orgánica de los dientes. También permite la difusión de iones de calcio y fósforo a las capas más profundas en dientes con lesiones cariosas, penetrando dentro de los túbulos dentinarios.^{22,23}

En resumen, los objetivos de la ozonoterapia son inactivar y eliminar microorganismos patógenos, estimula al sistema inmune y mejora la circulación, reduce la inflamación y el dolor, genera un sistema antioxidante humoral, restaura el oxígeno necesario para el metabolismo y previene el daño por accidente cerebrovascular.^{22,23}

3.3 Ozonoterapia en Odontología

3.3.1. Antecedentes

El químico alemán Christian Friedrich Schonbein, de la Universidad de Basilea en Suiza fue el primero en descubrir el ozono en 1840, por lo que fue considerado el padre de la terapia con ozono. El primer generador de ozono fue desarrollado por Werner Von Siemens en 1857 en Alemania y se aplicó por primera vez en medicina por el Dr. C. Lender en 1870 para purificar sangre en tubos de ensayo. Posteriormente, durante la Primera Guerra Mundial, el gas ozono se usó para tratar gangrena gaseosa postraumática, heridas infectadas, quemaduras por gas mostaza y fístulas en soldados alemanes.^{22,23}

En área dental, en 1936 en suiza, el Dr. E. A. Fisch fue el primero en usar gas ozono y agua ozonizada en su práctica, por lo que es considerado como el "Padre de la ozonoterapia oral". Posteriormente, el cirujano alemán Dr. Erwin Payr comenzó a utilizar ozono en cirugía e informó sus resultados en el 59° Congreso de la Sociedad Alemana de Cirugía, describiendo que

el uso de agua ozonizada promovía la hemostasia, mejoraba el suministro local de oxígeno e inhibía la proliferación bacteriana. ^{22,23}

El generador de ozono para uso médico y odontológico fue desarrollado por Joachim Hänslar, un físico alemán y Hans Wolff, médico alemán en 1957. Sin embargo, hasta finales de la década de 1980, el uso de ozono en la práctica dental se convirtió en un tema de investigación (Figura 7). ^{22,23}



Figura 7. Generador de ozono para su uso en odontología.

Tomada de: Domb C. Ozone Therapy in Dentistry. INR. 2014. 20: 632-636

Actualmente, uso de ozono en odontología está respaldado por “The International Academy of Oral Medicine y Toxicology”. ²⁴

Hoy en día, encontramos dispositivos generadores de ozono más novedosos y que permiten su uso directo en endodoncia; entre ellos encontramos los dispositivos HealOzone(KaVo) y Prozone (W&H) creados en Estados Unidos. El ozono que se genera en estos aparatos se mide mcg/ml o ppm. Estos aparatos permiten su uso en zonas específicas lo que permite un tratamiento más seguro. Por medio de una bomba de vacío se logra un sellado en la superficie en donde se está aplicando; también cuenta con un eyector que aspira el ozono residual, lo que evita cualquier fuga en la cavidad oral. ^{24,25}



Figura 8. Generador de ozono Heal Ozone y Prozone de W&H

Toma de: https://www.wh.com/es_global/sala-prensa/informes-estudios/nuevo-articulo/00219

3.3.2. Aplicaciones del ozono en odontología

En el área odontológica, el ozono se puede administrar tanto intraoralmente como extraoralmente, siendo así que hay procedimientos precisos para cada padecimiento bucal. ²⁴

A) Caries, hipersensibilidad y defectos en el esmalte:

Esta es aplicada directamente sobre el tejido dental por medio de insuflación de gas ozono o irrigación de agua ozonizada. El alto poder bactericida, germicida y de remineralización produce una mejoría, siendo capaz de penetrar en los túbulos dentinarios una vez que se eliminó el factor etiológico del padecimiento. ^{23,24}

B) Irrigante en tratamiento de conductos:

De la misma manera, se utiliza agua ozonizada o inyección de gas ozono como agente irrigante dentro del conducto radicular, debido a sus propiedades bactericidas y de cicatrización. La solución es introducida al conducto durante el trabajo químico-mecánico. Estudios actuales se



enfocan en comparar si tiene la misma acción que el hipoclorito de sodio.^{14,22}

C) Gingivitis, periodontitis, abscesos, granulomas, fístulas, aftas e infecciones:

El agua ozonizada puede usarse como colutorio en estos padecimientos bucales o infiltrarse directamente en proceso infecciosos. La inyección de gas ozono también funciona para limpiar el área afectada y para desinfectar la mucosa oral.^{23,24}

D) Cirugía bucal (implantación, reimplantación, extracción, cicatrización y sangrado prolongado):

Al ser aplicado directamente en heridas, ya sea en forma gaseosa o en solución acuosa, favorece los procesos de cauterización y cicatrización, así como el control del dolor.²²

E) Prótesis y odontología restauradora:

En este proceso, se usa únicamente para la desinfección de restauraciones y superficie dental, aplicándolo directamente sin importar su presentación.²²

3.3.3. Sistemas de generación de ozono

Los tres sistemas generadores de ozono son:

1. UV System: Este sistema emite luz UV a 185 nanómetros produciendo bajas concentraciones de ozono. Una molécula de oxígeno absorbe energía luminosa en su estado fundamental cuando se expone a la luz UV por lo que se disocia. Más tarde, los



átomos de oxígeno reaccionan con otras moléculas de oxígeno para formar ozono.²²

2. Cold plasma System: en este sistema, un campo electrostático es formado cuando el voltaje salta entre el ánodo y el cátodo por medio de varillas. La purificación del aire y agua son las principales aplicaciones de este sistema.²²
3. Corona Discharge System: este sistema genera altas concentraciones de ozono como resultado directo de la disipación de potencia. El ozono se forma a través de una descarga eléctrica que es difundida sobre un área usando un dielectro, posteriormente el oxígeno pasa a través de esta descarga convirtiéndolo en ozono. El manejo de este dispositivo es el más fácil y la tasa de producción de ozono se puede controlar, por lo que es el más utilizado en los campos médico y dental.²²

3.4. Formas de administración

3.4.1. Gas ozono

El ozono en su forma gaseosa se administra tópicamente, ya sea por un sistema abierto o por un sistema de succión sellado para evitar la inhalación que provoque efectos adversos a nivel pulmonar, ya que la capa protectora del tracto respiratorio es muy delgada y no posee los suficientes antioxidantes.^{22,23}

En el ozono al inhalarse concentraciones bajas de 0.2 a 0.5 ppm, puede causar irritación o resequedad en la nariz y vías respiratorias altas, visión borrosa y lagrimeo, náuseas y vómitos ocasionales. En concentraciones

altas, de 1 a 1 ppm, puede producir congestión nasal, edema, hemorragias, dificultad para respirar, e incluso cáncer de pulmón. Estas complicaciones no son tan comunes. En caso de intoxicación el paciente deberá inhalar oxígeno húmedo en posición supina y administrar vitamina E. (Figura 9).^{22,23}

Se utiliza con mayor frecuencia en odontología restauradora, cirugía bucal y recientemente en el área de la endodoncia, después de ser reportado en las investigaciones del doctor Nagayoshi en 2004. Es una terapia no invasiva usada para el tratamiento de dientes hipomineralizados con sensibilidad dental, como desinfectante antes de colocar una restauración directa en tratamiento de caries, para la desinfección de conducto radicular y finalmente, es usado después de algún procedimiento quirúrgico en la cavidad oral con el fin de favorecer la cicatrización.^{3, 22,23}



Figura 9. Aplicación de gas de ozono con succión para evitar su inhalación.

Tomada de: Domb C. Ozone Therapy in Dentistry. INR. 2014. 20: 632-636

3.4.2. Agua ozonizada

El ozono en su forma acuosa se obtiene por medio de la liberación de ozono sobre agua dentro de un recipiente durante diferentes periodos de tiempo



(5, 10, 20, 30 y 60 segundos) hasta alcanzar una concentración adecuada. Se ha demostrado que es eficaz contra organismos gram positivos y gram negativos, así como bacterias presentes en el biofilm. En comparación con otros limpiadores químicos, es más costoso.^{23,23,24}

El ozono gaseoso se considera más efectivo como bactericida que en su forma acuosa, sin embargo, si se inhala gas ozono, tiene efectos tóxicos en el tracto respiratorio, por lo tanto, es muy útil en esta forma para infecciones orales. Se usa con mayor frecuencia en el área de endodoncia y cirugía bucal.^{22, 23}

3.4.2. Aceite ozonizado

De la misma manera, es un agente antimicrobiano competitivo debido a su amplia accesibilidad y es creado por medio de la combinación de ozono y aceite de girasol. Es eficaz contra la hipersensibilidad y medicamento intraconducto. Disponible comercialmente como Oleozone y Bioperoxoil.^{22,23}



4. El uso del Ozono en la desinfección del conducto radicular

El éxito del tratamiento endodóncico depende en eliminar completamente los microorganismos presentes de un conducto radicular infectado, lo cual representa un gran desafío hasta la fecha, especialmente aquellos que presentan padecimientos periapicales crónicos (Nair 2006). El objetivo de realizar un tratamiento de conductos es el preservar el órgano dental infectado, que se logra convencionalmente mediante instrumentación químico-mecánica, donde el 50% del procedimiento recae en la irrigación intraconducto; posteriormente se obtura conducto con el fin de prevenir la recolonización de las bacterias que lo habitaban. ^{24,26,27}

Idealmente, un agente irrigante debe ser capaz de neutralizar la virulencia de microorganismos y factores patógenos (como proteínas, enzimas, toxinas y sustancias de agregación) e inducir una respuesta del huésped que favorezca la curación del tejido periapical. ^{26,27}

Actualmente, los agentes irrigantes antimicrobianos más utilizados en el tratamiento endodóncico son el hipoclorito de sodio (NaOCl), hidróxido de calcio y la clorhexidina. Estos medicamentos tienen características distintas, siendo su capacidad bactericida la que aún es un tema de controversia en endodoncia, ya que se busca que estas eliminen la totalidad de microorganismos durante los periodos de infección primaria y secundaria. ²⁶

En resumen, el proceso de infección primaria del conducto radicular se asocia principalmente a un microbiota endodóncica generalmente compuesta por bacterias anaerobias Gram-negativas, incluso estos microorganismos pueden persistir durante la obturación del conducto y mantener activas las patologías periapicales. ^{3,14,26}

En cambio, el microbiota presente en infecciones secundarias postratamiento, está compuesta en gran parte por organismos Gram-positivos facultativos, particularmente *E. faecalis*, microorganismo presente en la mayoría de tratamientos endodóncicos en fracasan (Figura 9).²⁶



Figura 9. Invasión por *Candida albicans* y *Enterococcus faecalis* en túbulo dentinario del conducto radicular
Hallada en: <https://docplayer.es/78715082-Tema-6-1-irrigacion-soluciones-irrigadoras.html>

La presencia de estos dos tipos de microorganismos durante la evolución de una infección del conducto radicular propuso el uso de nuevas sustancias que lograran atacar estas características bacterianas, introduciendo así al ozono como una nueva alternativa a la irrigación intraconducto. En 2004, Nagayoshi y cols., sugirieron el uso de agua ozonizada para el tratamiento de infecciones endodónticas debido a que el uso de ozono en la industria del agua para eliminar bacterias había sido recientemente documentado (Lezcano 1999).²⁶

El ozono posee una acción antibacteriana debido a su poder oxidante que actúa por medio de peróxidos, atacando a las estructuras primordiales de bacterias y hongos presentes en el conducto radicular.^{22,23}

El poder bactericida del ozono funciona por medio de la oxidación. La oxidación ocurre cuando se extraen electrones de un átomo perteneciente a una molécula. A nivel celular, la oxidación producida por el ozono provoca



la pérdida de átomos de hidrógeno (deshidrogenación). En el caso de las bacterias gram-negativas anaerobias, las cuales no presentan un mecanismo de protección para este proceso, el oxígeno es altamente tóxico, por lo que el ozono es capaz de matar la mayoría de estas bacterias. En el caso de las bacterias gram-positivas, aún no está completamente demostrado que el ozono sea totalmente eficaz, siendo la mayoría de estos microorganismos capaces de vivir en condiciones de oxígeno.^{26,27}

Las bacterias gram-negativas son más susceptibles debido a que durante los procesos supurativos provocados por bacterias anaerobias, hay un ambiente ácido que genera cargas positivas en los fluidos, en cambio, el poder oxidante del ozono posee una carga negativa, por lo que es atraído al nicho bacteriano eliminando las bacterias en un proceso electroquímico.²⁸

Como ya se mencionó, el mecanismo de acción del ozono produce destrucción de la pared celular y membranas citoplasmáticas de bacterias anaerobias y hongos presentes en el conducto radicular. Esto se debe a que ataca principalmente glucoproteínas, glucolípidos y otros aminoácidos del microorganismo, bloqueando el sistema de control enzimático. En el caso del hipoclorito de sodio, el agente irrigante más eficiente hasta el momento, este actúa solamente por difusión para desactivar el control enzimático, lo que provoca la muerte celular^{3,22}

Es importante mencionar que el factor etiológico principal de las patologías pulpares y periapicales es un proceso cariogénico previo. Está demostrado que el poder bactericida y de remineralización revierte el proceso de caries, esto se debe a que las bacterias producen ácido láctico y pirúvico, estos ácidos se descarboxilan por medio del ozono, lo que amortigua su acción.^{29,30}



Todas las propiedades descritas anteriormente, son lo que determinaron que el ozono sea objeto de estudio como agente irrigante en la terapia endodóncica, ya que aún es un tema de controversia pues hay parámetros que aún deben determinarse, tales como que tanto puede penetrar en los túbulos dentinarios y el tiempo que es necesario dentro del conducto radicular. La mayoría de los estudios aún son *in vitro* por lo que su efecto bactericida no está demostrado completamente en pacientes.^{26,27}

4. 1. Medicamentos y soluciones a base de ozono empleados en endodoncia

El ozono es un gas inestable por lo que para controlar su descomposición es necesario asociarlo a medicamentos o soluciones que puedan ser usadas en el conducto radicular. Está demostrado que soluciones acuosas el ozono se descompone más rápido, mientras que en vehículos oleosos este proceso de descomposición se demora.³⁰

Por una parte, la asociación del ozono a vehículos enfocados a la medicación intraconducto es una propuesta indicada para los tratamientos que son resueltos en 2 o más citas, con el fin de eliminar bacterias presentes en las infecciones secundarias postratamiento.³¹

En el 2008, Ortega H. y cols. realizaron una evaluación *in vitro* sobre el efecto antimicrobiano del ozono cuando era unido a diversos vehículos, los cuales fueron aceite de oliva y aceite de girasol; y medicamentos de acción prolongada como el propilenoglicol con hidróxido de calcio. El objetivo de este estudio era buscar un medicamento de acción prolongada de gran poder germicida y de baja o ninguna toxicidad para los tejidos periapicales.³¹

En este estudio, se comprobó su efectividad contra colonias de *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis* en un medio de cultivo

Agar Muller Hinton. Los estudios arrojaron que el propilenglicol mostró la mejor capacidad de asociación al ozono, seguida del propilenglicol con hidróxido de calcio, aceite de girasol y aceite de oliva respectivamente, manteniendo su acción antimicrobiana por todo el tiempo de evaluación.³¹

Respecto a los vehículos oleosos, en el 2007, Siqueira y cols. utilizaron ozono unido a aceite de girasol e hidróxido de calcio en paramonoclorofenol alcanforado en un estudio *in vitro* en dientes extraídos de perros, que fueron infectados con *E. faecalis* y que presentaron una lesión periapical. El objetivo del estudio era comparar los tratamientos de una sola cita y tratamientos en varias sesiones, y que medicación intraconducto era mejor. Los dientes tratados en una sola sesión mostraron una tasa de éxito del 46%; en cambio, cuando se utilizó una medicación intraconducto de hidróxido de calcio, el 74% de los casos tuvieron éxito (Figura 10). En los casos en que se utilizó aceite ozonizado como medicación intracanal, se observó una tasa de éxito del 77% (Figura 11). Estos resultados demostraron que el tratamiento de conductos en dos citas ofreció una mayor tasa de éxito, además el aceite ozonizado puede potencialmente usarse como medicación intraconducto.³²

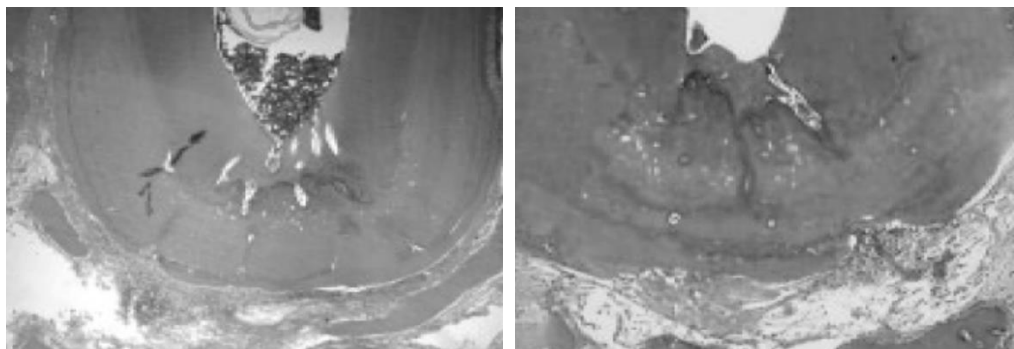


Figura 10 y 11. Tratamiento en dos citas con hidróxido de calcio en paramonoclorofenol / Tratamiento de dos citas con aceite de girasol ozonizado.

Tomada de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-64402007000400005



Por último, actualmente el estudio del ozono en el tratamiento de conductos radiculares se enfoca en describirlo como una sustancia irrigante alternativa, tanto en su forma acuosa como en su forma oleosa.

En 2004, Nagayoshi y cols. fueron los primeros en comprobar la eficacia del agua ozonizada y los agentes de irrigación utilizados en endodoncia. Los autores utilizaron dientes de bovino contaminados con *E. faecalis* y *Streptococcus mutans*. Después de la irrigación, se observó que la viabilidad del microorganismo presente en los túbulos dentinarios disminuyó significativamente. El agua ozonizada mostró el mismo resultado que el hipoclorito de sodio al 2,5%. Los autores llegaron a la conclusión de que el agua ozonizada es perfectamente adecuada para la terapia endodóntica.³³

4.2. Protocolo de irrigación con ozono en el tratamiento de conductos

Según Rotchild, durante el proceso de la preparación químico-mecánica, es necesario irrigar los conductos radiculares con agua ozonizada. También se recomienda que los instrumentos sean desinfectados con aceite ozonizado, lo que también permite lubricar el conducto durante todo el proceso.²⁴

De la misma manera, se recomienda administrar ozono gaseoso lentamente en el conducto radicular, lo que permite que la mezcla de oxígeno-ozono entre por los túbulos dentinarios y los conductos laterales. Se recomienda administrarlo de 30 a 60 segundos a una concentración de 45 a 50 mcg/ml.²⁴

Giampiero en un artículo publicado en 2013, recomienda que durante el tratamiento de conductos se realice una técnica diferente, la cual es más eficaz para eliminar los desechos necróticos, tejido pulpar y barrillo

dentinario. El protocolo de irrigación indica usar hipoclorito de sodio en una concentración de 5.25% activado con ultrasonido, finalmente se agrega ozono para eliminar las bacterias residuales de las zonas inaccesibles anatómicamente: los túbulos dentinarios. Una vez que está completamente limpio el conducto, el ozono se aplica en forma de gas o solución acuosa antes de la obturación, lo que logra que los túbulos dentinarios sean desinfectados y estén completamente permeables para el material de obturación. La capacidad de disolución de tejidos también esta amplificada (Figura 12).³⁴



Figura 12. Aplicación de ozono gaseoso en el conducto radicular

Tomada de: Ajeti N. Teuta P. Apostolska S. The Effect of Gaseous Ozone in Infected Root Canal. JOS. 2018. 6(2):389-396

4.3. Microbiota presente en la infección del conducto radicular

Como se mencionó anteriormente, existe un microbiota específica en las diferentes etapas de la infección del conducto radicular. Gracias a los avances en biología molecular, podemos estimar que existen más de 400 especies de microorganismos presentes en el conducto radicular.³⁵

En las infecciones primarias, podemos encontrar microorganismos que originaron la patología pulpar, principalmente asociados al proceso carioso, lo cual culmina con la necrosis pulpar. En las infecciones primarias



predominan bacterias anaerobias que pueden variar de 103 hasta 108 especies dentro del conducto radicular. Esta cantidad de bacterias determina algunas veces el tamaño de la lesión periapical resultante a la necrosis pulpar.³⁵

Dentro de las especies que predominan en las infecciones primarias del conducto radicular encontramos diversos géneros de bacterias gram-negativas, donde destacan: *Fusobacterium*, *Dialister*, *Porphyromonas* *Provetela*, *Tannerella*, *Treponema*, *Campylobacter* y *Veillonella*. También podemos encontrar bacteria gram-positivas, donde se encuentran: *Parvimonas*, *Filifactor*, *Actinomyces*, *Streptococcus* y *Eubacterium*.³⁵

Las infecciones persistentes o secundarias son causadas por microorganismos que resistieron dentro de los conductos radiculares al proceso químico-mecánico durante un tratamiento de conductos. Estos microorganismos llegan a zonas inaccesibles e incluso pueden estar presentes al finalizar el tratamiento. Estos microorganismos logran penetrar y adaptarse a un nuevo entorno sobreviviendo y prosperando, incluso llegan a establecerse especies que no forman parte de la flora natural de la cavidad oral. Los principales organismos asociados a infecciones persistentes son el *Enterococcus faecalis* y *Cándida albicans*.³⁵

Las infecciones secundarias se representan principalmente con el acúmulo de material purulento, lo que genera un absceso apical. El absceso apical en esta etapa de la infección puede ocurrir después del tratamiento endodóncico, aun sin el diagnóstico de necrosis pulpar. Las infecciones secundarias dan origen a otros síntomas como exudado persistente y dolor agudo. Las infecciones secundarias son la principal causa del fracaso endodóncico.³⁵



4.4. Resultados de la Ozonoterapia en el éxito del tratamiento endodóncico

El ozono ha sido reconocido como un importante instrumento en distintas especialidades de la odontología. Debido a su potencial antimicrobiano y a su capacidad para estimular la cicatrización del organismo, bastantes estudios lo sugieren como una nueva alternativa dentro de las soluciones irrigantes usadas en el tratamiento de conductos radiculares. La mayor desventaja del uso de ozono es que aún es un tema con gran controversia, debido a que aún no están establecido que concentración es la ideal y por cuanto tiempo debe ser usado dentro del conducto radicular.

A continuación, se describen los estudios más relevantes en cuanto al uso de la ozonoterapia enfocada en endodóncia.

Como ya se mencionó antes, en 2004, Nagayoshi y col. Publicaron por primera vez los resultados de un estudio *in vitro* realizado en dientes de bovino para comparar el efecto del agua ozonizada contra el efecto bactericida del hipoclorito a una concentración del 2.5% en infecciones provocadas por *E. faecalis* y *S. mutans*. Los resultados arrojaron que el agua ozonizada tuvo casi la misma efectividad bactericida que el NaOCl al 2.5% durante la irrigación, especialmente cuando activo por medio de ultrasonido. También el uso de ozono reporto un bajo nivel de toxicidad contra los fibroblastos presentes en el medio. Un año después Hems y cols. evaluaron la eficacia contra *E. faecalis* y comprobaron que no era la misma que tenía el hipoclorito de sodio. ^{28, 33}

En 2007, Estrela y cols. realizaron un estudio *in vitro* en 30 dientes anteriores superiores de ser humano, que se inocularon con *E. faecalis* durante 60 días, donde conectaron tubos Eppendorf a la porción coronal de los dientes. Se conectaron mangueras de uretano a los tubos y a la entrada de una bomba peristáltica. La salida del aparato correspondía a la porción apical de los conductos radiculares. Las soluciones de irrigación de prueba



fueron agua ozonizada, ozono gaseoso, hipoclorito de sodio en una concentración del 2.5% y clorhexidina al 2%. Los irrigantes circularon a un flujo constante durante 20 min. Se recolectaron muestras de los conductos radiculares que se incubaron a 37 C° durante 48 horas. Bajo las condiciones probadas y dentro de las limitaciones de este estudio, se concluyó que la irrigación de los conductos radiculares durante 20 min con agua ozonizada y ozono gaseoso no era suficiente para eliminar en su totalidad al *E. faecalis*.²⁶

En 2008, Cardoso y cols. evaluaron la eficacia del agua ozonizada como agente irrigante para eliminar y neutralizar las endotoxinas del *E. faecalis* y la *C. albicans* en un estudio *in vitro* con 24 dientes unirradiculares. Se realizó una recolección microbiológica antes y después del procedimiento químico-mecánico en los dientes. En el análisis de los datos se llegó a la conclusión de que el agua ozonizada, como agente irrigante, había disminuido drásticamente el número de *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*.³⁶

Lynch, en 2008, propuso el ozono como agente antiséptico basándose en los estudios anteriores, usando gas ozono y agua ozonizada en pacientes. En sus estudios observó que el ozono en una concentración adecuada se debía aplicar dentro del canal radicular después de los procedimientos básicos y tradicionales de limpieza, desinfección y conformación del conducto, lo que lograba que penetrara en los túbulos dentinarios de manera más eficiente.³⁷

En 2009, Huth y cols. realizó un estudio *in vitro* enfocándose en la eficacia antimicrobiana del ozono acuoso y gaseoso como un agente antimicrobiano alternativo contra *E. faecalis*, *C. albicans*, *P. micros* y *P. aeruginosa*, colocando un modelo específico de biofilm en los conductos radiculares de dientes extraídos, que permanecieron dentro del conducto radicular por 3 semanas. Los cultivos fueron expuestos a ozono gaseoso y acuoso,



hipoclorito de sodio en una concentración del 2.5% al 5.25%, clorhexidina al 2%, peróxido de hidrógeno al 3% y solución salina amortiguadora de fosfatos durante 1 minuto. Los resultados mostraron que el ozono acuoso y gaseoso era eficaz, tanto en dosis como en tensión superficial, contra los microorganismos de la biopelícula. El ozono gaseoso logró eliminar en su totalidad a las bacterias con una concentración baja aplicado durante un minuto, mientras que el ozono acuoso logró la misma efectividad solamente en concentraciones más altas. Huth concluyó que el ozono era efectivo en las más altas concentración en suspensiones y en este modelo de biofilm.²⁷

En 2012, Case y cols. realizaron un estudio *in vitro* con el fin de establecer si la irrigación con ozono acuoso mejoraba sus propiedades con activación ultrasónica pasiva. Se colocaron biopelículas de *E. faecalis* durante 14 días en 70 raíces de dientes unirradiculares seccionados por la mitad. Las raíces se habían sometido a una preparación biomecánica previamente con instrumentos rotatorio de níquel-titanio. La presencia y pureza de las biopelículas se confirmaron mediante cultivo y microscopía electrónica de barrido. Los conductos radiculares fueron irrigados con hipoclorito de sodio al 1%, inyección de gas ozono y ozono acuoso con activación ultrasónica pasiva, también se utilizó solución salina activada por ultrasonido. Después del tratamiento, se tomaron muestras del biofilm y se diluyeron en serie para el recuento en placa. El análisis reveló que el hipoclorito de sodio al 1% fue el agente desinfectante más eficaz seguido del ozono combinado con agitación ultrasónica, seguido por el gas ozono. Ninguno de los regímenes de tratamiento logró esterilizar de manera confiable los conductos en las condiciones utilizadas, pero se concluyó que el ozono acuoso activado con ultrasonido puede ser útil como complemento de la desinfección endodóntica.³⁸

Referente a la capacidad que tiene el ozono para disolver tejidos, este no cuenta con esta propiedad, pero en 2013, Giampiero y cols. realizaron un estudio para comprobar la capacidad de disolución de tejido de pulpa



bovina utilizando soluciones combinadas de gas ozono (HealOzone), agua super-oxidada (Aquatine Alpha Electrolyte) e hipoclorito de sodio. Se utilizaron treinta fragmentos de pulpa bovina colocados individualmente en tubos Eppendorf inmersos en hipoclorito de sodio, agua super-oxidada y solución salina. Después de la inmersión completa de los fragmentos de pulpa en las soluciones, se suministró ozono gaseoso por medio del dispositivo HealOzone. Los resultados demostraron que la combinación de hipoclorito de sodio y gas ozono (NaOCl + HealOzone) fue capaz de disolver el tejido pulpar completamente; mientras que la disolución fue menor en los grupos restantes. Esta combinación disolvió el tejido de la pulpa bovina más rápido que el uso de hipoclorito de sodio individual.³⁴

Otro aspecto que es importante mencionar, es que hay estudios que intentan demostrar si el uso de ozono mejora la adhesión de los postes de fibra de vidrio a la pared del conducto radicular y con material de adhesión, aditamento necesario después del tratamiento endodóncico. En 2004, Katalinic y cols. realizaron un estudio para determinar el efecto de cuatro protocolos de desinfección del conducto radicular, utilizando hipoclorito de sodio al 2,5%, gluconato de clorhexidina al 2%, ozono gaseoso y láser Nd: YAG, sobre la fuerza de unión al diente. Se utilizaron 60 dientes humanos permanentes unirradiculares anteriores. Los conductos radiculares se instrumentaron con instrumentos ProTaper (Dentsply). Los dientes se dividieron en cuatro grupos de estudio según el irrigante utilizado. Los resultados arrojaron que la irrigación con hipoclorito de sodio se asoció con los valores más bajos de fuerza de unión, y la irradiación con láser Nd: YAG proporcionó los valores de fuerza de unión más altos para un poste de fibra de vidrio a las paredes del conducto radicular. No hubo diferencia entre el gas ozono y el hipoclorito de sodio respecto a la fuerza de unión.³⁹

Referente a estudios recientes realizados *in vivo*, podemos encontrar el artículo de Ajeti y cols. publicado en 20018. Este estudio se enfoca en el uso de ozono para tratar padecimientos dentales en pacientes con



diagnóstico de necrosis pulpar y periodontitis apical crónica. Los 40 sujetos involucrados en este estudio pertenecían a ambos sexos, con edades comprendidas entre los 15 y los 65 años. La radiografía dentoalveolar de cada paciente se tomó en el diente sospechoso con el fin de confirmar la lesión periapical. Durante el tratamiento del conducto radicular, se usó hipoclorito de sodio al 2.5%, cloruro de sodio al 9%, clorhexidina al 2% y ozono gaseoso. Con base en los resultados de esta investigación, se pudo concluir que el tratamiento ideal del conducto radicular infectado con ozono gaseoso, combinado con los irrigantes empleados en este estudio, se reduce el número de colonias de bacterias aeróbicas y anaerobias. Los datos estadísticos muestran que la aplicación de ozono gaseoso combinado con hipoclorito de sodio al 2.5%, tiene un mejor efecto antibacteriano contra el número de colonias de bacterias aerobias y anaerobias en el conducto radicular infectado. El uso de ozono combinado con cloruro de sodio al 0.9% y clorhexidina al 2% no obtuvo mejores resultados.¹³

El estudio del ozono como una nueva alternativa durante el tratamiento endodóncico sigue en constante actualización. El uso de dispositivos generadores de ozono aun no forma parte de la preparación del odontólogo, por lo que aún no está del todo establecido si puede formar parte de los métodos convencionales para la desinfección del conducto radicular. ¹³



5. Conclusiones

Las propiedades del ozono lo introdujeron en el campo de la medicina y odontología como una nueva terapia alternativa, debido a que el área de la salud está en constante actualización con el fin garantizar los mejores resultados al paciente.

El uso del ozono comenzó en otras áreas odontológicas desde el año de 1936. Los estudios que surgieron a lo largo de los años demostraron su biocompatibilidad con las células de la cavidad oral logrando grandes resultados en las áreas de la cirugía, periodoncia y operatoria dental.

Sus cualidades como un poderoso bactericida y su capacidad de estimular el sistema inmune y circulatorio lograron introducirlo en el área de la endodoncia con el fin de tratar las infecciones de origen endodóncico y estimular la reparación del tejido periapical afectado por dichas infecciones.

El éxito del tratamiento de conductos se basa principalmente en la eliminación de los microorganismos presentes dentro del sistema de conductos radiculares. El procedimiento por el cual logramos esta desinfección es la preparación químico-mecánica, donde el agente irrigante representa el 50% del éxito. Por lo tanto, cualquier resto de tejido, bacteria o residuos que permanezcan después de la instrumentación dentro del conducto, favorece al fracaso del tratamiento.

La presencia de una compleja microbiota durante los procesos infecciosos primarios y secundarios, determina que no siempre es seguro como responderán las bacterias ante el agente irrigante, por lo que numerosos estudios indican el uso del ozono por su mecanismo de acción que funciona por medio de la oxidación, ya que este puede destruir la mayoría



de las bacterias presentes durante la infección del conducto radicular, pero estos mismos estudios varían de un autor a otro, por lo que hasta la fecha siguen siendo inconsistente el éxito del ozono.

Actualmente no existe el agente irrigante ideal, pero no hay duda de que el hipoclorito de sodio sigue siendo el irrigante de elección para el tratamiento endodóncico, ya que presenta cualidades tales como ser un gran disolvente tisular, desinfectante y lubricante; además de que al combinarlo con quelantes o activarlo ultrasónicamente, genera mejores resultados durante la desinfección y obturación del conducto radicular.

Por otra parte, algunos estudios demuestran que el ozono posee una mejor habilidad para penetrar los túbulos dentinarios en su forma gaseosa, además de que al asociarlo con algunos vehículos mejora sus cualidades durante el tratamiento endodóncico, tal es el caso que cuando se usa como un agente oleoso, los tratamientos de conductos entre citas presentan mejores resultados.

Los estudios más recientes sugieren el uso del ozono después de la preparación químico-mecánica convencional con hipoclorito de sodio activado con ultrasonido, justo antes de obturar, ya que una vez que se eliminó todo el material presente en el conducto radicular, el ozono penetra de mejor manera los túbulos dentinarios; pero es un hecho que estadísticamente este procedimiento aun no es necesario introducirlo como el protocolo de irrigación por excelencia.

La ozonoterapia actualmente sigue siendo un tema de controversia dentro de la odontología, por lo que para ser aplicada completamente dentro del campo de la endodoncia aun es necesario realizar más estudios, ya que la mayoría de estos son efectuados fuera del ser humano (*in vitro*) por lo que aún es indispensable que se establezca la concentración exacta y el tiempo necesario dentro del conducto radicular.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



De la misma manera, el uso de dispositivos generadores de ozono no es muy habitual dentro de la formación académica del odontólogo ni es lo más accesible en la práctica profesional.



Referencias bibliográficas:

1. García R., Briseño B. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. 1ª ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016. Pp. 231-274.
2. Soares IJ., Goldberg F. Endodoncia: Técnica y fundamentos. 2ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2012. Pp. 27, 205-207.
3. Üreyen Kaya B. Efficacy of endodontic applications of ozone and low temperature atmospheric pressure plasma on root Canals infected with *Enterococcus faecalis*. PubMed. 2014. 58(1):8-15.
4. Baker N. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. JOE. 1975. 1 (4):127-135.
5. Goldman M. DMD. New method of irrigation during endodontic treatment. JOE. 1976. 2 (9): 257-260
6. Abou-Rass M. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. Oral Surg. 1982. 54 (8):323-328
7. Delany G. The effect of chlorhexidine gluconate irrigation on the root canal flora of freshly extracted necrotic teeth. Oral Surg. 1982. 53(5): 518-523
8. Aktener B., Bilkay U. Smear Layer Removal with Different Concentrations of EDTA-Ethylenediamine Mixtures. JOE. 1993. 19(5):228-231
9. Byström A., Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. Int Endod J. 1985. 18: 35-40
10. Hanan B. Accidental injection of sodium hypochlorite beyond the root apex. SDJ. 2002. 14(1): 36-38
11. Basrani B. Using Diazotization to Characterize the Effect of Heat or Sodium Hypochlorite on 2.0% Chlorhexidine. JOE. 2009. 35(9): 1296-1299



12. Jensen S. Comparison of the Cleaning Efficacy of Passive Sonic Activation and Passive Ultrasonic Activation After Hand Instrumentation in Molar Root Canals. JOE. 1999. 25(11): 735-738
13. Ajeti N., Teuta P. Apostolska S. The Effect of Gaseous Ozone in Infected Root Canal. JOS. 2018. 6(2):389-396
14. Silva E., Prado M., Soares D., The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. IEJ. 2019. 1: 1-16
15. Grossman L. Endodontic practice. 11^a ed. Philadelphia: Lea & Febiger Editor; 1988. Pp. 204-206
16. Nawesgar R. Endodoncia avanzada. 2 a ed. Caracas: Editorial Amolca; 2011. Pp. 135-137
17. Baumgartner J. Hutter JW. Microbiología endodóncica y tratamiento de infecciones. 8^a ed. México: editorial Mosby; 2002. Pp. 582-604
18. Ingle J., Bakland L. Endodoncia. 4ta. Edición. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana; 1996. Pp. 15-16
19. Tripathi K. Fármacos en odontología: fundamentos. 1^a ed. Buenos Aires: Medica Panamericana. 2008.
20. Calcina G. Diferencias clínicas entre concentraciones de Clorhexidina. RCOE. 2005. 10 (4): 457-464
21. Kamberi B. The Antibacterial Efficacy of Biopure MTAD in Root Canal Contaminated with Enterococcus faecalis. ISRN. 2012. 12: 1-5
22. Gupta S. Applications of ozone therapy in dentistry. JOR. 2016.8: 86-91
23. Azarpazhooh A., Limeback H. The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. JOD. 2008. 36(2): 104–116.
24. Rotchild J. Current Concepts of Oxygen Ozone Therapy for dentistry in the United States. IJOT. 2010. 9: 105-108
25. Azarpazhooh A., Limeback H, Lawrance H.P. Evaluating the effect o fan Ozone Delivery System on the Reversal Of Dentin Hypersensibility: A randomized. JOE. 2009, 1(35): 1-9



26. Estrela C. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root Canals. JOE. 2007. 48 (11): 85-93
27. Huth K., Quirling M., Maier S. Effectiveness of ozone against endodontopathogenic microorganisms in a root canal biofilm model. JOE. 2009. 42: 3-13
28. Hems R., Gulabivala K. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of *Enterococcus faecalis*. IEJ. 2005. 38:22–9.
29. Estrela C., Holland R. Estrela C. Characterization of successful root canal treatment. BDJ. 2014. 25: 3–11
30. Gupta M. Ozone: an emerging prospect in dentistry. IJDS. 2012. 4(1): 47-50
31. Ortega H., Bonetti I., Lopez B. Evaluación “in vitro” de la asociación del efecto antimicrobiano del ozono unido a vehículos y medicamentos de acción prolongada. AO. 2008. 46(2): 1-9
32. Silveira A., Hélio P., Lopes I., Siqueira J. Periradicular repair after two-visit endodontic treatment using two different intracanal medications compared to single-visit endodontic treatment. BDJ. 2007. 18(4): 299-304
33. Nagayoshi M., Kitamura C., Fukuzumi T. Nishihara T. Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. JOE. 2004.30(11):778-81
34. Giampiero R., Liviu S., Esmá J., Dogramaci B. Bovine pulp tissue dissolution ability of HealOzone, Aquatone Alpha Electrolyte and sodium hypochlorite. AEJ. 2013.
35. Cohen S., Hargreaves K. Pathways of the Pulp. 10^a ed. Missouri. Ed Elsevier; 2011. Pp. 572-581
36. Cardoso M., Oliveira L., Koga-Ito C. AOC. Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, and endotoxins in root canals. OSM. 2008. 105:85-91



37. Lynch E. Evidence-based efficacy of ozone for root canal irrigation. J COMP. 2008. 20(5):287-293
38. Case P., Bird P., Kahler W., George R. Treatment of root canal biofilms of *Enterococcus faecalis* with ozone gas and passive ultrasound activation. JOE. 2012. 38: 523–6.
39. Katalinic I., Glockner K. Influence of several root canal disinfection methods on pushout bond strength of self-etch post and core systems. IEJ. 2014. 47: 140–146,