



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DESINFECCIÓN FOTOACTIVADA DEL SISTEMA DE
CONDUCTOS RADICULARES (PAD/LAD).

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:

JONATHAN JESÚS SUÁREZ FERNÁNDEZ

TUTOR: Esp. DANIEL DUHALT IÑIGO

ASESORA: Esp. MIDORI DANIELA KAWAKAMI CAMPOS

MÉXICO, D.F.

2014



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.

“Aquél que ama lo que hace está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser será... y llegará naturalmente.”

(Facundo Cabral)

Agradecimientos

Agradezco a Dios YHVH por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por brindarme tantas oportunidades de aprendizaje y tantos momentos de felicidad durante todo este tiempo.

Agradezco a mis padres José Jesús Suárez Velázquez y Leticia Estela Fernández Villanueva por todo el apoyo incondicional que me han otorgado a lo largo de mi vida para poder concluir de forma satisfactoria mis estudios profesionales y otorgarme la posibilidad de continuar preparándome académicamente.

Agradezco a mis amigos y compañeros de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México por todas las experiencias y aprendizajes que compartimos juntos, con principal agradecimiento a David Trejo, Montserrat Godínez, Lorena Díaz, Laura Cervantes, Luis Durán y Tania Laguna.

Agradezco a mis amigos y compañeros de la Clínica Periférica Aragón y a mis compañeros del seminario de titulación 53 por todo el apoyo brindado a lo largo del curso.

Agradezco a mis amigos y compañeros de la clínica odontológica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca por todo el apoyo, calidez y ayuda brindada a un compañero extranjero, con principal agradecimiento a Marina Delgado, Carlos Cruz, Noelia Ondicol, Patricia Landeira, Alena Krinitsina, Lorenzo Mendoza, Jisemel Páez y a mi compatriota Alejandro Chanes.

Agradezco a todos mis profesores de la UNAM por todos los conocimientos y habilidades transmitidas a mi persona, con principal agradecimiento a Mariana Latorre, Luis Fernando Jacinto, Casildo Aguirre, Alejandro Treviño, Afranio Serafín, Daniel Duhalt, Roberto Correa, Roberto Benítez, Mauricio Zaldívar, Anabel Morales y José Luis Cortés.

Agradezco a todos mis profesores de la USAL, con principal agradecimiento a Jose Miguel Llorente, Jose Ma. Diosdado, Antonio Santos y Antonio Valverde.

Agradezco a Claudia Flores, por todo el apoyo y la gran ayuda brindada a lo largo de este proyecto.

Agradezco mis hermanas y a todos mis amigos por haber estado conmigo tanto en buenos como en malos momentos, apoyándome incondicionalmente en todos mis proyectos, con especial agradecimiento a Omar López, Iván López, Yair Ramírez, José Luis Albor, Alan Ramírez, Irvin Ramírez, Rodrigo Luna, David García, Eric López, Verónica López, Hugo Núñez, Oscar Núñez, Carlos Romano, Gilberto Mondragón, Juan Mondragón, María Eugenia Bustos, Noemí Hernández, Miguel Ugidos y Edalhi Ramírez.

Por último, agradezco nuevamente a mi tutor Daniel Duhalt y a mi asesora Midori Kawakami de la presente tesina por todo el empeño, paciencia y tiempo invertido para guiarme en el desarrollo del presente trabajo.

Desinfección Fotoactivada del Sistema de Conductos Radiculares (PAD/LAD)

Índice

1. Introducción	5
2. Objetivos	6
3. Irrigantes endodóncicos	7
3.1 Concepto de irrigación endodóncica	7
3.2 Importancia de los irrigantes endodóncicos en el tratamiento de conductos	8
3.3 Irrigantes utilizados en el tratamiento de conductos	9
4. Desinfección fotoactivada de conductos (PAD/LAD)	14
4.1 Antecedentes históricos	14
4.2 Concepto	14
4.3 Mecanismo de acción	16
4.4 Método de uso	17
4.5 Ventajas	19
4.6 Desventajas	20
5. Sistemas de desinfección fotoactivada de conductos (PAD/LAD) en el mercado	21
5.1 PADPLUS® (Denfotex®, Reino Unido)	21
5.2 FOTOSAN® (CMS Dental®, Dinamarca)	22
5.3 TF PREMIER® (MMOptics®, Brasil)	24
5.4 FLEX® (B&WTEK®, Estados Unidos de América)	24
5.5 LC-122M® (LumaCare®, Estados Unidos de América)	25
5.6 THERALITE® (Helbo®, Dinamarca)	25
6. Revisión de artículos	28
6.1 Importancia del uso de la desinfección fotoactivada (PAD/LAD) en el tratamiento del sistema de conductos radiculares	28
6.2 Comparativo entre desinfección fotoactivada (PAD/LAD) y las soluciones irrigantes convencionales	29
6.3 Comparativo entre desinfección fotoactivada (PAD/LAD) con otros sistemas de desinfección	31
7. Conclusiones	34
8. Bibliografía	35

1. Introducción

El tratamiento de conductos radiculares es un procedimiento complejo que requiere un amplio estudio de las técnicas, dispositivos, soluciones químicas y auxiliares de diagnóstico para mejorar su pronóstico.

Su objetivo es mantener la salud de los tejidos periapicales, o devolverles la salud en caso de que exista una alteración en aquellos tejidos; esto con el propósito de que los pacientes conserven sus dientes naturales con una funcionalidad, salud y estética.

Este procedimiento se divide en 3 etapas fundamentales: acceso, limpieza y conformación y obturación.

Varios autores coinciden en que la segunda etapa del tratamiento de conductos radiculares (limpieza y conformación) es la más influyente en el éxito o fracaso del tratamiento.

La presente revisión bibliográfica se enfoca en la segunda etapa del tratamiento de conductos, específicamente en la limpieza química del sistema de conductos radiculares.

Actualmente existe una amplia gama de soluciones químicas y dispositivos para mejorar la desinfección intrarradicular. A pesar de los avances tecnológicos actuales, aún no existe una solución irrigante que cumpla con todas las características ideales para llevar a cabo la esterilización del sistema de conductos radicular que no dañe los tejidos sanos.

Las soluciones irrigantes convencionales más efectivas para la desinfección, lamentablemente presentan algunos efectos desfavorables sobre los tejidos periapicales. Muchas de ellas no pueden mezclarse entre sí para aumentar las ventajas que presentan, ya que se generan reacciones químicas contraproducentes.

La desinfección fotoactivada de conductos (PAD/LAD) es una técnica que se ha utilizado en el campo de la medicina para el tratamiento de neoplasias e infecciones cutáneas. Su reciente aplicación en endodoncia representa una nueva alternativa para reducir de forma considerable la presencia de bacterias dentro de los conductos radiculares.

Su mecanismo de acción, ventajas, desventajas y método de uso serán descritos en el presente trabajo.

2. Objetivos

- 1- Enfatizar la importancia de la fase de limpieza y conformación en el tratamiento de conductos radiculares.
- 2- Describir las diferentes técnicas de irrigación del sistema de conductos radiculares.
- 3- Describir las propiedades, ventajas y desventajas de las soluciones químicas más utilizadas para la desinfección del sistema de conductos radiculares.
- 4- Describir el concepto, mecanismo de acción y uso de la desinfección fotoactivada.
- 5- Evidenciar la eficiencia de la desinfección fotoactivada en la eliminación de bacterias presentes en el interior del sistema de conductos radiculares, ya sea en estado libre, organizadas en biopelículas y/o con el desarrollo de resistencia a antibióticos.
- 6- Evidenciar el uso seguro de la desinfección fotoactivada de conductos en conjunto de soluciones irrigantes convencionales.
- 7- Evidenciar mediante el uso de desinfección fotoactivada la disminución de la incidencia de recolonización.
- 8- Mencionar las bacterias susceptibles a la desinfección fotoactivada de interés en endodoncia.
- 9- Describir los diferentes tipos de fotosensibilizantes utilizados en la desinfección fotoactivada.
- 10- Describir los diferentes tipos de sistemas de irradiación luminosa utilizados en la desinfección fotoactivada.
- 11- Mencionar y describir los diferentes sistemas de desinfección fotoactivada disponibles en el mercado para promover el uso clínico de la técnica.
- 12- Comparar la desinfección fotoactivada con otras soluciones irrigantes y otros sistemas de desinfección utilizados en endodoncia.

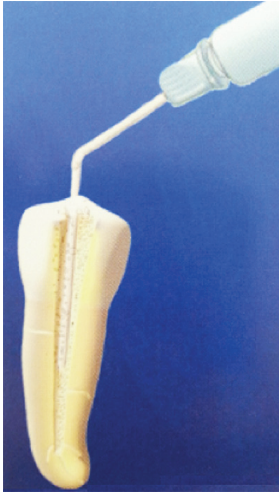


Fig. 1: Irrigación pasiva



Fig. 2: Irrigación manual dinámica

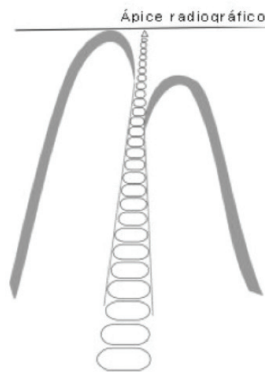


Fig. 3: Lima de pasaje



Fig. 4: Endoactivator® (Dentsply®) para irrigación sónica

3. Irrigantes endodóncicos

3.1 Concepto de irrigación endodóncica

La irrigación en endodoncia pertenece al segundo paso del tratamiento de conductos (limpieza y conformación). Corresponde a la parte química del proceso químico-mecánico de la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Se define como la introducción de una o más soluciones en la cámara pulpar y conductos radiculares antes, durante y después de la preparación biomecánica para desinfectar y limpiar el sistema de conductos radiculares mejorando considerablemente el pronóstico de éxito del tratamiento. ⁽⁰¹⁾

La irrigación se divide en 2 tipos:

1- *Pasiva*: es la técnica de irrigación convencional con jeringa y aguja. La aguja debe permanecer holgada al entrar y salir del conducto para permitir la correcta difusión del irrigante a través de la luz del conducto, para evitar su fractura dentro del mismo y para permitir la salida de detritus al irrigar. La aguja debe tener una o varias salidas laterales para evitar que el irrigante sea extruido a la zona periapical (Fig. 1).

2- *Activa*: consiste en la estimulación física del irrigante para mejorar su difusión a través del sistema de conductos radiculares. Se divide en manuales y asistidas por máquinas.

a) **Manuales**: se subdividen en:

- Irrigación manual dinámica: consiste en inundar el conducto con la solución irrigante e introducir un cono de gutapercha que se adapte al conducto previamente instrumentado haciendo movimientos gentiles hacia dentro y fuera del conducto repetidamente. Esto ocasiona una turbulencia del irrigante dentro del conducto y permite que se difunda a través de los espacios a los cuales no había tenido acceso previamente (Fig. 2).

- Lima de pasaje: su objetivo es la difusión del irrigante a través del tercio más apical del conducto. Esto se logra inundando el conducto con el irrigante e introduciendo una lima flexible y delgada (calibre #8 ó #10) 1 mm más allá de la longitud de trabajo (Fig. 3).

b) **Asistidas por máquinas**: se subdividen en:

- Irrigación sónica: utiliza un aparato con una punta no cortante que oscila a una frecuencia de 1 a 6 kHz en sentido longitudinal, permitiendo una buena difusión del irrigante a través del conducto radicular (Fig 4).

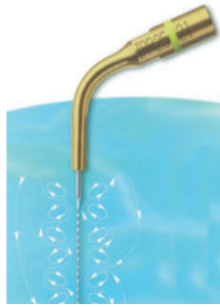


Fig. 5: Irrigación ultrasónica pasiva



Fig. 6: Sistema EndoVac® de presiones alternadas

- Irrigación ultrasónica pasiva: a pesar de que en su nombre se define como pasiva, corresponde a una técnica de irrigación activa. La palabra "pasiva" se refiere a la acción no cortante de la punta del instrumento, ya que no entra en contacto con las paredes del conducto, únicamente oscila dentro de él a una frecuencia de 25 a 30 kHz en sentido transversal, permitiendo una mejor difusión del irrigante comparado con el sistema sónico (Fig. 5).

- Presiones alternadas: es un sistema de irrigación- evacuación combinados. La irrigación es expulsada del sistema en el orificio del conducto radicular, con presión. La aspiración, se hace por medio de una micro-cánula que se extiende a la región apical del conducto radicular; las dimensiones de la aguja son de calibre #55 con un 2% conicidad. Del alto volumen de aspiración de la unidad dental resulta una presión apical negativa y por lo tanto de forma pasiva absorbe la irrigación desde el orificio de la parte apical del conducto radicular. La extrusión apical probablemente se reducirá en la medida que disminuya la presión apical (Fig. 6).⁽⁰²⁾

- Desinfección fotoactivada (PAD/LAD): utiliza compuestos fotoactivados producidos endógenamente por las bacterias y compuestos fotoactivados sintéticos introducidos dentro del conducto. La activación de moléculas fotosensibilizantes a través de una longitud de onda específica generada por un láser produce entidades químicas perjudiciales para eliminar bacterias. El singlete de oxígeno (radical libre de oxígeno) generado durante el proceso, genera daño a la membrana, inactivación enzimática, genómica y daños en el ADN plasmático ocasionando la muerte instantánea del microorganismo (Fig. 7).⁽⁰³⁾



Fig. 7: Dispositivos para PAD (FotoSan 360®, PADPLUS® y TF PREMIER®)

Los irrigantes endodóncicos se dividen en:

- 1- Alcalis.
- 2- Quelantes.
- 3- Asociación de fármacos.
- 4- Detergentes.
- 5- Clorhexidina.⁽⁰⁴⁾
- 6- Fotosensibilizantes activados.

3.2 Importancia de la irrigación en endodoncia

En el año 2001, Peters y cols. reportaron que la instrumentación mecánica deja aproximadamente del 35% al 45% de las paredes del conducto radicular sin tocar, y estas áreas pueden albergar detritus, bacterias organizadas en biofilms así como sus productos de desecho.

Es imposible realizar un desbridamiento completo por medios mecánicos en las irregularidades anatómicas que presentan los sistemas de conductos radiculares, por lo tanto, debe complementarse con la desinfección química por medio de irrigantes.

Los irrigantes intraconducto aumentan la eliminación bacteriana y facilitan la remoción de tejido necrótico y partículas de dentina del conducto radicular; además, previenen el empaquetamiento de tejidos duros y blandos infectados en el tercio apical radicular y en la zona perirradicular.

Los principales objetivos de la irrigación endodóncica son:

- 1- Limpieza: al eliminar por remoción y/o disolución restos pulpares vitales o necróticos y detritus, producto de la preparación.
- 2- Desinfección: al eliminar las bacterias existentes en el conducto alterando el pH del medio.
- 3- Lubricación: al facilitar la acción conformadora de los instrumentos endodóncicos.

Las características del irrigante endodóncico ideal son:

- 1- Capacidad de disolver tejido pulpar vital y necrótico.
- 2- Escasa toxicidad para los tejidos periodontales.
- 3- Propiedad lubricante para facilitar el deslizamiento de los instrumentos y mejorar así su capacidad de corte.
- 4- Capacidad antibacteriana de amplio espectro.
- 5- Sustantividad o capacidad residual.
- 6- Facilidad de aplicación y almacenaje.
- 7- Tiempo de vida adecuado.
- 8- Costo moderado.
- 9- Acción rápida y sostenida.
- 10- Baja tensión superficial para una mejor difusión dentro de las irregularidades del conducto.

(01, 02)

Actualmente, no existe el irrigante endodóncico ideal, ya que unos presentan ventajas y desventajas comparados entre sí. El irrigante endodóncico más utilizado es el hipoclorito de sodio, sin embargo, existen otras alternativas con propiedades físico-químicas diferentes a las del hipoclorito de sodio, las cuales pueden ser aprovechadas para su uso clínico.



Fig. 8: Hipoclorito de sodio (Clorox®)

3.3 Irrigantes utilizados en el tratamiento de conductos

El primer reporte de un agente irrigante utilizado en endodoncia se remonta a 1893 cuando Schreier utilizó potasio para retirar tejidos necróticos de los conductos radiculares. Posteriormente Dakin en 1915 comenzó a usar aceites clorados como el aceite parafinado y el eucaliptol mezclados en partes iguales. El hipoclorito de sodio al 0.5% era usado en el manejo de las heridas, le denominaron solución de Dakin. ⁽⁰¹⁾

A partir de ese momento, surgieron diversos irrigantes para la desinfección del sistema de conductos radiculares.

Los agentes irrigantes más utilizados actualmente en endodoncia son:

- Hipoclorito de sodio: En 1936, Walker reconoce la importancia de la solución irrigante, recomendando el uso de hipoclorito de sodio (solución de Dakin). Es el irrigante más utilizado en endodoncia.

Se usa en concentraciones del 0.1% al 5.25%. Tiene un pH alcalino (entre 12 y 13) y es hipertónico. Al combinarse con agua se convierte en áci-

do hipocloroso, el cual es el responsable de la inactivación bacteriana ocasionada por la liberación de gas cloro. El hipoclorito de sodio mezclado con agua (ácido hipocloroso) no puede almacenarse debido a que es químicamente inestable. Su acción antibacteriana dura 1 hora. Es el irrigante más utilizado en el tratamiento endodóncico debido a su efectividad contra bacterias, virus, hongos y esporas; además de poseer la capacidad de disolver tejido orgánico.

Las principales desventajas que presenta son:

- a) Su alta toxicidad a los tejidos, por lo que su extrusión a la zona periapical ocasiona inmediatamente un cuadro inflamatorio con dolor intenso y edema⁽⁰¹⁾⁽⁰²⁾ y en caso de ser ingerido, puede causar edema faríngeo y quemaduras esofágicas.⁽⁰⁵⁾
 - b) Su capacidad para la disolución del barrillo dentinario es pobre (Fig. 8).⁽⁰⁴⁾
- EDTA (ácido etilendiaminotetraacético): En 1957, Nygaard-Ostby introducen el EDTA en endodoncia para facilitar el tratamiento de conductos calcificados y angostos.

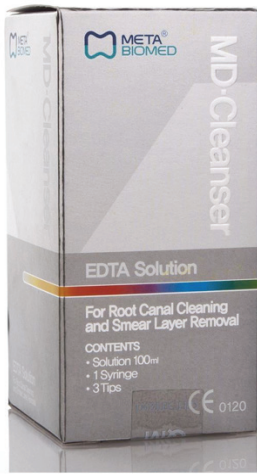


Fig. 9: EDTA al 17% (META BIOMED®)

El ácido etilendiaminotetraacético es una solución quelante. Su concentración al 17% es la más utilizada en endodoncia. Es efectivo para la disolución de biofilm adherido a las paredes del conducto y para la disolución de tejido inorgánico acumulado en la luz del conducto durante la instrumentación del mismo, el cual presenta grandes cantidades de microorganismos patógenos. Forma complejos moleculares estables con el calcio propio de la dentina radicular y cuando todos los iones disponibles se han unido, se establece un equilibrio, deteniendo así la disolución del material inorgánico, por lo que las propiedades del EDTA se vuelven autolimitantes.

Sus principales desventajas son:

- a) Se debe utilizar solo como coadyuvante, ya que su capacidad antimicrobiana y su capacidad de disolver tejido orgánico son reducidas.
 - b) Si se utiliza en conjunto con el hipoclorito de sodio, debe irrigarse el conducto con alcohol isopropil al alternar ambos irrigantes, ya que éstos no deben mezclarse debido al “efecto burbujeo”, el cual es resultado de la inactivación química del cloro disminuyendo radicalmente el efecto antimicrobiano del hipoclorito de sodio.⁽⁰¹⁾⁽⁰²⁾
 - c) Su uso indiscriminado ocasiona reblandecimiento de la dentina sana (peritubular e intertubular), el cual puede llevar a desvíos y perforaciones iatrogénicas de los conductos.⁽⁰⁴⁾
 - d) La extravasación de EDTA a los tejidos periapicales, además de generar reacciones inflamatorias con exudado, altera el mecanismo de actuación de las células macrofágicas debido a la inhibición del neuropéptido VIP (péptido intestinal vasoactivo) responsable de la modulación de las respuestas inmunes periapicales.⁽⁰⁴⁾, además de ocasionar la liberación de TNF-alfa, responsable de reabsorción ósea a nivel periapical (Fig. 9).⁽⁰⁴⁾
- Smear Clear®: Es un producto de la casa comercial SybronEndo®. Es una mezcla de EDTA al 17%, cetrimida y un agente tensoactivo desarrollado por la casa comercial. Eso ocasiona que la tensión superficial de la solución sea menor a la del EDTA convencional, mejorando su difusión a través del sistema de conductos radiculares y por ende sus propiedades en la disolución de tejido inorgánico (Fig. 10).⁽⁰⁶⁾



Fig. 10: Smear Clear®

• Clorhexidina: Parsons y Cols., en 1985, sugieren la utilización de la clorhexidina, como irrigante en la terapia endodóncica. La clorhexidina pertenece al grupo de las biguanidas. Es un agente antibacteriano de amplio espectro; así mismo, es un ácido dicatiónico (pH 5.5-6.0) que tiene la posibilidad de donar protones. Posee un componente molecular catiónico que se adhiere a áreas de la membrana celular negativamente cargadas, provocando lisis celular. Presenta sustantividad, la cual se define como el efecto antimicrobiano de larga duración (12 horas) debido a su capacidad para adherirse a la hidroxiapatita.

Sus principales desventajas son:

a) Debe utilizarse solo como coadyuvante en la desinfección del conducto, ya que no es capaz de disolver ningún tipo de tejido.

b) Si se utiliza en conjunto con el hipoclorito de sodio, debe irrigarse el conducto con alcohol isopropil al alternar ambos irrigantes, ya que éstos no deben mezclarse debido a la formación de un precipitado de color café -anaranjado altamente tóxico conocido como para-cloro-anilina (PCA). (24)(25) Tampoco es conveniente mezclarla con EDTA debido a que se precipita en forma de sal.



Fig. 11 : Solución de Clorhexidina para irrigación endodóncica (Ultradent®)

c) Ocasiona oscurecimiento de la superficie dentaria, además de no promover la aclaración de las paredes que se han vuelto oscuras como fruto de la descomposición tisular. (04)

d) Lambrianidis y cols. han demostrado que los irrigantes viscosos, como los que contienen gluconato de clorhexidina, son sustancias menos solubles que pueden dejar residuos en las superficies de los conductos y afectar potencialmente su obturación (Fig. 11). (03)

• Ácido cítrico: En 1988, Goldmann reporta el uso de ácido cítrico como agente para la irrigación del sistema de conductos radiculares.

Corresponde a una sustancia quelante de pH bajo. Se utiliza en concentraciones al 10%, 15%, 30% y 50%; su efectividad en la disolución de detritus y calcificaciones es directamente proporcional a su concentración. Su acción es similar a la del EDTA, sin embargo, el ácido cítrico es más efectivo en la remoción de tejido (en cualquiera de sus concentraciones), presenta mayor actividad antimicrobiana y al combinarse con hipoclorito de sodio no se ocasiona el "efecto burbujeo", siendo innecesario limpiar el conducto con alcohol isopropil para alternar ambas soluciones irrigantes.

Sus principales desventajas son:

a) Alta irritabilidad y toxicidad sobre los tejidos blandos y periapicales.

b) Existe la posibilidad de debilitar la estructura dentinaria sana de las paredes del conducto, por lo que se elevan los riesgos de ocasionar desvíos y perforaciones iatrogénicas.

c) Al utilizarse en altas concentraciones, genera precipitados cristalinos de calcio que se adhieren a la pared de la dentina, perjudicando su permeabilidad.

d) La proyección a tejidos periapicales puede ocasionar un retardo en la reparación tisular y regresión del proceso inflamatorio agudo, ya que al igual que el EDTA, se produce la liberación de TNF-alfa (Fig. 12). (04)



Fig. 12: Ácido cítrico al 40% (DenPro®)

• Detergentes: son sustancias cuya característica principal es funcionar como un puente de enlace entre los lípidos y el agua para la disolución de sustancias liposolubles. Su mecanismo de acción se divide en 3 etapas: Humectación, adsorción y emulsificación. Se dividen en aniónicos o sin carga



Fig. 13: Detergente catiónico (Cetavlon®)



Fig. 14: MTAD® (Dentsply®)



Fig. 15: QMix® (Dentsply®)



Fig. 16: Sistema Sterilox® para uso en odontología.

(lauril-eter sulfato de sodio) y en catiónicos o con carga (Cetavlon®). Su efecto antiséptico es escaso y su grado de agresión a los tejidos periapicales es elevado (Fig. 13).⁽⁰⁴⁾

- MTAD: Torabinejad y cols, estudiaron los efectos del MTAD como un nuevo irrigante para uso endodóncico, y cuya composición posee el isómero de tetraciclina (doxiciclina), más un ácido (ácido cítrico), y un detergente (tween 80) (Fig 14).⁽⁰¹⁾⁽⁰²⁾

Dentro de sus características posee acción antibacteriana de amplio espectro igual que el hipoclorito de sodio al 5,25%, efecto removedor de barrillo dentinario igual que el EDTA, no es citotóxico y posee sustantividad. El MTAD es un irrigante endodóncico de reciente aparición que busca obtener las ventajas y propiedades de varios irrigantes en un solo producto (03). Las desventajas que presenta este irrigante son su incapacidad de disolver tejido orgánico y debido al antibiótico en su composición, en caso de proyección a la zona periapical, existe la posibilidad de desencadenar reacciones de hipersensibilidad en paciente susceptibles, tales como: urticaria, edema angioneurótico, anafilaxia, púrpura anafilactoide, enfermedad del suero, pericarditis y exacerbación del lupus eritematoso sistémico.⁽⁰⁷⁾

- QMix: Su fórmula premezclada proporciona un protocolo de irrigación compuesto por ácido etilendiaminotetraacético disódico y digluconato de clorhexidina.⁽⁰⁸⁾ Es una nueva opción para realizar la irrigación final en el tratamiento de conductos. Este producto se ha propuesto por la casa comercial Dentsply la cual revela que el producto cuenta con gran capacidad de remoción del barrillo dentinario, un alto potencial antimicrobiano (muy semejante al potencial del hipoclorito de sodio) y además se usa en un solo paso (Fig. 15).

El Qmix consiste en una única solución irrigadora final que promueve la remoción del detritus y la desinfección. La casa comercial Dentsply asegura que la irrigación final con Qmix es menos nociva para dentina que la irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25%. La solución no debe utilizarse como irrigante único, ya que es incapaz de disolver tejido orgánico.⁽⁰⁹⁾

- Agua superoxidada: Tienen su origen en la "Radical Waters Halfway House 1685" en Sudáfrica. También es llamada agua activada electroquímicamente (Rusia) o agua con potencial oxidativo (Japón). Es agua salina que se ha electrolizado para formar agua superoxidada, ácido hipocloroso y radicales libres de clorina. Se comercializa bajo el nombre de "Sterilox®", el cual es un sistema que trata electroquímicamente al agua. Hay pocos estudios sobre su uso en endodoncia, pero se ha determinado que es biocompatible, efectiva en la destrucción de bacterias, esporas bacterianas y biopelículas, además de ser capaz de disolver tejido orgánico e inorgánico en el sistema de conductos radiculares. A pesar de que estos estudios in vitro indican que el hipoclorito de sodio presenta las mismas propiedades con mejores resultados (excepto la disolución de tejido inorgánico)⁽⁰³⁾, el agua superoxidada podría utilizarse en conjunto con la desinfección fotoactivada para mejorar los resultados de limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares (Fig. 16).



• Fotosensibilizantes activados con luz: Se utiliza una fuente luminosa y soluciones fotosensibilizantes en presencia de oxígeno. Algunos son utilizados como tinciones para cortes histológicos y son inocuos al permanecer inactivos ⁽¹⁰⁾; otros sí cuentan con un efecto bactericida por sí mismos, tal es el caso de los clorines y fotoclorines, los cuales también son utilizados para la purificación de agua potable, desinfección de tuberías y tratamientos veterinarios ⁽⁰⁵⁾. Al aplicarles directamente luz láser con una longitud de onda específica durante el tiempo adecuado, estos fotosensibilizantes adquieren un efecto bactericida elevado, provocando la ruptura de la pared celular bacteriana y alteración de otras estructuras celulares, ocasionando la oxidación y muerte instantánea del microorganismo (Fig. 17). ⁽¹¹⁾

Soukos y cols. discrepan acerca de la inocuidad de los fotosensibilizantes sin aplicación de luz, ya que en su estudio reportan que el azul de metileno por sí mismo eliminó el 83.2% de *E. faecalis* ⁽¹²⁾, sin embargo, no es un porcentaje aceptable para un tratamiento de conductos exitoso, por lo que siempre deben de ir acompañados de la activación mediante el dispositivo lumínico.

Fig. 17: Fotosensibilizante (Azul de toluidina)

4 Desinfección fotoactivada de conductos (PAD/LAD)

4.1 Antecedentes históricos

Los primeros usos de luz como tratamiento se reportan desde el año 3.000 a. C. en el antiguo Egipto y en la India, específicamente en el tratamiento de algunas afecciones de la piel. En el siglo II a. C. los griegos reconocían las propiedades curativas de la exposición a la luz solar.

Durante los siguientes siglos fue cayendo en desuso y no fue hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX que en Europa, por mediante estudios experimentales de médicos como Niels Ryberg Finsen, se demostraron los efectos terapéuticos de los rayos UV en el lupus vulgaris a partir del uso de una lámpara de arco de carbón. Durante esa época en conjunto con el estudio de la terapia de luz, realizaban estudios sobre fotosensibilizantes.

En 1900, Raab y cols. describieron la captación de colorantes, como el naranja de acridina, para sensibilizar microorganismos, para su destrucción por una exposición posterior a una fuente de luz. Encontraron que esta reacción necesitaba de la presencia de oxígeno y Von Tappeiner, director del Instituto de Farmacología de la Universidad de Munich, le dio el nombre de "acción fotodinámica" o "efecto fotodinámico". A partir de esta investigación, se utilizó la terapia fotodinámica con hematoporfirina para tratamiento de enfermedades de la piel, y se avanzaba en la búsqueda mayores efectos terapéuticos, como en tejidos con cáncer de diversas partes del cuerpo. ⁽¹³⁾

Thomas Dougherty formó la Asociación Internacional Fotodinámica en 1986, llevando a cabo su primer congreso en la ciudad de Tokio, Japón. ⁽¹¹⁾

Pero en la cavidad oral, Wilson y cols. en el Instituto Dental Eastman de Londres, en los últimos diez años, han probado la eficacia de la desinfección fotoactivada y demostrado la variedad de aplicaciones orales. ⁽¹⁴⁾

4.2 Concepto

Antes de definir el concepto, es importante mencionar que la desinfección fotoactivada de conductos abreviada como PAD (photoactivated disinfection) por sus siglas en inglés, es mencionada en la literatura con diversos nombres, siendo los más comunes:

- a) Desinfección fotoactivada de conductos (PAD: *photoactivated disinfection*). ⁽¹⁰⁾
- b) Desinfección activada con luz (LAD: *light activated disinfection*). ⁽²⁶⁾
- c) Terapia fotodinámica (PDT: *photodynamic therapy*). ⁽¹⁰⁾
- d) Terapia de luz activada (LAT: *light activated therapy*). ⁽⁰³⁾
- e) Desinfección fotoactivada no invasiva avanzada (ANILAD: *advanced non invasive light activated disinfection*). ⁽¹⁵⁾
- f) Quimioterapia antimicrobiana fotodinámica (PACT: *photoactivated chemotherapy*) ⁽¹¹⁾
- g) Fotosensibilización letal. ⁽¹⁰⁾

La terapia fotodinámica se define como un tratamiento médico que utiliza luz para activar un agente fotosensibilizante en presencia de oxígeno, presentando actividad antimicrobiana y antineoplásica ⁽¹¹⁾. Como método antimicrobiano en endodoncia, se define como un proceso de desinfección del

sistema de conductos radiculares llevado a cabo en dos pasos:

- 1- Aplicación de un fotosensibilizante dentro del sistema de conductos radiculares, promoviendo su difusión dentro de las irregularidades del mismo.
- 2- Aplicación de luz con una longitud de onda específica en presencia de oxígeno a través de un medio de irradiación (generalmente láser de baja potencia).⁽¹⁵⁾

La desinfección fotoactivada es utilizada en dermatología, en oncología y en microbiología. En odontología es utilizada en endodoncia (desinfección del sistema de conductos radiculares e infecciones perirradiculares)⁽⁰³⁾, en periodoncia (desinfección de los tejidos de soporte del diente y tratamiento de periimplantitis), en odontología restauradora (desinfección de preparaciones cavitarias) y en patología bucal (tratamiento de lesiones neoplásicas e infecciosas).⁽¹¹⁾

Con respecto a los fotosensibilizantes, se definen como un compuesto químico (generalmente una tinción) que puede ser activado por una luz de longitud de onda específica (visible o infrarroja).⁽¹¹⁾

Los fotosensibilizantes pueden ser endógenos (producidos metabólicamente por un número limitado de bacterias) o sintéticos (fabricados sintéticamente).⁽¹⁴⁾

1- Fotosensibilizantes endógenos- se subdividen en:

a) Fotorreceptores especializados o pigmentos fotocromáticos fotoreversibles PFF: estos fotorreceptores son fotoreguladores, fotocromáticos y fotoreversibles y tienen como función enviar a la célula información del medio que nos rodea. Éstos son:

- Clorofila.
- Rodopsina.
- Bacteriorodopsina.
- Fotocromo A, B, C, D.

b) Fotorreceptores no específicos: estos fotorreceptores no específicos comprenden todas aquellas moléculas de fermentos que se encuentran en todas las células del organismo, estas intervienen en el metabolismo celular sin necesidad de energía lumínica, pero al incidir sobre ellas una radiación con longitud de onda específica, son capaces de absorber fotones y provocar variaciones en el metabolismo celular; éstos son:

- Flavoproteínas.
- Porfirinas, Catalasa, Citocromos, Citocromoxidasa.
- Proteínas con cobre, Tiroxinas, Súper oxido Dismutasa, Ceruloplasmina, Asparaginas.⁽¹⁴⁾

2- Fotosensibilizantes sintéticos: son aquellas tinciones aplicadas por el operador directamente en el interior del sistema de conductos radiculares. Los más utilizados en la PAD son:

- Azul de tolueno o toluidina.⁽¹⁰⁾
- Azul de metileno.
- Violeta cristal.
- Porfirinas sintéticas (Obtenidas a partir de la clorofila, de la vitamina B12 o de la sangre).
- Ftalacine di sulfuro de aluminio.⁽¹⁴⁾
- Clorines y fotoclorines.⁽⁰⁵⁾
- Verde de malaquita.⁽¹⁶⁾
- Polietilenimina.⁽¹⁷⁾

Los siguientes fotosensibilizantes son recomendados para utilizarse con luz azul:

- Rosa de bengala.
- Eosina Y.
- Curcumina.⁽¹⁸⁾

Las propiedades ideales de un fotosensibilizante son:

- a) Baja toxicidad y rápida eliminación.
- b) Alto rendimiento en la producción de singlete de oxígeno.
- c) Bajo costo y disponibilidad comercial.
- d) Hidrosoluble.
- e) Capacidad de almacenamiento.
- f) Capacidad de absorción. ⁽¹¹⁾⁽¹⁴⁾

4.3 Mecanismo de acción

La desinfección fotoactivada es efectiva en la destrucción de bacterias, hongos, virus y protozoarios. ⁽¹¹⁾

Las bacterias gram-positivas son susceptibles a las moléculas aniónicas, catiónicas y neutras del fotosensibilizante, mientras que las bacterias gram-negativas solo son susceptibles a las moléculas catiónicas; esto se debe a la diferencia de permeabilidad presente en sus membranas. ⁽¹⁹⁾

Los géneros de bacterias susceptibles a esta técnica de interés en endodoncia son:

- a) *Streptococcus* (Gram-positivas, facultativas).
- b) *Actinomyces* (Gram-positivas, anaerobias y facultativas).
- c) *Lactobacillus* (Gram-positivas, anaerobias).

Específicamente las especies bacterianas susceptibles de interés en endodoncia son:

- a) *Prevotella intermedia* (Gram-negativa, anaerobia).
- b) *Peptostreptococcus micros* (Gram-positiva, anaerobia).
- c) *Fusobacterium nucleatum* (Gram-negativa, anaerobia).
- d) *Enterococcus faecalis* (Gram-positiva, facultativa).
- e) *Staphylococcus aureus* (Gram-positiva, anaerobia). ⁽¹¹⁾
- f) *Escherichia coli* (Gram-negativa, facultativa).
- g) *Candida albicans* (Levadura). ⁽²⁰⁾
- h) *Pseudomonas aeruginosa* (Gram negativa, aerobia).
- i) *Proteus mirabilis* (Gram negativa, facultativa). ⁽²¹⁾
- j) *Streptococcus anginosus* (Gram-positiva, facultativa). ⁽²²⁾

Las bacterias cuentan con proteínas de membrana llamadas "bombas de flujo de salida" tales como Bmr, AcrAB, MexAB, entre otras. Megha Upadya y cols. realizaron un estudio in vitro donde determinan que la desinfección fotoactivada por si sola es efectiva en la eliminación de bacterias organizadas en biopelículas, pero se obtienen mejores resultados al combinar el fotosensibilizante con un inhibidor de bombas de flujo de salida (verapamil). ⁽²³⁾

Durante el procedimiento de desinfección fotoactivada se utiliza una fuente de emisión de luz que generalmente es láser de diodo de baja potencia, (03). La longitud de onda utilizada es de 630 nm a 700 nm en promedio, la cual atraviesa de 0.5 cm a 1.5 cm a los tejidos con los cuales entra en contacto. ⁽¹¹⁾

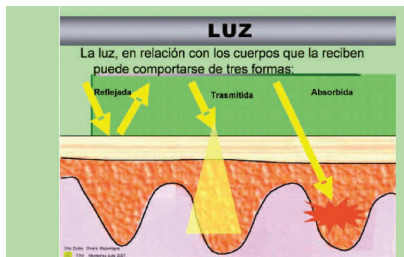


Fig. 18: Representación gráfica de la luz al incidir sobre un cuerpo.

La luz puede ser reflejada, transmitida o absorbida; teniendo efecto fotobiológico únicamente al ser absorbida. Cuando el fotosensibilizante es expuesto a la fuente de luz con la longitud de onda descrita previamente, éste absorbe fotones de energía con la subsiguiente transición al siguiente estado, o sea del estado excitado del radical libre de oxígeno (singlete) (Fig. 18).

Existe una función fotorreguladora determinada por fotorreceptores (cromóforos) que son capaces de absorber fotones de determinada longitud de onda, provocando una transformación en la actividad funcional y metabólica de la célula.

Si un cromóforo absorbe luz al ser estimulado por un fotosensibilizante, ocurre lo siguiente:

- Calor: las células absorben el calor.
- Fluorescencia: las células absorben la longitud de onda, lo cual es aprovechado para visualizar tumores.
- Reacción química: se activa el singlete de oxígeno ocasionando muerte celular por apoptosis. ⁽¹⁴⁾

Durante este proceso existe una selectividad dual, en la cual la irradiación solo afecta a las células bacterianas que hayan acumulado el fotosensibilizante, por lo tanto no daña a los tejidos del organismo. ⁽⁰³⁾

La luz actúa sobre fotosensibilizantes producidos endógenamente por las bacterias y sobre las estructuras celulares diana susceptibles al fotosensibilizante aplicado por el operador; el oxígeno presente en el medio reacciona con el fotosensibilizante activado mediante transferencia de energía produciendo oxidantes fuertes y reactivos (singletes de oxígeno) que dañan a la membrana, al ADN y ocasiona inactivación enzimática, induciendo la apoptosis y ocasionando la muerte instantánea del microorganismo. ⁽⁰³⁾⁽¹⁴⁾⁽²⁴⁾

El principal agente destructor de microorganismos en este proceso es el radical libre de oxígeno.

Saji George y cols. describen una técnica para generar un mayor número de singletes de oxígeno modificando químicamente el fotosensibilizante. Estos autores realizaron un estudio donde prepararon una emulsión oxidante compuesta por el fotosensibilizante (azul de metileno), perfluoro-decahidronaftaleno (como acumulador de oxígeno), peróxido de hidrógeno (como oxidante) y solución detergente aniónica (como surfactante). La emulsión se utilizó en cultivos de *E. faecalis* in vitro y en dientes extraídos para su estudio ex vivo. Esta emulsión generó un mayor número de singletes de oxígeno, mejorando considerablemente la capacidad antibacteriana sobre las biopelículas; los autores concluyen que este fotosensibilizante modificado es más efectivo que cualquier fotosensibilizante tradicional. ⁽²⁵⁾

La desinfección fotoactivada de conductos es considerada de amplio espectro, efectiva contra microorganismos resistentes a fármacos y contra microorganismos organizados en biopelículas.

La efectividad de la desinfección fotoactivada en el interior del sistema de conductos radiculares se ve beneficiada por el microambiente catiónico presente en el mismo, el cual ayuda a eliminar un mayor número de bacterias. ⁽¹⁹⁾

El efecto antimicrobiano de la desinfección fotoactivada depende directamente del tipo, dosis, tiempo de incubación y localización del fotosensibilizante, así como de la presencia de oxígeno, de la longitud de onda de la luz, de la potencia de la luz o irradiancia medida en mW/cm² y de la densidad de energía o fluencia de luz a través del conducto. ⁽²⁶⁾

Con respecto a la concentración del fotosensibilizante, Williams y cols. en el año 2005, realizaron un estudio donde cultivaron bacterias en estado planctónico, en cubos acrílicos de entrenamiento endodónico y en dientes naturales extraídos; en su estudio utilizaron diferentes concentraciones de fotosensibilizantes y diferentes dosis de potencia de luz en los 3 medios mencionados previamente, concluyendo que a diferencia de la dosis de potencia, la concentración del fotosensibilizante no interfiere en el efecto antimicrobiano ⁽²⁷⁾, por lo que no es necesario utilizarlo a concentraciones elevadas, pudiendo diluirlo con agua bidestilada para disminuir su tensión superficial y a su vez mejorar su difusión a través del sistema de conductos radiculares.

4.4 Método de uso

La desinfección fotoactivada requiere del uso de un agente fotosensibilizante, de una fuente de irradiación luminosa y de la presencia de oxígeno. Silva y cols. en el año 2011, demostraron en su estudio in vitro, el nulo efecto fotobiológico del uso del fotosensibilizante sin activarse con la fuente de irradiación y del uso de la fuente de irradiación sin fotosensibilizante previo ⁽¹⁶⁾⁽¹⁸⁾.

Lo previamente mencionado demuestra que los tres elementos deben ser utilizados en conjunto para que la desinfección sea llevada a cabo, por lo que la ausencia de alguno interfiere en el proceso de desinfección.

La desinfección fotoactivada es un método complementario y no suplementario al tratamiento de conductos convencional, debido a que no hay disolución de tejido inorgánico ni orgánico, por lo que no sustituye a la instrumentación biomecánica ni a la irrigación convencional.⁽²⁴⁾⁽²⁸⁾

Existen reportes del uso de la desinfección fotoactivada en conjunto con otros sistemas irrigantes⁽²¹⁾⁽²⁴⁾⁽²⁸⁾ y no se reporta ninguna contraindicación ni efecto negativo al usarse simultáneamente con otro tipo de soluciones.

Posterior a la conformación biomecánica, el procedimiento se lleva a cabo en tres simples pasos:

- 1- Aplicación del fotosensibilizante dentro del sistema de conductos.
- 2- Irradiación con la fuente luminosa en presencia de oxígeno.⁽²⁹⁾
- 3- Garcez y cols. sugieren un tercer paso que consiste en irrigación con solución salina y secado del sistema de conductos radiculares para remover el remanente de fotosensibilizante.⁽¹⁷⁾

La elección del fotosensibilizante es a juicio del operador, sin embargo, los dos fotosensibilizantes que presentan mayor número de estudios en desinfección son el azul de toluidina y el azul de metileno.⁽¹⁰⁾⁽²⁴⁾

Silva y cols. sugieren el uso del verde de malaquita debido a su gran capacidad para adherirse al biofilm y eliminarlo.⁽¹⁶⁾

Garcez y cols. sugieren usar una combinación de polietilenimina con clorina para en las reintervenciones del tratamiento de conductos, ya que reportan mejores resultados en la eliminación de bacterias resistentes a antibióticos (comunes en las infecciones persistentes) comparado con los resultados que ofrece el azul de toluidina.⁽¹⁷⁾

Rolim y cols. en el año 2011, compararon el efecto antimicrobiano de 6 diferentes fotosensibilizantes (azul de metileno, azul de toluidina, verde de malaquita, eosina, eritrosina y rosa de bengala). El azul de metileno, el azul de toluidina y verde de malaquita fueron activados con luz roja, mientras que la eosina, eritrosina y rosa de bengala fueron activados con luz azul.

El estudio concluye que la desinfección fotoactivada con luz roja es más efectiva que su uso con luz azul; específicamente el azul de metileno es el más efectivo, seguido por el verde de malaquita con resultados muy cercanos. Con respecto a los fotosensibilizantes de luz azul, el más efectivo es el rosa de bengala (pero con resultados inferiores a los 3 fotosensibilizantes de luz roja).⁽³⁰⁾

El fotosensibilizante debe distribuirse correctamente a través del sistema de conductos radiculares, por lo que previo a la aplicación de luz, se le debe permitir fluir dentro de las irregularidades del conducto de 1 a 2 minutos.⁽¹⁷⁾⁽³¹⁾

Para mejorar la difusión, puede utilizarse alguna de las técnicas de irrigación activa descritas en el capítulo 1 del presente trabajo.

Con respecto a la fuente de irradiación, ésta puede ser de 3 tipos:

- a) Sistema de láser de diodo: es la más común, son fáciles de transportar pero de costo considerable.
- b) Fuentes de luz no lineales: se utilizan para campos operatorios amplios y pueden ser de filamento de tungsteno, halógeno, arco de xenón, entre otras.
- c) Sistemas de LED: son muy flexibles, económicos y ligeros. Actualmente se comienza a promover su uso para reemplazar otros sistemas.⁽¹¹⁾⁽²⁰⁾

Con respecto a la longitud de onda, ésta puede ser de 380 a 500 nm en luz color azul (18) y de 630 a 700 nm en luz de color roja (29); siendo esta última la que cuenta con mayor número de estudios asociados a la desinfección fotoactivada.

Con respecto a la potencia de luz, se sugiere el uso de 40 mW/cm² a 100 mW/cm² para una correcta desinfección del sistema de conductos.⁽¹⁶⁾⁽²⁸⁾

Con respecto al tiempo de exposición a la luz, existe una gran discrepancia en el tiempo reportado por diversos autores, variando de unos cuantos segundos (20), a pocos minutos⁽¹²⁾⁽¹⁷⁾⁽²⁴⁾⁽³¹⁾; incluso Chrepa y cols. sugieren una irradiación de hasta 20 minutos⁽²⁶⁾. Raymond y cols. sugieren una doble irradiación de 2.5 minutos cada una con un intervalo de 2.5 minutos entre ambas exposiciones.⁽²⁸⁾

Schlafer y cols sugieren una irradiación mínima de 2 minutos para una efectiva desinfección de *Candida albicans*.⁽²⁰⁾

En caso de quedar restos de fotosensibilizante adherido a las paredes del conducto, Evren Ok y cols. reportan que la adhesión del cemento sellador no se ve afectada por la presencia de fotosensibilizante.⁽³²⁾

4.5 Ventajas

Es un hecho que la eliminación de microorganismos dentro del conducto radicular durante el tratamiento endodóncico es difícil de llevar a cabo y las técnicas convencionales no son capaces de desinfectar por completo el sistema de conductos radiculares.⁽³¹⁾

La desinfección fotoactivada es un método que elimina bacterias gram positivas y gram negativas, hongos, virus y protozoarios, por lo que es considerada de amplio espectro, siendo capaz de eliminar a las bacterias comunes en las infecciones endodóncicas recurrentes, además de no ocasionar resistencia como lo hacen los fármacos.⁽¹¹⁾⁽²⁶⁾

Cuando la desinfección fotoactivada es usada en bacterias resistentes a antibióticos, ésta es efectiva contra esas bacterias; siendo un factor de vital importancia para el éxito de los retratamientos.⁽¹⁷⁾

A diferencia del hipoclorito de sodio, quelantes y otro tipo de irrigantes convencionales, los fotosensibilizantes son sustancias químicas bioseguras que a diferencia de otros irrigantes, no son citotóxicos ni irritantes a tejidos, por lo que no hay riesgo al presentar contacto con tejidos blandos ni periápice.⁽¹⁸⁾

Los resultados in vitro y ex vivo del estudio de Saji George y cols. en el año 2007, mostraron que la citotoxicidad fue menor comparada con el NaOCl. Una dosis de radiación produjo un 97,7% de erradicación microbiana, mostrando sólo un 30% de disfunción de los fibroblastos. La desinfección fotoactivada mostró un efecto bactericida dependiente de la concentración utilizada, con menores efectos tóxicos sobre las células fibroblásticas comparado con el NaOCl.⁽²⁹⁾

Otra ventaja que presentan los fotosensibilizantes es su bajo costo y su gran disponibilidad comercial, además de ser químicamente estables, por lo que pueden almacenarse.⁽¹¹⁾⁽¹⁴⁾

Los fotosensibilizantes son sustancias hidrosolubles, lo que favorece su difusión a través del sistema de conductos radiculares. Así mismo, no se ocasiona ningún efecto negativo al combinar la desinfección fotoactivada con otras soluciones irrigantes.

Evren Ok y cols. determinan que el uso de la desinfección fotoactivada no interfiere negativamente en la adhesión del cemento sellador. Alfredo E. y Cols en su estudio "Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser" del año 2008, reportan que la irradiación intraconducto del láser a esa longitud de onda incrementa la adhesión del cemento sellador.⁽³²⁾ Como fue mencionado anteriormente, la terapia fotodinámica tiene más aplicaciones además de la desinfección, ya que también tiene efecto antiinflamatorio y antineoplásico.⁽¹¹⁾

Actualmente los sistemas de LED son mucho más económicos que los sistemas láser,⁽²⁰⁾ por lo que el costo de la desinfección fotoactivada ahora puede ser considerado como una ventaja.

Florence Bulit y cols. sugieren el uso de una lámpara LED de luz azul para fotopolimerizar de uso rutinario en odontología para llevar a cabo la activación del fotosensibilizante (utilizando fotosensibilizantes capaces de absorber la luz azul tales como eosina Y, rosa de bengala y curcumuina), sugiriendo que no es necesario adquirir costosos y sofisticados sistemas para realizar el proceso.⁽¹⁸⁾

A pesar de la discrepancia del tiempo de exposición a la luz mencionada previamente, el tiempo de irradiación más recurrente es de 2 minutos, por lo que el protocolo completo de la desinfección fotoactivada se lleva a cabo en menos de 5 minutos, tiempo en el cual obtenemos una desinfección superior a la que ofrecen otros sistemas y soluciones químicas de irrigación.⁽²⁰⁾

4.6 Desventajas

El uso de la desinfección fotoactivada requiere de un sistema de irradiación luminosa (láser, LED o luz no lineal). A pesar de que el costo de estos sistemas ha decrecido últimamente (sobre todo en los sistemas LED), sigue siendo más costoso que el sistema de irrigación tradicional, el cual generalmente requiere solo de una jeringa y agujas endodóncicas de seguridad.

A pesar del estudio de Florence Bulit y cols. donde sugieren el uso de lámparas de luz azul de uso rutinario en odontología con fotosensibilizantes que absorben ese tipo de luz, (18) el estudio de Juliana Rolim y cols. reportan que el efecto antimicrobiano obtenido con esos dispositivos y fotosensibilizantes es menor al de los dispositivos de luz roja utilizados en conjunto con azul de metileno y verde de malaquita.⁽³⁰⁾

Aun cuando los sistemas son cada vez más pequeños y ligeros (tanto láser como LED) facilitando su transporte, requieren de electricidad, siendo poco práctico para uso en brigadas de comunidades de escasos recursos sin acceso a red eléctrica.

Previamente se ha mencionado la capacidad antimicrobiana de la desinfección fotoactivada, sin embargo, los estudios concluyen que debe usarse solo como complemento y no como sustituto de la conformación e irrigación tradicional debido a lo siguiente:

- a) Se requiere de una conformación biomecánica para poder introducir la punta del sistema lumínico al interior del conducto radicular.
- b) Se requiere de constante irrigación para eliminar el detritus generado durante la conformación del conducto.
- c) Los fotosensibilizantes son incapaces de disolver tejido orgánico e inorgánico, por lo que deben utilizarse otros irrigantes capaces de llevar a cabo esa remoción.

Soukos y cols. concluyen que la desinfección fotoactivada en endodoncia aún se encuentra en ciernes, considerándola solo prometedora y en un nivel inferior al de los irrigantes actuales, ya que no se asegura el contacto entre el fotosensibilizante y todos los microorganismos.⁽¹²⁾

Tal como fue descrito en el subtema 5.1 del presente trabajo, no existe un protocolo bien definido para el uso del sistema lumínico, existiendo discrepancias muy marcadas en la potencia de la luz (expresada en mW/cm²) y sobre todo en el tiempo de irradiación. Esto puede verse reflejado en el estudio de Seal y cols. del año 2002, donde usaron un láser a una potencia de 35 mW/cm² concluyendo que la técnica está por debajo de la desinfección con hipoclorito⁽¹⁰⁾. En cambio, Bonsor y cols. realizaron un estudio similar pero utilizando distintos patrones de potencia y tiempo de exposición, concluyendo que la técnica de desinfección fotoactivada es una alternativa a la altura de la irrigación tradicional.⁽³¹⁾

5 Sistemas de desinfección fotoactivada de conductos (PAD/LAD) en el mercado.

5.1 PADPLUS® (Denfotex®, Reino Unido)

Denfotex® se especializa en el desarrollo y elaboración de productos que se usan en el campo odontológico, médico y científico. Además del sistema de desinfección de alto nivel PAD, también ofrecemos una gama de dispositivos LED y sistemas de iluminación láser.

Constituida en 1998, la empresa se ha ampliado y cuenta con una planta en Inverkeithing, Escocia, donde se elaboran productos optoelectrónicos y otra en Handcross, Sussex, especializada en la elaboración de productos para química y microbiología.

Desde 2002, Denfotex® ha realizado un completo programa de valoración clínica con más de 350 pacientes inscritos con resultados altamente satisfactorios publicados en el British Dental Journal. Algunos de los centros odontológicos más importantes que trabajan con el sistema PAD incluyen entre otros: el Guy's Hospital, Londres; Glasgow Dental School; Dental Schools en la The Catholic University of Leuven y Gent University, Bélgica; Post-Graduate Dental School, Tübingen, Alemania.

Los beneficios que ofrece el sistema LED PADPLUS® al odontólogo son:

- La eliminación de las bacterias antes de la reconstrucción final mejora las probabilidades de éxito a largo plazo reduciendo, o eliminando completamente, el riesgo de una infección secundaria.
- El sistema PAD permite ahorrar porque el tratamiento se realiza en una sola consulta.
- Con el tratamiento PAD el grado de invasión es mínimo y es un complemento simple y rápido para su procedimiento normal de reconstrucción.
- La luz del sistema PAD no genera una cantidad importante de calor.
- El tratamiento PAD es indoloro y apreciado por los pacientes que aceptan de buena gana los beneficios de la desinfección.
- El tratamiento PAD es seguro, no genera efectos secundarios conocidos y proporciona un máximo de flexibilidad y conveniencia.
- Las puntas del sistema PAD son de un solo uso y desechables.

PADPLUS® puede ser utilizado en periodoncia, implantología, odontología restauradora y endodoncia.

El protocolo de uso de PADPLUS® para endodoncia es (Fig. 19):

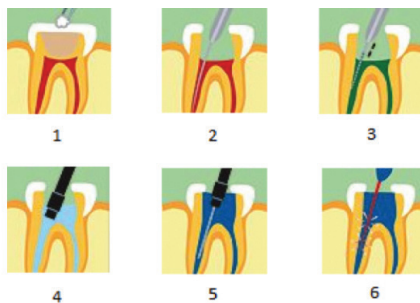


Fig. 19: Representación gráfica del protocolo de uso de PADPLUS®

- 1- Coloque un dique de goma y desinfecte la corona.
- 2- Acceda a la cámara pulpar, localice los conductos. Determine la longitud de trabajo.
- 3- Ejecute el proceso de limpieza de la corona con irrigación, por ejemplo con EDTA o hipoclorito de sodio. Continúe hasta alcanzar el tercio apical de la raíz.
- 4- Enjuague a fondo con la solución estéril para eliminar todos los agentes. Seque el conducto.
- 5- Barnice los conductos y la cámara pulpar con la solución PAD Plus. Agite durante 60 segundos utilizando una lima de menor calibre que la lima maestra.
- 6- Ilumine cada conducto durante 120 segundos con la punta de endodoncia montada en la guía de la luz LED. Posteriormente enjuague con la solución estéril y seque. Obture el conducto.

El uso de PADPLUS®:

- Penetra en las paredes de dentina y al fondo de las irregularidades del conducto.
- Se puede utilizar como tratamiento complementario para facilitar la desinfección endodóncica.
- Reduce la inflamación apical.
- Mejora la cicatrización y el resultado. ⁽³³⁾

5.2 FOTOSAN® (CMS Dental®, Dinamarca)

En los últimos años el tratamiento LAD ha sido recibido con creciente interés por su eficiencia, rapidez y facilidad de uso. Además, el aumento de la resistencia de las bacterias a la terapia con antibióticos ha conducido a la necesidad de incorporar nuevas soluciones terapéuticas no invasivas.

La invención de luces LED (diodo emisor de luz), como FotoSan 630® (luz roja) y FotoSan Blue® (luz azul) ha facilitado el uso de LAD también en odontología, y ha demostrado ser particularmente eficaz en el tratamiento de infecciones localizadas de la cavidad oral.

Su éxito en odontología ha sido demostrado mediante estudios in vitro, ex vivo y clínicos, en indicaciones como endodoncia, periodoncia e implantología.

La desinfección en endodoncia empieza con la instrumentación mecánica del conducto radicular.

Tradicionalmente la destrucción de las bacterias se consigue mediante la irrigación con EDTA /hipoclorito de sodio / ácido cítrico / clorhexidina, aunque su capacidad de penetrar es limitada y está sujeta a la instrumentación eficaz del espacio del conducto radicular.

LAD, como una terapia coadyuvante a la irrigación, puede matar a un número significativamente mayor de bacterias, aumentando la tasa de éxito.

El éxito de los tratamientos con FotoSan 630® y FotoSan Blue® están bien documentados en casos clínicos estudios científicos (clínicos, in vivo, in vitro) de usuarios europeos e internacionales.

El protocolo de uso en endodoncia es sencillo, únicamente hay que aplicar la solución FotoSan® dentro del conducto radicular y activar la solución con la lámpara FotoSan® con ayuda de la punta endo durante 30 segundos.

A continuación se describirá brevemente un caso clínico de reintervención endodóncica no quirúrgica con uso de FotoSan 630® llevado a cabo en la Universidad Internacional de Cataluña, España a cargo de: G. Doria Jaureguizar, Violeta Visús y M. Roig Cayón (Fig. 20).

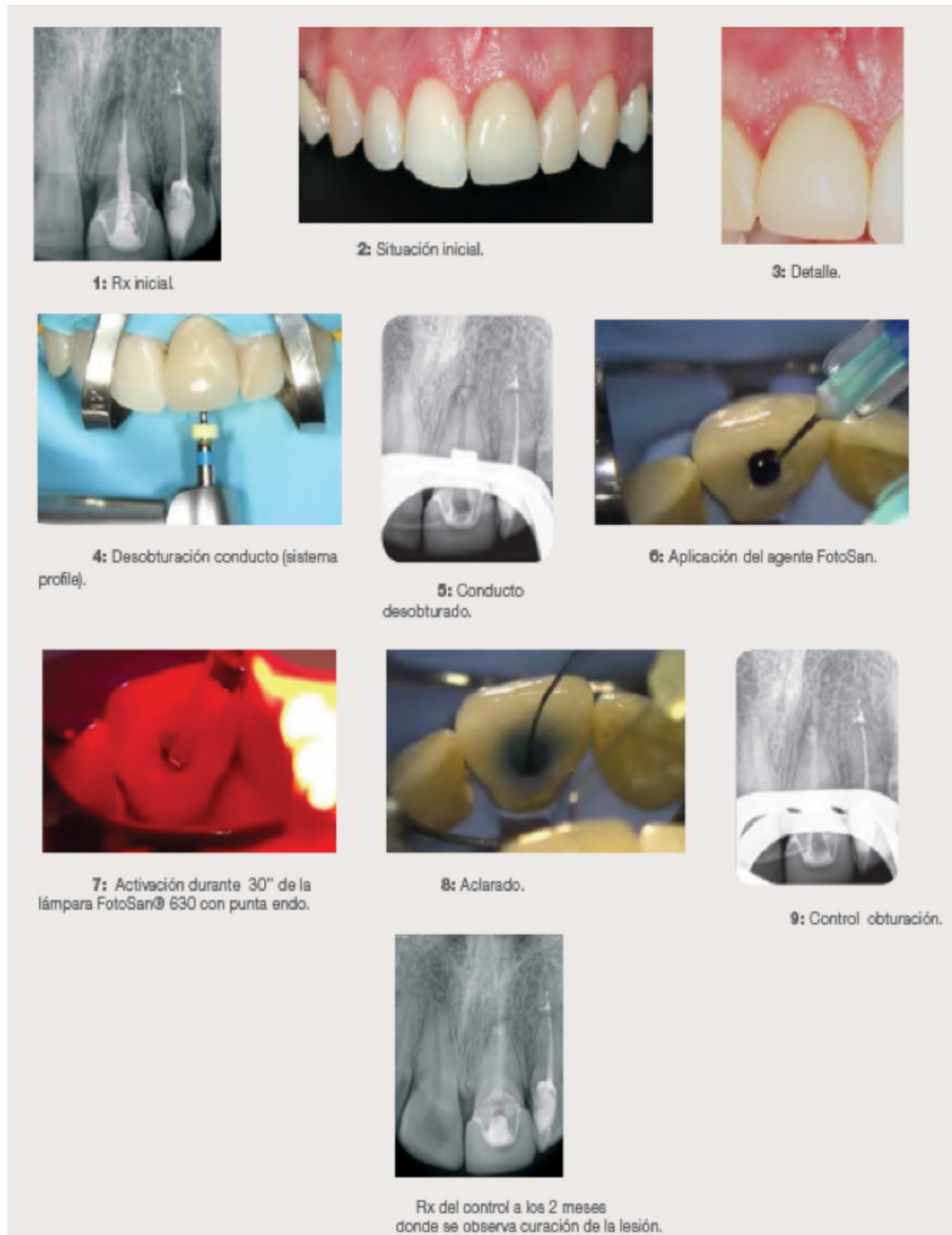


Fig. 20: Caso clínico del uso de FotoSan 630®

Caso clínico: Paciente sexo femenino 30 años de edad que acude a clínica refiriendo “tengo una fístula y nunca me ha desaparecido”. A continuación se presenta un tratamiento de conductos previo en el O.D. 21 con diagnóstico de periodontitis apical aguda.

Tratamiento: apertura de acceso a través de la corona. Se removió la gutapercha mediante el sistema Profile®. Además del protocolo habitual de desinfección con hipoclorito de sodio 4,2%, ácido cítrico 10% y alcohol, nos ayudamos de la terapia de fotoactivación mediante FotoSan®. (34)



Fig. 21: Punta endodóncica de fibra óptica para dispositivo TF PREMIER®

5.3 TF PREMIER® (MMOptics®, Brasil)

La odontología moderna va más allá de los dientes, y el éxito cada vez más profesional depende del apoyo que recibe con la tecnología moderna. Los aparatos MMOptics® fueron diseñados dentro de los criterios científicos y técnicos más rigurosos. La preocupación por garantizar la fiabilidad de los procedimientos con dispositivos MMOptics® y el compromiso de MMOptics® hacia los dentistas es único. La preocupación de MMOptics® para aumentar los horizontes de la acción del dentista se refleja en numerosas innovaciones pioneras en esta área (Fig. 21).

El TF PREMIER® es un sistema láser moderno y equipado con múltiples funciones, establece una nueva realidad para los profesionales de la salud, con más eficiencia, practicidad y flexibilidad. El dispositivo ofrece dos aplicadores para los procedimientos con láser PDT (terapia fotodinámica) y la terapia con láser. Se ofrece un sistema único de fibra óptica desechable desarrollado y patentado por MMOptics® como accesorio para su uso en endodoncia.

5.4 FLEX® (B&WTEK®, Estados Unidos de América)

El alto rendimiento de onda continua (CW) sistema láser Flex® proporciona un sistema láser para el usuario totalmente integrado con las funciones de los dispositivos BWN, BWR y BWB-OEM en un solo dispositivo. Todos los modelos vienen de serie con las interfaces RS232 y USB 2.0 plug-and-play, además de nuestro paquete de software fácil de utilizar. El software Flex® permite un control total sobre la potencia de salida, temperatura de la placa base, y la configuración de control TTL de disparo; además de permitir monitorear en tiempo real las condiciones internas del dispositivo.



Fig. 22: Dispositivo láser Flex®

Incluye un controlador de tiempo en el monitor del aparato. Este dispositivo mantiene un excelente rendimiento óptico en un amplio rango de temperatura, garantizando mínimas fluctuaciones en la potencia y prácticamente eliminando las altas frecuencias de ruido.

El Flex® está disponible en nueve opciones de longitud de onda diferentes que abarcan desde longitudes ultravioletas hasta longitudes cercanas al infrarrojo con potencias de salida de hasta 450 mW. Todas las longitudes de onda están disponibles con sus propios cabezales láser externos para facilitar su uso. Adicionalmente, para las longitudes de onda entre 600 nm y 900 nm están disponibles con fibra de acoplamiento para una mejor distribución de la luz.

El Flex® es alimentado por una sola entrada AC 100 - 240 VCA de bajo consumo interno (<40W) (Fig. 22).

Sus principales características son:

- Longitudes de onda de 405 nm a 1064 nm.
- Bajo ruido y excelente estabilidad de potencia.
- Interface gráfica fácil de utilizar para el usuario. ⁽³⁶⁾



Fig. 23: Dispositivo de luz no lineal

5.5 LC-122M® (LumaCare®, Estados Unidos de América)

El modelo LC-122M® de la lámpara LumaCare® está especialmente diseñado para uso en pacientes. Los sets de la sonda de fibra óptica están disponibles en estándar o salidas personalizadas. Las frecuencias de salida van de 400 nm a 800 nm. Cuenta con programas predeterminados y personalizables (Fig. 23).

LumaCare® ofrece sistemas de luz diseñados para la terapia fotodinámica (PDT) y para foto-terapia convencional. El sistema LC-122M® genera un espectro continuo de luz visible no lineal, de 400 nm a 800 nm con densidades de potencia de hasta 1000 mW / cm². Diseñado para uso médico (clínicos y de investigación), ajustándose a todos los protocolos basados en luz. Si su ejercicio de la medicina clínica o la investigación clínica de flexibilidad del Protocolo, entonces la fuente de luz LumaCare® es su solución económica. Los sistemas LumaCare® están diseñados para un uso sencillo y seguro, cumpliendo protocolo completo reproducible. Las tecnologías patentadas LumaCare® eliminan la necesidad de múltiples fuentes de luz debido a que proporciona una modulación en la fuente de frecuencia de activación, del poder y del diámetro de la luz. LumaCare® activará todas fotosensibilizantes, fármacos y compuestos. Elimina el costoso gasto de la compra de varios láseres y fuentes de LED. ⁽³⁷⁾

5.6 THERALITE® (Helbo®, Dinamarca)

Desde hace más de 12 años HELBO® se dedica a la investigación de terapias con láser junto a sus colaboradores clínicos y en los últimos años se ha centrado sobre todo en la terapia fotodinámica antimicrobiana. Actualmente la empresa se dedica exclusivamente a este innovador sistema que tiene múltiples aplicaciones tanto en odontología como en medicina general.

Sus aplicaciones son en endodoncia, periodoncia e implantología.

El sistema terapéutico para llevar a cabo la terapia fotodinámica antimicrobiana está formado por los siguientes componentes:

HELBO® TheraLite® Laser:

- Láser de diodo con control de resultados integrado y fibra óptica innovadora.
- Tiempo de terapia breve gracias a la mayor potencia de luz.
- Móvil gracias a la independencia de la red (funcionamiento por acumulador), perfectamente ergonómico, pequeño y ligero, lo que permite manejarlo sin cansarse.
- Diseñado para adaptarse a la terapia endodóncica con el uso de HELBO®3D Endo Probe.
- Cadena funcional garantizada mediante el ajuste detallado de las propiedades ópticas/físicas de los componentes de sistema HELBO®.
- Con sólo un dispositivo láser se cubren todas las indicaciones gracias a las fibras ópticas variables (Fig. 24).



Fig. 24: Dispositivo láser TheraLite®

HELBO® 3D Endo Probe: para conductos radiculares infectados (Fig.25):

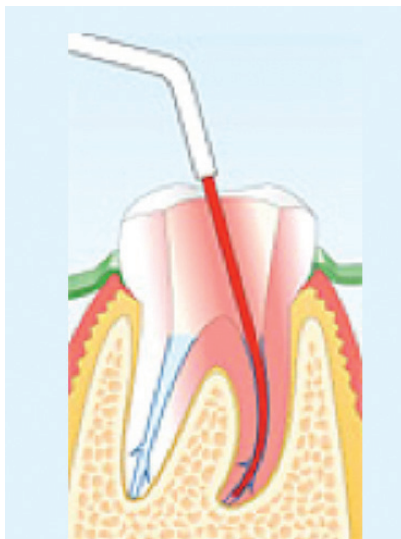


Fig. 25: Representación gráfica del uso de HELBO® 3D Endo Probe

- Exposición luminosa tridimensional y uniforme sobre toda la extensión del conducto radicular.
- Acceso más fácil a los conductos gracias a la forma flexible de los conductos de luz, también en conductos curvos.
- Encorvado para un acceso óptimo a todas las áreas, incluso las distales.
- Producto desechable estéril para evitar la transmisión de bacterias y para garantizar la potencia de luz necesaria.

HELBO® Endo Blue (Fig. 26):

- Solución colorante sensibilizante a bacterias y activa a la luz.
- En aplicador de plástico con cánula.
- Fluidez y método de difusión especialmente ajustados a la endodoncia.
- Difusión rápida en áreas problemáticas mediante una gran concentración.
- De dosificación y aplicación sencilla y exacta.
- De elevada eficacia sin efectos secundarios sistemáticos.



Fig. 26: HELBO® Endo Blue

HELBO® Endo Seal:

- Material de sellado fotopolimerizable para proteger el área coronaria en la aplicación del colorante en endodoncia (Fig. 27).



Fig. 27: HELBO® Endo Seal

El protocolo de uso en endodoncia es el siguiente (Fig. 28):

- 1- Estado inicial: Instrumentación biomecánica; se recomienda un dique de hule.
- 2- Tratamiento mecánico al menos ISO 45 (manual o mecánico; después se debe aclarar y secar).
- 3- Las bacterias patógenas aún existen después del tratamiento.
- 4- Antes de la aplicación de HELBO® Endo Blue: Aplicar HELBO® Endo Seal en el área coronaria.
- 5- Aplicación de HELBO® Aplicar Endo Blue - de apical en sentido coronal.
- 6- Coloración de los microorganismos: tiempo de actuación 1 min. Después del tiempo de actuación: Aclarar con H₂O.
- 7- Después del aclarado: secado sin restos con una punta de papel.
- 8- Exposición luminosa con HELBO® TheraLite Laser: => al menos 1 min por conducto => a ser posible cerca del ápice.
- 9- La aplicación mediante singletes de oxígeno formados causa la rotura de la membrana de bacterias.
- 10- Obturación. Si es necesario se deben eliminar los residuos de tinte en el área coronaria. ⁽³⁸⁾

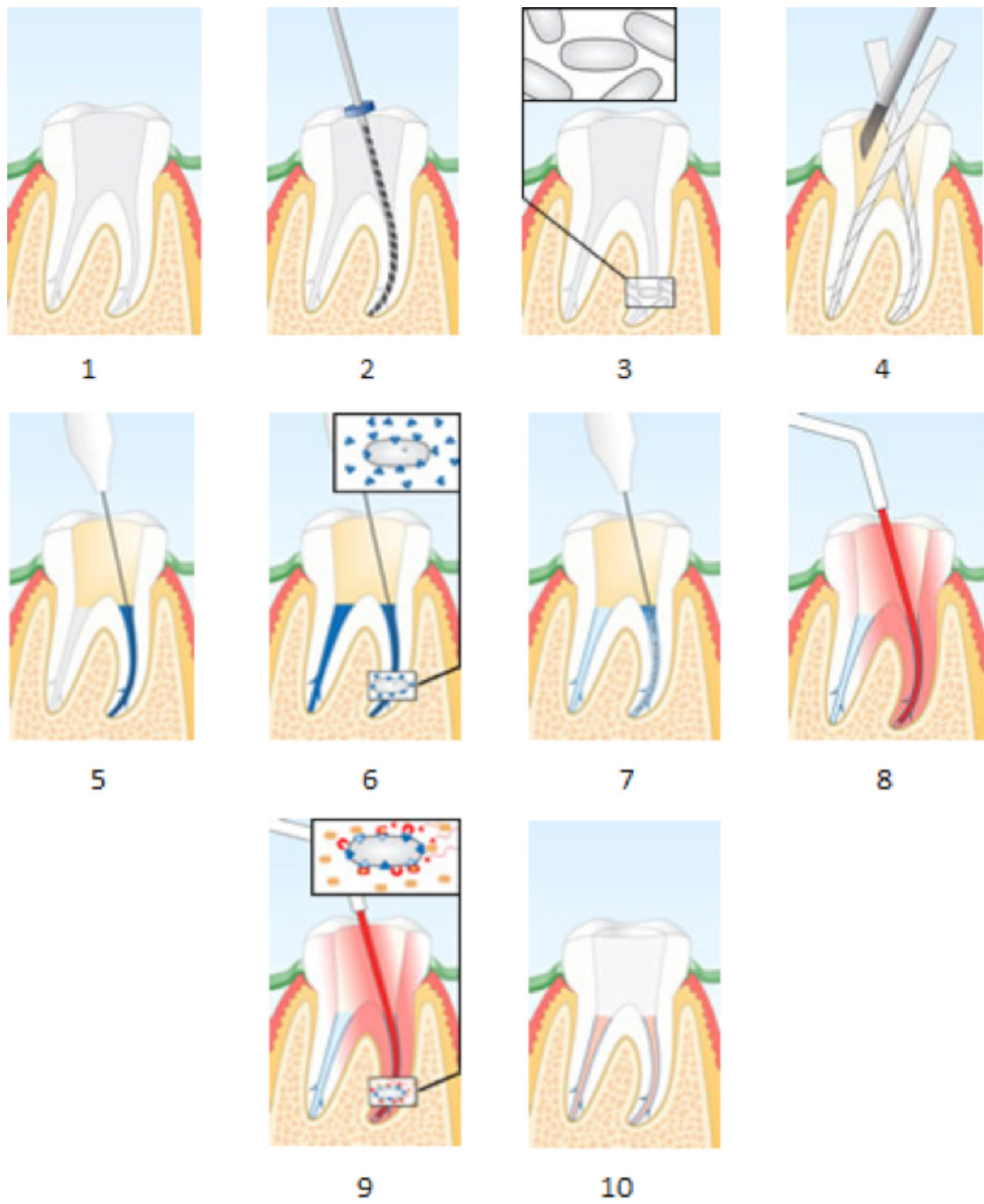


Fig. 28: Representación gráfica del protocolo de uso de TheraLite®

6. Revisión de artículos

6.1 Importancia del uso de la desinfección fotoactivada (PAD/LAD) en el tratamiento del sistema de conductos radiculares.

La infección endodóncica no es plausible de remisión espontánea por la acción de los mecanismos de defensa del organismo, así como tampoco puede ser combatida mediante antibióticoterapia sistémica; por lo que existe la necesidad de intervención profesional.⁽¹⁶⁾

El objetivo del tratamiento endodóncico es prevenir la salud de los tejidos periapicales, y en caso de existir lesión, curar las alteraciones presentes en los mismos.⁽¹²⁾

Las bacterias juegan un papel muy importante en la necrosis del tejido pulpar y en el desarrollo de las lesiones periapicales.⁽²¹⁾

Para lograr el objetivo del tratamiento endodóncico, se requiere de una erradicación completa de las infecciones ocasionadas por las bacterias dentro del sistema de conductos radiculares.

Las investigaciones actuales han determinado que la instrumentación y la irrigación tradicional con hipoclorito de sodio y otras soluciones de rutina no eliminan las bacterias por completo, ya que del 40% al 60% de los conductos siguen presentando cultivos de bacterias después de la preparación biomecánica.⁽²⁴⁾

Estas bacterias remanentes invaden los túbulos dentinarios y persisten en las capas superficiales de dentina del interior del conducto; se organizan en biopelículas mejorando su adaptabilidad al medio y se vuelven difíciles de eliminar.⁽²⁰⁾

Se ha demostrado que las bacterias presentes en los tratamientos fallidos son distintas cualitativa y cuantitativamente a las bacterias presentes en los conductos infectados antes de haber sido llevado a cabo el tratamiento endodóncico.⁽¹²⁾

La presencia de remanentes bacterianos dentro del sistema de conductos radiculares es la razón principal del fracaso del tratamiento de conductos, por lo que la presencia de bacterias dentro del sistema de conductos radiculares debe reducirse al máximo.

Como fue descrito anteriormente, muchas de las soluciones irrigantes tradicionales presentan los efectos bactericidas deseados solo en altas concentraciones con pH muy alejado de la neutralidad y aplicadas durante tiempo prolongado; esto ocasiona un alto nivel de citotoxicidad. Las soluciones irrigantes no deben presentar ese tipo de desventajas y la desinfección fotoactivada es una opción para disminuir estos riesgos.⁽²⁷⁾ La complejidad estructural del sistema de conductos es otro factor que dificulta la correcta desbridación y desinfección, volviéndola virtualmente imposible con el simple uso de los métodos tradicionales.⁽²⁸⁾

La combinación de la terapia de conductos tradicional con la terapia fotodinámica ha demostrado una efectiva eliminación de bacterias tanto en modelos in vitro, como en modelos in vivo.⁽¹⁷⁾

La terapia fotodinámica muestra una citotoxicidad insignificante comparada con los altos niveles citotóxicos de los irrigantes tradicionales (principalmente hipoclorito de sodio), además de mostrar mejores niveles de desinfección después de la conformación.⁽²⁹⁾

Chrepa y cols, en el presente año 2014, realizaron una revisión sistemática de los artículos relacionados con la desinfección fotoactivada en endodoncia. Determinan que hasta el momento existen 57 artículos indexados sobre el tema. Determinan que las 3 publicaciones más relevantes son las 2 publicaciones de Garcez y cols, así como la publicación de Bonsor y cols. (Serán descritas en el siguiente subtema del presente trabajo).

Esta revisión sistemática concluye en que la mayoría de los estudios son in vitro y ex vivo, por lo que existen pocos reportes del uso clínico de la desinfección fotoactivada, sin embargo, reconocen el beneficio del uso de la misma para mejorar la desinfección (sobre todo con bacterias resistentes a antibióticos). Así mismo, confían en que sigan surgiendo investigaciones para estandarizar los protocolos de uso y el procedimiento siga desarrollándose con el paso del tiempo. ⁽²⁶⁾

6.2 Comparativo entre desinfección fotoactivada (PAD/LAD) y las soluciones irrigantes convencionales

Garcez y cols, en 2007, realizaron un estudio en 10 dientes humanos extraídos, donde compararon la efectividad de la desinfección fotoactivada, del tratamiento convencional y de la combinación de ambos. Las bacterias cultivadas dentro del sistema de conductos radiculares fueron *Pseudomonas aeruginosa* y *Proteus mirabilis*.

Las soluciones irrigantes utilizadas en el tratamiento convencional fueron EDTA al 17% e hipoclorito de sodio al 2.5%.

La primera parte del estudio corresponde a la desinfección fotoactivada por sí sola, la segunda parte corresponde al tratamiento endodóncico convencional y la tercera parte corresponde a la combinación de ambos.

La desinfección fotoactivada por sí sola obtuvo un resultado de desinfección del 95%, mientras que el tratamiento convencional obtuvo una desinfección del 90%. En ambos casos la recolonización bacteriana comenzó a las 24 horas. En cambio, la combinación del tratamiento convencional con la desinfección fotoactivada obtuvo un porcentaje de desinfección mayor al 99% y además, descrito como inesperado por parte de los autores, observaron que la recolonización fue mucho menor comparada con los tratamientos por separado.

El estudio concluye en que la terapia fotoactivada es una técnica que mejora el pronóstico del tratamiento de conductos radiculares. ⁽²¹⁾

Garcez y cols, en 2010, realizaron otro estudio en 21 pacientes con tratamientos endodóncicos fallidos con persistencia de signos y síntomas de periodontitis apical y lesiones periapicales radiográficamente visibles. Los pacientes habían recibido farmacoterapia antibiótica durante o después del tratamiento fallido. Se realizó una desobstrucción del sistema de conductos radiculares, posteriormente se realizó el tratamiento endodóncico convencional utilizando hipoclorito de sodio al 2.5% y EDTA al 17%. Por último se llevó a cabo la desinfección fotoactivada.

Las primeras muestras bacterianas determinaron que todos los pacientes presentaban al menos una especie bacteriana resistente a antibióticos. En la segunda muestra se observó una disminución de la carga bacteriana dentro del sistema de conductos radiculares, pero fue hasta la ejecución de la desinfección fotoactivada donde se redujeron considerablemente las bacterias dentro del sistema de conductos radiculares, además de detener por completo la recolonización. El estudio concluye en que la desinfección fotoactivada es efectiva contra microorganismos resistentes a antibióticos y es una técnica que al aplicarse en conjunto del tratamiento endodóncico convencional, mejora significativamente la desinfección del sistema de conductos radiculares. ⁽¹⁷⁾

Bonsor y cols. en 2006, realizaron un estudio en pacientes (un total de 32 conductos radiculares) donde evaluaron la eficacia de la desinfección fotoactivada en conjunto de la terapéutica convencional. Los irrigantes utilizados en la terapéutica convencional fueron ácido cítrico al 20% e hipoclorito de sodio al 2.25%. Las muestras bacterianas fueron tomadas antes del tratamiento, después de la instrumentación e irrigación convencional y después de la desinfección fotoactivada. Solo la mitad permanecieron libres de bacterias después del tratamiento de conductos, mientras que la desinfección fotoactivada permitió desinfectar correctamente los dientes infectados remanentes, a excepción de 3 dientes donde los autores reportan una fractura de la punta de fibra de vidrio distribuidora de luz, por lo que la fuente de irradiación no estaba funcionando correctamente en esos últimos 3 dientes.

El estudio concluye en que la desinfección fotoactivada genera una potente desinfección después del tratamiento de conductos convencional.⁽³¹⁾

Souza y cols. en 2009, realizaron un estudio in vitro en 70 dientes unirradiculares humanos extraídos. El objetivo de su estudio fue evaluar la efectividad de la desinfección fotoactivada en conjunto de la terapia endodóncica convencional, específicamente en la erradicación de *E. faecalis* del sistema de conductos radiculares.

El estudio se dividió en 4 grupos, donde se utilizaron en combinación hipoclorito de sodio, cloruro de sodio, azul de toluidina y azul de metileno. Las muestras fueron tomadas antes y después del tratamiento convencional y después de la desinfección fotoactivada de conductos. El estudio concluyó en que el uso de hipoclorito de sodio disminuyó el conteo bacteriano y obtuvo mejores resultados comparado con el uso del cloruro de sodio. La combinación de hipoclorito de sodio con la desinfección fotoactivada (independientemente de utilizar azul de toluidina o azul de metileno) incrementa considerablemente el efecto antibacteriano comparado con el uso de hipoclorito de sodio por sí solo.⁽²⁴⁾

Raymond NG y cols. en 2011, realizaron un estudio ex vivo en 52 dientes humanos extraídos que presentaban lesión periapical. El estudio se dividió en 2 grupos (26 dientes con tratamiento convencional y 26 dientes con tratamiento convencional y desinfección fotoactivada). Los irrigantes utilizados en el tratamiento convencional fueron EDTA modificado (RC PREP) e hipoclorito de sodio al 6%. Las muestras tomadas determinaron que el uso de la desinfección fotoactivada de conductos en conjunto del tratamiento convencional mejora significativamente la desinfección comparado con el uso de la terapia convencional por sí sola, por lo que la desinfección fotoactivada es una técnica que aumenta considerablemente el pronóstico de éxito en el tratamiento de conductos radiculares necróticos.⁽²⁸⁾

Schlafer y cols. en 2010, realizaron un estudio in vitro y ex vivo para evaluar la eficiencia de la desinfección fotoactivada con un sistema de luz no lineal. La parte in vitro del estudio se llevó a cabo mediante el cultivo de *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Fusobacterium nucleatum*, y *Streptococcus intermedius* en estado planctónico. La parte ex vivo se realizó en 80 dientes extraídos en los cuales se cultivaron las bacterias mencionadas previamente, se realizó el tratamiento de conductos convencional utilizando como soluciones irrigantes hipoclorito de sodio al 0.5% y al 6%, así como EDTA al 17%.

Los resultados en el estado planctónico determinan que la desinfección fotoactivada obtiene excelentes resultados en la desinfección y que la irradiación durante 30 segundos fue suficiente para eliminar a las bacterias, sin embargo, la muestra de *Candida albicans* demostró una mayor resistencia al tratamiento, por lo que el tiempo de irradiación necesario para su eliminación fue de 2 minutos.

Los resultados de su aplicación en los dientes extraídos determinaron que las bacterias en estado libre son más susceptibles a los métodos de desinfección (tanto convencionales como la desinfección fotoactivada) que las bacterias adheridas a las paredes de los conductos organizadas en biopelículas. El microorganismo que mostró mayor resistencia a la desinfección fotoactivada, al igual que en el estudio in vitro fue *Candida albicans*, la cual requirió un aumento en el tiempo de exposición de luz (también de 2 minutos) para llevar a cabo su correcta eliminación.

El estudio concluye en que el uso de la desinfección fotoactivada mejora considerablemente la desinfección, tanto en medios de cultivo, como en el sistema de conductos radiculares combinada con el tratamiento convencional.⁽²⁰⁾

Stojisic y cols. en 2013 realizaron un estudio ex vivo para evaluar la efectividad de desinfección de la desinfección fotoactivada convencional comparada con la desinfección fotoactivada modificada. El microorganismo utilizado fue el *E. faecalis*, obtenido directamente de los conductos radiculares de pacientes con lesión periapical. Las bacterias fueron cultivadas tanto en estado planctónico, como

organizado en biopelícula. La desinfección fotoactivada modificada consiste en la mezcla del fotosensibilizante (azul de metileno) con agua oxigenada, EDTA y clorhexidina. También se compararon los resultados con la terapia convencional utilizando hipoclorito de sodio.

Los resultados mostraron que la desinfección fotoactivada modificada obtuvo mejores resultados que la desinfección fotoactivada convencional, ya que su efecto sobre el *E. faecalis* en estado planctónico fue más rápido y con respecto al estado en biofilm, así mismo, obtuvo mejores resultados en la eliminación del *E. faecalis* organizado en biofilms.

Con respecto a la terapia convencional con hipoclorito de sodio, la desinfección fotoactivada modificada fue hasta 8 veces más efectiva que el hipoclorito de sodio.

En conclusión, la desinfección fotoactivada modificada es una opción superior y atractiva para eliminar las bacterias organizadas en biopelículas del sistema de conductos radiculares comparada con el tratamiento convencional y con la desinfección fotoactivada convencional.⁽³⁹⁾

Bergmans y cols. en 2007, realizaron un estudio ex vivo para evaluar la efectividad de la desinfección fotoactivada en 38 premolares mandibulares. Todos los dientes fueron sometidos a tratamiento convencional, utilizando EDTA al 17% e hipoclorito de sodio al 2.5%. Las bacterias utilizadas en el estudio fueron *S. anginosus*, *E. faecalis* y *F. nucleatum*.

El estudio se dividió en 4 grupos:

- a) En el primer grupo se realizó desinfección fotoactivada.
- b) En el segundo grupo únicamente se aplicó luz.
- c) En el tercer grupo se aplicó únicamente el fotosensibilizante (azul de toluidina).
- d) El cuarto grupo únicamente se cultivó con las bacterias y se tomó como grupo de control.

Los resultados fueron los siguientes:

Con respecto a *E. faecalis* y *F. nucleatum*, el mayor porcentaje de desinfección lo obtuvo la desinfección fotoactivada, seguido por el fotosensibilizante por sí solo y al último la aplicación de láser por sí sola.

Con respecto a *S. anginosus*, el mayor porcentaje de desinfección lo obtuvo la desinfección fotoactivada, seguido por la aplicación de láser por sí sola y por último el fotosensibilizante por sí solo.

El estudio concluye en que la desinfección fotoactivada no solo es una alternativa al tratamiento convencional, sino que algún día podrá llegar a reemplazar a la terapéutica tradicional.⁽²²⁾

6.3 Comparativo entre desinfección fotoactivada (PAD/LAD) y otros sistemas de desinfección

Annie Shrestha y cols. realizaron 2 estudios, en el 2012 y en el presente año 2014 respectivamente. Describen que los tejidos pulpaes, restos de dentina y fluidos tisulares presentes en el sistema de conductos radiculares cuentan con inhibidores de tejido, los cuales ocasionan que la desinfección fotoactivada sea menos efectiva en estudios ex vivo comparada con los estudios in vitro. Para compensar esos resultados, recomiendan el uso de nanopartículas de citosan.

Debido a su tamaño, estas nanopartículas presentan una mejor difusión a través de los túbulos dentinarios comparada con cualquier otro irrigante tradicional y su difusión puede mejorarse aún más utilizando sistemas de irrigación activa, por lo que se recomienda ampliamente su uso, ya sea por sí solas en conjunto de la terapia convencional ó en conjunto de los fotosensibilizantes de la desinfección fotoactivada para mejorar sus resultados.

Ambos estudios se realizaron en dientes extraídos (humanos y bovinos) y la bacteria utilizada fue *E. faecalis* en ambos casos.

Su primer estudio lo dividieron en 2 partes: en la primera se utilizaron solo nanopartículas de citosán y en la segunda de utilizaron las partículas en conjunto de los fotosensibilizantes (rosa de bengala y azul de toluidina).

En su segundo estudio únicamente se enfocaron en la combinación de nanopartículas de citosán con los fotosensibilizantes (rosa de bengala y azul de toluidina).

Ambos estudios concluyen en que el uso de nanopartículas de citosán mejoran considerablemente la desinfección del sistema de conductos radiculares, sin embargo, se obtienen aún mejores resultados al utilizar las nanopartículas de citosán en conjunto de la desinfección fotoactivada; además demostraron que el rosa de bengala, a pesar de ser un fotosensibilizante aniónico sin potencial significativo sobre bacterias gram negativas, al combinarlo con las nanopartículas de citosán, se logra obtener la desinfección de este tipo de microorganismos.⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾

Meire y cols. en 2008, realizaron un estudio comparativo entre un sistema láser de alta potencia (Nd:YAG), láser KTP (fosfato potásico titánico), la desinfección fotoactivada y el hipoclorito de sodio al 2.5%.

Todos los dientes fueron sometidos al tratamiento de conductos convencional utilizando únicamente solución salina como irrigante. Los dientes fueron esterilizados para la siguiente parte del estudio.

- Experimento ex vivo: los conductos fueron inoculados con una suspensión rica en *E. faecalis* y se dividieron en 5 grupos:

- a) Al primer grupo se le aplicó láser Nd:YAG.
- b) Al segundo grupo se le aplicó láser KTP.
- c) El tercer grupo fue sometido a desinfección fotoactivada utilizando azul de toluidina como fotosensibilizante.
- d) Al cuarto grupo se le aplicó hipoclorito de sodio al 2.5%.
- e) El quinto grupo no recibió tratamiento y sirvió como grupo de control.

Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de desinfección lo obtuvo el hipoclorito de sodio al 2.5%, seguido por la desinfección fotoactivada, el láser KTP y por último el láser Nd:YAG.

- Experimento in vitro: fue similar al experimento anterior, con la única diferencia de que la suspensión rica en *E. faecalis* fue vertida en tubos de ensayo en vez de utilizar dientes extraídos.

Los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de desinfección respetaron el mismo patrón del estudio ex vivo.

El estudio concluye en que los sistemas láser siguen siendo menos efectivos que el hipoclorito de sodio.⁽⁴²⁾

Estos resultados pueden deberse a la capacidad de disolución de tejido orgánico por parte del hipoclorito y la incapacidad de disolución por parte del fotosensibilizante, ya que durante el tratamiento convencional, no se llevó a cabo la irrigación con hipoclorito.

Meire y cols. en 2011, realizaron otro estudio comparativo entre 2 sistemas láser de alta potencia (Nd:YAG y Er:YAG), hipoclorito de sodio al 2.5% y 2 sistemas comerciales de desinfección fotoactivada (Helbo® y Denfotex®).

El estudio se llevó a cabo en cortes longitudinales de 0.7 mm de grosor obtenidos a partir de molares humanos extraídos sin presencia de caries, los cuales fueron inoculados con una suspensión rica en *E. faecalis*.

El estudio fue dividido en 6 grupos, llevando a cabo la aplicación de cada sistema y sobrando un grupo sin tratamiento como grupo de control.

Los resultados obtenidos mostraron que el hipoclorito obtuvo los mejores resultados de desinfección, seguido por el láser Er:Yag. Los 2 sistemas comerciales de desinfección fotoactivada obtuvieron el mismo resultado situándose en el tercer lugar. El sistema láser Nd: YAG se situó en la última posición con el peor porcentaje de desinfección.⁽⁴³⁾

Bago y cols. en 2012, realizaron un estudio ex vivo en 120 dientes humanos extraídos donde compararon la efectividad de la terapia endodóncica convencional y 3 sistemas de desinfección diferentes: la desinfección con láser de alta potencia (el cual actúa bajo principios fototérmicos, diferente a la desinfección fotoactivada), la activación sónica de la solución irrigante y la desinfección fotoactivada. La bacteria utilizada para el estudio fue *E. faecalis*.

A todos los dientes se les hizo el tratamiento convencional, utilizando como irrigantes EDTA al 15% e hipoclorito de sodio al 2.5%.

Posterior al tratamiento convencional el estudio se dividió en 5 grupos:

- a) El primer grupo únicamente se volvió a irrigar con hipoclorito de sodio al 2.5%.
- b) El segundo grupo se irrigó con hipoclorito de sodio al 2.5% y se llevó a cabo su activación sónica durante 30 segundos.
- c) El tercer grupo se irradió con láser de alta potencia. Se llevaron a cabo 3 irradiaciones de 20 segundos con intervalos de 10 segundos entre cada una.
- d) En el cuarto grupo se utilizó azul de toluidina como fotosensibilizante de desinfección fotoactivada.
- e) En el quinto grupo se utilizó azul de metileno como fotosensibilizante de desinfección fotoactivada.

El estudio concluye en que la desinfección fotoactivada (con ambos fotosensibilizantes por igual) obtuvo el mejor porcentaje de desinfección, seguido por la activación sónica, después siguió el láser de alta potencia y el menor porcentaje de desinfección lo obtuvo el uso de hipoclorito por sí solo.⁽⁴⁴⁾

Frasson H y cols. en 2013, realizaron un estudio sistemático de los diferentes tipos de láser (alta potencia y de desinfección fotoactivada) y sus aplicaciones en endodoncia. Determinaron que hasta ese momento existían 247 artículos indexados relacionados con el uso de láser en endodoncia. Tomaron 5 artículos como los más relevantes: 2 corresponden al estudio de láser de alta potencia y 3 corresponden al estudio de desinfección fotoactivada (uno de Bonsor y dos de Garcez).

Su revisión concluye en que todas las investigaciones acerca del tema son de baja calidad, ya que existen datos controversiales y relegados en la sección de materiales y métodos, las evidencias expuestas son insuficientes y no otorgan resultados concisos, por lo que no puede llevarse a cabo un comparativo científico de los resultados obtenidos entre los diferentes estudios.

Los autores también mencionan que esto no significa que se requieran investigaciones de buena calidad para reconocer que el uso de la desinfección láser (tanto láser de alta potencia como desinfección fotoactivada) es un gran coadyuvante de la terapéutica convencional para mejorar la desinfección del sistema de conductos radiculares.⁽⁴⁵⁾

7. Conclusiones

La correcta desinfección del sistema de conductos, sobre todo en el tratamiento de necrosis pulpar, es el factor determinante para el éxito de la terapéutica pulpar.

La desinfección fotoactivada, es un coadyuvante efectivo y seguro para la desinfección del sistema de conductos radiculares, ya que no daña a los tejidos sanos del organismo. Al usarse en conjunto del tratamiento de conductos convencional, genera una desinfección superior, además de disminuir significativamente el riesgo de recolonización bacteriana.

Esta técnica puede utilizarse en conjunto de otros mecanismos de desinfección, sin alterarse negativamente el efecto de desinfección de uno o de otro; incluso, el fotosensibilizante puede mezclarse directamente con otras soluciones irrigantes para potencializar el efecto antimicrobiano.

La desinfección fotoactivada promete revolucionar la irrigación química del sistema de conductos radiculares, sin embargo, aún se encuentra en ciernes y falta mucho por desarrollar. Su desventaja más marcada es la incapacidad de disolver tejidos (orgánico e inorgánico), por lo que sigue siendo necesario utilizar irrigantes convencionales.

Otra desventaja que presenta la desinfección fotoactivada es que el fotosensibilizante debe estar en contacto directo con todas las paredes del sistema de conductos radiculares, así mismo, la luz debe incidir en las mismas para llevar a cabo el efecto de desinfección. Debido a las irregularidades presentes en el sistema de conductos radiculares, es complicado que la luz penetre en todo su interior para incidir en todas las paredes, por lo que el porcentaje de desinfección puede verse disminuido.

Se requieren mayores investigaciones sobre la desinfección fotoactivada y su aplicación en endodoncia, ya que se ha determinado su eficiencia, pero los protocolos de su uso en la materia presentan discrepancias muy marcadas entre lo que describen diversos autores.

Las investigaciones también deben marcar su rumbo en el desarrollo de un fotosensibilizante capaz de diluir tejido orgánico e inorgánico, ya que al lograrlo, será la única forma en que esta técnica sea capaz de superar su desventaja más marcada ante las soluciones químicas tradicionales.

Actualmente existe el agua superoxidada, la cual fue descrita en el primer capítulo del presente trabajo. Su capacidad de disolución de tejido tanto orgánico como inorgánico, su alta concentración de oxígeno, así como su capacidad de liberación de clorines y una citotoxicidad mucho menor comparada con la del hipoclorito de sodio y soluciones quelantes, son las características que requieren los fotosensibilizantes para reemplazar a las soluciones tradicionales.

Expongo la hipótesis de que el agua superoxidada puede combinarse con los fotosensibilizantes para mejorar significativamente las propiedades físico-químicas de los mismos. Al momento no hay estudios al respecto, siendo una sugerencia para futuras investigaciones que busquen un avance significativo de la desinfección fotoactivada aplicada en endodoncia para ser una alternativa confiable de desinfección en el tratamiento de conductos radiculares.

8. Bibliografía

- 1) Miliani R, Lobo K, Morales O, Irrigación en endodoncia, puesta al día, Acta Bioclínica, Venezuela, 2012; 2(4): 85-116.
- 2) Vera J, Benavides M, Moreno E, Romero M, Conceptos actuales en la irrigación endodóntica, Endodoncia, México, 2012; 30 (1): 31-44.
- 3) Hargreaves K, Cohen S, Cohen Vías de la pulpa, 10 ed, Madrid; Elsevier, 2011: 249,258,259, 274,275,314,316.
- 4) Machado M, endodoncia de la biología a la técnica, Colombia, Amolca, 2009: 256, 262,264,283,288,290,293.
- 5) Nageswar, R, Endodoncia avanzada, New Delhi, Amolca, 2011: 134,136.
- 6) Lui J, Kuah H, Chen N, Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasonics on Removal of Smear Layer, J Endod, 2007;33(4):472-475.
- 7) Vademécum de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Autónoma de México, URL: http://www.facmed.unam.mx/bmnd/gi_2k8/prods/PRODS/Doxiciclina.htm.
- 8) Ledesma P, Novedades en preparación químico-mecánica Qmix 2 en Irrigation solution, Canal Abierto (Santiago), 2012 (26), 36-37.
- 9) Viteri D, Estudio comparativo in Vitro del grado de remoción de barrillo dentinario en conductos radiculares instrumentados con técnica Protaper rotatoria usando irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% o con Qmix [tesis doctoral], Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2013.
- 10) Sirvent F, García E, Biofilm un nuevo concepto en endodoncia, Endodoncia 2010, 28(4):241-256.
- 11) Reddy V, Rani R, Sehrawat S, Photodynamic Therapy, IJDA, 2009, 1(1):46-50.
- 12) Soukos N, Chen P, Morris J, Ruggiero K, Abernethy A, Som S, et al Photodynamic Therapy for Endodontic Disinfection, J Endod, 2006, 32(10), 979-984.
- 13) Robledo H, Historia de la terapia Fotodinámica, URL: <http://www.centrolaservigo.com/laser7/libro-laser-vii-historia-tfd.pdf> consultado el 13-octubre-2014.
- 14) Olvera M, La terapia fotodinámica como una alternativa para la enfermedad periodontal, Odontología Actual, 2008, 5(60): 52-58.
- 15) Díaz A, Aspectos relevantes de enterococcus faecalis y su participación en las infecciones de origen endodóntico [tesis doctoral], Caracas, Universidad Central de Venezuela, 2007.
- 16) Nogueira E, Oliveira W, Oliveira A, Herrera D, Hirata R, Coutinho T, et al, Efecto antimicrobiano de la terapia fotodinámica sobre enterococcus faecalis, estudio in vitro, Rev Estomatol Herediana, Brasil 2011; 21(4):185-189.
- 17) Garcez A, Núñez S, Hamblim M, Suzuki H, Ribeiro M, Photodynamic Therapy Associated with Conventional Endodontic Treatment in patients with Antibiotic-resistant Microflora: A Preliminary Report, J Endod, 2010, 36(9): 1463-1466.

- 18) Bulit, F, Grad I, Manoli D, Simon S, Wataha J, Filieri A, et al, Antimicrobial activity and cytotoxicity of 3 photosensitizers activated with blue light, *J Endod*, 2014, 40 (3): 427-431.
- 19) Haapasalo M, Shen Y, Current therapeutic options for endodontic biofilms, *Endod Top*, 2012, (22): 79-98.
- 20) Schlafer S, VAeth M, Horsted P, Frandsen E, Endodontic photoactivated disinfection using a conventional light source: an in vitro and ex vivo study, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2010; 109 (4): 634-64.
- 21) Garcez A, Núñez S, Hamblim M, Ribeiro M, Tegos G, Jorge A, Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection, *Lasers Surg Med*. 2007 39(1): 1-15.
- 22) Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P, Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo, *Int Endod J*, 2007, (41): 227-239.
- 23) Upadya M, Shrestha A, Kisben, A, Role of Efflux Pump Inhibitors on the Antibiofilm Efficacy of Calcium Hydroxide, Chitosan Nanoparticles, and Light-activated Disinfection, *J Endod*, 2011; 37(10): 1422-1426.
- 24) Souza I, Brito P, Machado J, Alves J, Moreira E, Sampaio-Filbo H, et al, Photodynamic Therapy with Two Different Photosensitizers as a Supplement to Instrumentation/Irrigation Procedures in Promoting Intracanal Reduction of *Enterococcus faecalis*, *J Endod*, 2010; 36 (2):292-296.
- 25) George S, Kishen A, Augmenting the Antibiofilm Efficacy of Advanced Noninvasive Light Activated Disinfection with Emulsified Oxidizer and Oxygen Carrier, *J Endod*, 2008; 34(9):1119-1123.
- 26) Chrepa V, Kotsakis G, Pagonis T, Hstgreaves K, The Effect of Photodynamic Therapy in Root Canal Disinfection: A Systematic Review, *J Endod*, 2014, 40(7): 891-898.
- 27) Williams J, Pearson G, Colles J, Antibacterial action of photoactivated disinfection (PAD) used on endodontic bacteria in planktonic suspension and in artificial and human root canals, *J Dent*, 2006; 34: 363-371.
- 28) Raymond N, Singh F, Papamanou D, Song X, Patel C, Holewa, et al, Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *J Endod*, 2011, 37(2): 217-222.
- 29) Saji G, Kishen A, Advanced Noninvasive Light-activated Disinfection: Assessment of Cytotoxicity on Fibroblast Versus Antimicrobial Activity Against *Enterococcus faecalis*, *J Endod*, 2007, 37(5): 599-602.
- 30) Rolim J, Melo M, Guedes S, Alburquerque F, Souza J, Nogueira N, et al, The antimicrobial activity of photodynamic therapy against *Streptococcus mutans* using different photosensitizers, *J Proto Biol*, 2011, 106:40-46.
- 31) Bonsor S, Nichol R, Reid T, Pearson G, Microbiological evaluation of photo-activated disinfection in endodontics (An in vivo study), *Br Dent J*, 2006, 200(6); 337-340.
- 32) Ertas H, Saygili G, Gok T, Effect of Photoactivated Disinfection on Bond Strength of Root Canal Filling, *J Endod*, 2013; 39(11); 1428-1430.
- 33) Aspectos generales de la tecnología PAD, Denfotex® <http://www.denfotex.com/SP/> consultada el día 13-10-2014.

- 34) Productos Foto San® <http://www.cmsdental.com/?id=151&c=FotoSan%C2%AE> consultado el 13-octubre-2014.
- 35) TF Premier® <http://pt-br.mmo.com.br/produtos/odontologia/tf-premier> consultado el 13 de octubre de 2014.
- 36) Bwtec® <http://bwtek.com/products/flex/> consultado el 13 de octubre de 2014.
- 37) lumacare® lámpara de uso médico <http://www.lumacare.com/lumacare-lamp-model-lc-122-medical/> consultado el día 13 de octubre de 2014.
- 38) Helbo® terapia fotodinámica antimicrobiana <http://www.helbo.de/es/informacion-deldentiste/componenti.html> consultado el día 13-octubre de 2014.
- 39) Stojcic S, Amorim H, Shen Y, Haapasalo M, Ex vivo killing of *Enterococcus faecalis* and mixed plaque bacteria in planktonic and biofilm culture by modified photoactivated disinfection, *Int Endod J*, 2013, 46: 649-659.
- 40) Shrestha A, Kishen A, Antibacterial Efficacy of Photosensitizer Functionalized Biopolymeric Nanoparticles in the Presence of Tissue Inhibitors in Root Canal, *J Endod*, 2014; 40(4):566-569.
- 41) Shrestha A, Kishen A The Effect of Tissue Inhibitors on the Antibacterial Activity of Chitosan Nanoparticles and Photodynamic Therapy, *J Endod*, 2012; 38(9):1275-1277.
- 42) Meire M, De Prick K, Coenye T, Nelis H, De Moor R, Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model, *Int Endod J*, 2009; (42): 351-359.
- 43) Meire M, De Prick K, Coenye T, Nelis H, De Moor R, Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms, *Int Endod J*, 2012, (45):482,491.
- 44) Bago I, Plecko V, Gabric D, Schauerperl Z, Baraba A, Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal Treatment, *Int Endod J*, 2013; (46), 339-347.
- 45) Frasson H, Larsson K, Wolf E, Efficacy of lasers as an adjunct to chemo-mechanical disinfection of infected root canals: a systematic review, *Int Endod J*, 2013(46):296-307.

Referencias de imágenes:

- 1) Figura 1: Nageswar, R, *Endodoncia avanzada*, New Delhi, Amolca, 2011: 133.
- 2) Figura 2: <http://i.ytimg.com/vi/Tn-2KldfsQQ/maxresdefault.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 3) Figura 3: http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_42.htm consultada el 13 de octubre de 2014.
- 4) Figura 4: Hargreaves K, Cohen S, Cohen *Vías de la pulpa*, 10 ed, Madrid; Elsevier, 2011: 255.
- 5) Figura 5: <http://img.webme.com/pic/e/endodontic/irrisafe.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 6) Figura 6: Hargreaves K, Cohen S, Cohen *Vías de la pulpa*, 10 ed, Madrid; Elsevier, 2011: 256.
- 7) Figura 7: Unión de 3 imágenes obtenidas de:
 - a) http://www.cmsdental.com/gfx/content_images/galleri/FotoSan%20630/FotoSan_630_1_frit.jpg consultada el 13 de octubre de 2014.

- b) http://neuheiten.koelnmesse.net/img/exhibition/200/prod_1172.jpg consultada el 13 de octubre de 2014.
- c) http://www.masiequipamentos.com.br/ecommerce_site/arquivos4424/arquivos/1399385752_1.jpg consultada el 13 de octubre de 2014.
- 8) Figura 8: <http://informabtlcdnzone.grupodecomunicac.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2007/10/concentrado-930.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 9) Figura 9: <http://biotechchile.cl/web/images/cleanser.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 10) Figura 10: <http://www.sybronendo.com.mx/wp-content/uploads/2012/10/smearclear1.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 11) Figura 11: Soares J, Goldberg F, Endodoncia Técnicas y fundamentos, 2 ed, Buenos Aires, Panamericana, 2012: 207 consultada el 13 de octubre de 2014.
- 12) Figura 12: http://dentala2z.co.uk/WebRoot/Daily/Shops/eshop133027/4CA6/52D3/1E52/A15F/54E0/C31A/5AE3/58F1/Citrysol_40_wht...jpg consultada el 13 de octubre de 2014.
- 13) Figura 13: http://www.galinos.gr/service/image/get/cetavlon_tinct-p1 consultada el 13 de octubre de 2014.
- 14) Figura 14: Nageswar, R, Endodoncia avanzada, New Delhi, Amolca, 2011: 136.
- 15) Figura 15: Haapasalo M, Shen Y, Current therapeutic options for endodontic biofilms, Endod Top, 2012, (22): 79-98.
- 16) Figura 16: <http://www.optident.co.uk/ShopFront/ShopDocuments/Sterilox/Optident%20Sterilox/sterilox%20unit%20shadow.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014
- 17) Figura 17: <http://www.progin.mx/wp-content/uploads/2013/02/12-Azul-de-Toliudina.jpg> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 18) Figura 18: Olvera M, La terapia fotodinámica como una alternativa para la enfermedad periodontal, Odontología Actual, 2008, 5(60): 52trtrbv-58.
- 19) Figura 19: <http://www.denfotex.com/SP/> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 20) Figura 20: <http://www.cmsdental.com/?id=151&c=FotoSan%C2%AE> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 21) Figura 21: <http://pt-br.mmo.com.br/produtos/odontologia/tf-premier> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 22) Figura 22: <http://bwtek.com/products/flex/> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 23) Figura 23: <http://www.lumacare.com/lumacare-lamp-model-lc-122-medical/> consultada el 13 de octubre de 2014.
- 24) Figuras 24-28: <http://www.helbo.de/es/informacion-del-dentiste/componenti.html> consultada el 13 de octubre de 2014.