95 AÑOS Facultad de Odontología

Odontoestomatología
DOI: 10.22592/ode2025n45e240

Estudio comparativo del efecto antimicrobiano del hipoclorito de sodio, agua superoxidizada y terapia fotodinámica frente al Enterococcus faecalis en Endodoncia

INVESTIGACIÓN

Comparison of the antimicrobial effect of sodium hypochlorite, superoxidized water and photodynamic therapy against Enterococcus faecalis in Endodontics

Comparação do efeito antimicrobiano do hipoclorito de sódio, água superoxidada e terapia fotodinâmica contra Enterococcus faecalis em endodontia

Resumen

Uno de los desafíos en el campo de la endodoncia es combatir al Enterococo faecalis debido a su capacidad de resistir a diversos tratamientos antimicrobianos y su implicancia en el fracaso de los tratamientos endodónticos. Él E. Faecalis es una bacteria grampositiva que puede formar biopelículas en los sistemas de conductos radiculares, lo que le confiere resistencia a los agentes antimicrobianos y a las defensas del sistema inmunitario del hospedero. Es el microorganismo que se encuentra con más frecuencia en las infecciones secundarias y fracasos endodónticos. Objetivo: Comparar la sensibilidad del Enterococcus Faecalis a tres estrategias antimicrobianas (hipoclorito de sodio 2.5%, agua superoxidizada y PDT) Método: Se seleccionaron 100 premolares humanos inferiores, que se instrumentaron con limas tipo K # 25, luego se contaminaron con un cultivo puro de E. Faecalis. Se dividieron en 4 grupos donde se aplicaron los diferentes antisépticos. Resultados: las tres terapias antisépticas lograron reducir el número inicial de microorganismos, siendo el hipoclorito de sodio y la terapia fotodinámica similares en su respuesta y el agua superoxidizada mostró mejores resultados. Conclusiones: las tres alternativas pueden utilizarse para el saneado radicular, logrando mejores resultados las combinaciones de las mismas.

Martin Puch Damiano[1]
Ramón Álvarez-Vaz[2]
Lourdes Zaffaroni[3]
Beatriz Vilas[4]

CORRESPONDENCIA
Martín Puch Damiano:
martinpuch@odon.edu.uy

Recibido: 22/Ago/2024
Aceptado 17/Feb/2025

CC BY

Palabras clave:
Enterococcus faecalis, hipoclorito de sodio, agua superoxidizada, fotoquimioterapia.

1 Prof. Adj., MSc. Departamento de Cirugía Buco maxilo facial, Sub-unidad de Farmacología y Terapéutica general y Buco dental. Facultad de Odontología, Universidad de la República.

2 Doctor en Cs Médicas, Prof.Agdo. Departamento de Salud Colectiva Facultad de Odontología, Universidad de la República.

3 Asistente Departamento de Diagnóstico en Medicina y Patología Oral, Sub-unidad Microbiología General y Buco dental. Facultad de Odontología, Universidad de la República.

4 MSC, PhD. Profesora titular Departamento Odontología Preventiva y Restauradora Sub-unidad Endodoncia. Facultad de Odontología, Universidad de la República.

Abstract

One of the main challenges in endodontics is combating Enterococcus faecalis due to its ability to resist various antimicrobial treatments and its role in the failure of endodontic procedures. E. faecalis is a gram-positive bacterium capable of forming biofilms within root canal systems, which grants it resistance to antimicrobial agents and the host's immune defenses. It is the microorganism most frequently found in secondary infections and endodontic failures. Objective: To compare the sensitivity of Enterococcus faecalis to three antimicrobial strategies (2.5% sodium hypochlorite, superoxidized water, and PDT). Method: One hundred lower human premolars were selected and instrumented with #25 K-files, then contaminated with a pure culture of E. faecalis. They were divided into four groups, each treated with a different antiseptic. Results: All three antiseptic therapies reduced the initial number of microorganisms. Sodium hypochlorite and photodynamic therapy showed similar effectiveness, while superoxidized water produced better results. Conclusions: All three alternatives are suitable for root canal sanitation, with improved outcomes observed when used in combination.

Keywords: Enterococcus faecalis, sodium hypochlorite, superoxidized water, photochemotherapy.

Resumo

Um dos desafios no campo da endodontia é o combate ao Enterococcus faecalis, devido à sua capacidade de resistir a diversos tratamentos antimicrobianos e ao seu envolvimento no insucesso dos tratamentos endodônticos. E. faecalis é uma bactéria gram-positiva que pode formar biofilmes nos sistemas de canais radiculares, o que lhe confere resistência aos agentes antimicrobianos e às defesas do sistema imunitário do hospedeiro. É o microrganismo mais frequentemente encontrado em infecções secundárias e insucessos endodônticos. Objetivo: Comparar a sensibilidade do Enterococcus faecalis a três estratégias antimicrobianas (hipoclorito de sódio a 2,5%, água superoxidada e PDT). Método: Foram selecionados 100 pré-molares inferiores humanos, instrumentados com limas K #25 e posteriormente contaminados com uma cultura pura de E. faecalis. Os dentes foram divididos em quatro grupos, nos quais foram aplicados os diferentes antissépticos. Resultados: As três terapias antissépticas foram eficazes na redução do número inicial de microrganismos. O hipoclorito de sódio e a terapia fotodinâmica apresentaram respostas semelhantes, enquanto a água superoxidada demonstrou melhores resultados. Conclusões: As três alternativas podem ser utilizadas na higienização radicular, com melhores resultados obtidos por meio de suas combinações.

Palavras-chave: Enterococcus faecalis, hipoclorito de sódio, agua superoxidada, fotoquimioterapia.

Introducción y antecedentes

La cavidad bucal es la primera parte del aparato digestivo y está comunicada al exterior por una cavidad séptica. Está colonizada por lo que es la microbiota oral, muchas veces formando microbiomas en equilibrio con el húesped. Cuando los microorganismos que se encuentran en equilibrio en la cavidad bucal, colonizan estructuras dentales, como los conductos radiculares, las zonas periapicales o bolsas periodontales, es que puede desarrollarse la infección odontogénica. Ésta se caracteriza por ser una infección polimicrobiana.[1,2]

INFECCIÓN EN ENDODONCIA

El conocimiento de la microbiota y el control de la infección de los sistemas conductos radiculares, puede llegar a determinar el éxito o el fracaso de los tratamientos endodónticos. Los microorganismos predominantes en la infección endodóntica son los anaerobios facultativos y especies Gram positivas. En la infección secundaria o persistente especialmente se detecta el Enterococcus faecalis.[3,4] De acuerdo a la gran cantidad de reportes sobre el tema, la prevalencia de fracasos endodónticos oscila entre el 5% y el 10% de los tratamientos.[5,6]

Dentro de los factores más frecuentemente asociados al fracaso del tratamiento endodóntico, se encuentra: la persistencia microbiana (intra y extra radicular), la deficiente limpieza y conformación y/o el sellado inadecuado del sistema de conductos radiculares. Estos factores pueden originarse en obturaciones sin adecuado sellado apical, filtraciones en la restauración de la

corona clínica, conductos radiculares no tratados, cavidades de acceso incorrectas, perforaciones, falsas vías, separación de instrumentos, entre otros.[7] El sellado apico-coronal incorrecto habilita a que se infiltren en el conducto radicular, los fluídos tisulares ricos en glicoproteínas, proporcionando sustrato a los microorganismos remanentes. De esta forma pueden proliferar y alcanzar un número suficiente para generar o mantener en el tiempo, una lesión perirradicular.[8] Cuando se produce una exposición coronal de la obturación radicular durante un período de 30 días o más, es recomendable realizar la revisión del tratamiento endodóntico. Además, dado que los cementos provisorios son solubles en agua y tienen una baja resistencia a la compresión, la restauración coronaria provisoria debería ser sustituida por la definitiva lo antes posible.[9] Los microorganismos alojados en el sistema de conductos radiculares pueden encontrarse como células planctónicas, suspendidas en la fase líquida del mismo y en forma de agregados o congregaciones adheridas a las paredes del conducto radicular, dando lugar a la formación de varias capas de biopelículas. Los microorganismos que viven en una misma comunidad deben tener características similares; entre ellas se encuentra la autopoiesis (tener la capacidad de autoorganizarse), homeostasis (resistir las alteraciones del medio en el que viven), sinergismo (ser más eficaces en grupo que aislados) y capacidad de responder a los cambios como una unidad y no como individuos.[10]

Para sobrevivir en un conducto radicular que se encuentra sellado, los microorganismos tienen que resistir los antisépticos intra conducto empleados durante la limpieza y conformación, así como las diferentes medicaciones tópicas, además de adaptarse a un entorno con baja disponibilidad de nutrientes. Las bacterias localizadas en zonas como deltas apicales, istmos, conductos laterales, irregularidades y túbulos dentinarios, frecuentemente pueden escapar a los procedimientos de antisepsia endodóntica y es probable que el suministro de nutrientes a las bacterias permanezca inalterado después del tratamiento. La infección ocurrirá si las bacterias (sus toxinas y especialmente sus endotoxinas) son patógenas, alcanzan un número suficiente y acceden a los tejidos perirradiculares para inducir o perpetuar las lesiones perirradiculares.[8] El género Enterococcus enmarca un conjunto de especies morfológicamente parecida a los Estreptococos. Los más frecuentes que se han aislados en clínica endodóntica son el Enterococcus faecalis (80-90%) y Enterococcus faecium (5-10%). Incluyen factores microbianos, que conllevan a infecciones extrarradiculares o intrarradiculares.[11]

Siquiera y Roças y Sedgley et al., mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), observaron, respectivamente, una prevalencia de E. faecalis del 77% y del 79,5%. Estos autores también observaron que la presencia del mismo más frecuente en las infecciones secundarias (89,6%) que en las primarias (67,5%), con diferencias estadísticamente significativas.[12]

EL CONTROL DE LA INFECCIÓN INTRARRADICULAR

A medida que la defensa del húesped (y también considerando su estado inmunitario) disminuyen la resistencia para el acceso al espacio pulpar necrótico, los microorganismos oportunistas, beneficiados por el bajo tenor de oxígeno, invaden, progresan y se acumulan en el sistema de conductos radiculares. Estas comunidades microbianas pueden sobrevivir gracias a los restos orgánicos pulpares remanentes y por el exudado del periodonto. En consecuencia, los grupos de microorganismos en piezas dentarias necróticas y dientes endodonticamente tratados de manera fallida, se distribuyen en toda la luz del conducto radicular, encontrándose en la zona apical los que tienen acceso al líquido tisular.[13] Los anaerobios obligados se erradican con más facilidad durante el tratamiento del conducto radicular. En cambio, las bacterias facultativas como los Estreptococos no mutans, los Enterococos y los Lactobacilos, una vez establecidas, tienen más probabilidades de sobrevivir a la instrumentación quimiomecánica y a la medicación del conducto radicular.[13] El control de la infección intraradicular en endodoncia se logra mediante la combinación de métodos mecánicos y químicos. Con respecto a los métodos químicos, los irrigantes penetran en los canalículos dentinarios y son fundamentales para poder reducir la carga microbiana, entre otras aplicaciones.[14] Sin embargo, en cuanto a los métodos mecánicos, durante la conformación un porcentaje significativo de la superficie del conducto radicular permanece intacto, independientemente de los instrumentos utilizados para la conformación. Tales áreas no alcanzadas pueden albergar y proteger a los microorganismos de los protocolos de desinfección del conducto radicular.[15]

HIPOCLORITO DE SODIO

Basándose en los estudios de laboratorio controlados de Koch y Pasteur, el hipoclorito como antiséptico y desinfectante fue ganando aceptación a finales del siglo XIX.[15]

Dentro de sus beneficios se destaca que las soluciones de hipoclorito sódico son de muy bajo costo, fáciles de conseguir y tienen una buena vida útil teniendo en cuenta las especificaciones establecidas por los fabricantes.[13]

En agua, el hipoclorito de sodio se ioniza en sodio (Na) y ion hipoclorito (CIO-). Entre valores de pH 4 y 7,

el ion cloro existe como ácido hipocloroso (HClO) mientras que, a pH superiores a 9, predomina el ClO-. El HClO tiene una fuerte acción antibacteriana en comparación con el ClO- debido a su capacidad de interrumpir la fosforilación oxidativa y otras actividades asociadas a la membrana. El HClO también ejerce un rápido efecto inhibitorio sobre la función mitocondrial y la síntesis de ADN de las bacterias. Además de su acción antibacteriana, el hipoclorito sódico tiene la capacidad de disolver los restos pulpares y el componente orgánico de la dentina (es decir, acción proteolítica inespecífica). También tiene la capacidad de neutralizar parcialmente los tejidos necróticos o cualquier componente antigénico o microbiano que quede en el espacio del sistema de conductos radiculares y eliminar todos los restos pulpares y la predentina en las superficies no instrumentadas.[20,21] El irrigante que se utiliza generalmente es la solución de hipoclorito de sodio (NaOCl), por sus propiedades organolítica, desodorante, blanqueante y microbicida.[13] Sin embargo, varios estudios han demostrado que no se logra la eliminación total de los microorganismos, de manera consistente con los protocolos actuales. El hipoclorito de sodio tiene acciones citotóxicas, siendo éste otro motivo en la búsqueda de nuevos irrigantes.[22] En nuestro medio es aceptado el uso del hipoclorito de sodio en concentración del 2.5% como irrigante de sistema de conductos radiculares.[15]

AGUA SUPEROXIDIZADA

Otro de los irrigantes empleados es el agua superoxidizada. Se ha demostrado que éstas brindan una limpieza eficaz de las paredes del conducto radicular.[23] La solución de agua superoxidizada (SASO) es una solución de ácido hipocloroso con una concentración de cloro libre de 250 mg/l a la salida de fábrica 250 partes por millón y un pH de 6 (+-1). Además de este componente existen otros compuestos reactantes de cloro (ozono, hipoclorito de sodio, cloro, etc. <0,02%). El agua superoxidizada se obtiene electrolizando cloruro de sodio con aguas puras, para crear un desinfectante o antiséptico con dos materiales básicos que son la sal y la electricidad, dando un producto final (agua) que no daña el medio ambiente. Los principales productos de estas aguas son el ácido hipocloroso y el cloro a una concentración variable de acuerdo al fabricante: entre 144 a 350 mg/l. El antiséptico es generado en el lugar de uso pasando la solución salina sobre electrodos de titanio de 9 amperes. El pH de esta agua se encuentra entre 5 y 6.5 y tiene un potencial redox mayor de 950 mV. Estas soluciones han demostrado no ser tóxicas para los tejidos, ni corrosivos para los equipamientos.[24,25]

TERAPIA FOTODINÁMICA (PDT)

Se ha intentado innovar en técnicas de control de infecciones polimicrobianas, para mejorar el saneado y reducir aún más los microorganismos a nivel del conducto radicular; utilizando métodos alternativos que combinan agentes irrigantes con procedimientos de la biofotónica, como la terapia fotodinámica (PDT).[26] La terapia fotodinámica es un tratamiento que se realiza en dos etapas, que implican la aplicación y la retención de una sustancia fotosensibilizadora (PS) en los tejidos/microorganimos diana. Dependiendo de la especie microbiana predominante y la existencia de competidores (exudado, hemorragia, etc) se determina un tiempo de espera, llamado tiempo de preirradiación.[27] Transcurrido este periodo, se remueve el exceso de PS y se aplica una fuente de luz cuya longitud de onda sea resonante con el PS empleado. La técnica más ampliamente estudiada utiliza como fotosensibilizador un colorante fenotiazínico, por ejemplo, el azul de metileno, y una la luz visible en una longitud de onda roja. La misma puede aplicarse a través de un equipo de láser con una longitud de onda de 660-680 nm, que permite dirigir el haz de luz directamente al objetivo (interior de sistema de conductos hasta la zona apical, tracto fistuloso, etc).[28] Tras la irradiación, las moléculas del azul de metileno adquieren los electrones transmitidos, permaneciendo en una órbita excitada o sea en un nivel energético superior. Las reacciones fotoquímicas que se desencadenan estimulan la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS). Éstas son diversas, siendo el oxígeno singleto una de las más abundantes y metaestables. Las ROS son altamente citotóxicas por su carácter oxidativo, interactuando con las biomoléculas de la membrana microbiana o del ADN, provocando la muerte celular programada.[28] La actividad antimicrobiana de la técnica PDT es eficaz frente a bacterias, virus y hongos, no es irritante y no genera resistencia bacteriana.[29]

Metodología

SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS DENTARIAS

La cavidad bucal es la primera parte del aparato digestivo y está comunicada al exterior por una cavidad séptica. Está colonizada por lo que es la microbiota oral, muchas veces formando microbiomas.

LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN

Cada conducto se irrigó con 2 ml de solución de hipoclorito de sodio, para luego establecer la longitud de trabajo con una lima tipo K #10. Se realizó la exploración con

instrumentos de acero inoxidable precurvados tipo K número 10 (Antaeos, VDW GmbH, Munich, Alemania) hasta la longitud de trabajo en cada conducto radicular. Todas las piezas se conformaron con limas Reciproc® 25 (VDW GmbH, Munich, Alemania). A continuación, se colocaron dos capas de esmalte de uñas en la superficie externa para evitar la microfiltración bacteriana a través de los canales laterales u otras discontinuidades del cemento. Para finalizar el proceso de preparación se esterilizaron todos las piezas dentarias en un ciclo de autoclave (Cristófoli Vitale, Brasil).

CONTAMINACIÓN CON ENTEROCOCUS FAECALIS

El estudio se realizó de acuerdo a la metodología reportada por Kuştarci et al. (2009).[30]

La Parte experimental se realizó en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología, Udelar. Se enumeraron las piezas dentales dividiéndolos en 4 grupos de 25 cada uno, mediante una técnica de muestreo aleatorio simple y luego se contaminaron.

Se utilizó un cultivo puro de E. Faecalis, del banco de cepas del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología Udelar, que fue corroborado por la técnica MALDI TOFF del Departamento de Laboratorio Clínico del Hospital de Clínicas. Se cultivó en el caldo de infusión, cerebro corazón (BHI) para contaminar los conductos radiculares. Se utilizó el número estándar 0.5 de McFarland.

Se transfirió una cantidad de 10-µl del cultivo bacteriano a la luz de los conductos conformados, con una micro pipeta estéril. Inmediatamente se almacenaron por 24 horas a 37 grados Celsius.

GRUPOS EXPERIMENTALES

GRUPO 1 Hipoclorito de sodio 2.5%
Inicialmente los conductos se irrigaron con 1 ml de solución salina estéril (Lab. ICU-VITA, Montevideo, Uruguay). Luego los conductos radiculares se irrigaron con 2 ml de solución de hipoclorito de sodio al 2,5% (Lab. Leduc, Montevideo, Uruguay). Los irrigantes se llevaron a los conductos mediante una jeringa de plástico desechables de 5 mL (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT, EE. UU.) y aguja NaviTip (Ultradent Products Inc, South Jordania, UT, EE. UU.) La presión aplicada por el operador sobre la jeringa fue la necesaria y suficiente para permitir un flujo de 2 ml de irrigante por minuto. La solución se dejó en los conductos radiculares durante 10 minutos.

GRUPO 2 Agua superoxidizada
Inicialmente los conductos se irrigaron con 1 ml de solución salina estéril (Lab. ICU-VITA, Montevideo, Uruguay). Luego los conductos radiculares se irrigaron con 2 ml de solución de agua superoxidizada, Xtericold® (laboratorio EMARLAND S.A.). Utilizando el mismo procedimiento que en el grupo anterior.

GRUPO 3 Terapia Fotodinámica
Inicialmente los conductos se irrigaron con 1 ml de solución salina estéril (Lab. ICU-VITA, Montevideo, Uruguay). Como fotosensibilizador se utilizó 2 ml de azul de metileno al 0.01% (Chimiolux 10 DMC, Brasil), el cual fue irrigado hasta la zona apical con aguja NaviTip (Ultradent Products Inc, South Jordania, UT, EE. UU.). El tiempo de preirradiación se estableció en 3 minutos. Se secaron los conductos con cono de papel Reciproc® 25 (VDW GmbH, Munich, Alemania). Los conductos radiculares se irradiaron con un equipo Therapy (DMC, Brasil) de 100mW, longitud de onda de 660nm, y una energía de 9 Joules (J). Al equipo se le insertó una guía de luz para PDT (DMC, Brasil) cuya fibra tiene un diámetro de 200 µm. La fibra se aplicó con un movimiento en espiral que comenzará a 1 mm del ápice y se desplazó en sentido coronario durante 90 segundos.

GRUPO 4 Grupo control
Se irrigó con 2 ml de solución salina estéril (Lab. ICU-VITA, Montevideo, Uruguay). Se llevó a los conductos mediante una jeringa de plástico desechables de 5 mL (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT, EE. UU.) y aguja NaviTip

EVALUACIÓN BACTERIANA

Se realizó en dos momentos. El primero se ejecutó luego de pasado el tiempo de incubación. Se colocó un cono de papel estéril Reciproc® 25 (VDW GmbH, Munich, Alemania) y se mantuvo 1 minuto en el interior de cada conducto radicular para muestrear las bacterias con el fin de confirmar la contaminación. Los conos de papel se transfirieron a tubos eppendorf (Biologix®, Biriden, Montevideo, Uruguay) autoclavados, conteniendo 2 mL de caldo BHI. Los tubos se agitaron durante 2 minutos y se inocularon 10 µL de suspensión en 1 parte de placas de TSA que se dividieron en 2. Después de realizadas las intervenciones en los diferentes grupos, los conductos radiculares experimentales se irrigaron con 1 ml de solución salina estéril. A continuación, se dejaron conos de papel estéril Reciproc® 25 (VDW GmbH, Munich, Alemania) en los conductos radiculares durante 1 minuto y se transfirieron a tubos eppendorf que tenian 2 ml de caldo BHI. Los tubos se agitaron en vórtex durante 2 minutos y se inocularon 10 µl de suspensión en la segunda parte de las placas de TSA descriptas anteriormente.

Las placas de TSA se incubaron durante 24 horas a 37°C, se contaron las colonias de bacterias y los resultados se expresarán en números naturales.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis se llevó a cabo sobre 200 sembrados (2 por pieza dentaria) de Enterococo faecalis. Se aplicaron 4 tratamientos (hipoclorito de sodio, agua superoxidizada, PDT y suero) a 50 sembrados cada uno. A partir de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) antes y después de la irrigación en cada tratamiento, se calculó la reducción porcentual. Se realizó un análisis descriptivo de los datos empleando de forma univariada (empleando la mediana el rango intercuartílico) y bivariada (a través de gráficos de caja y línea). Dada la naturaleza asimétrica de la reducción porcentual, se emplearon procedimientos no-paramétricos para comparar la efectividad de estos cuatro tratamientos (test de Kruskal-Wallis).[31] Posteriormente se realizaron comparaciones múltiples empleando el test de Nemenyi,[32] indicando con letras iguales medianas que no difieren de manera significativa y con letras diferentes medianas que si difieren significativamente. Los p-valores se obtuvieron mediante permutaciones aleatorias. Todos los cálculos fueron realizados en el software R (R Core Team, 2023).[33] Se determinó significación estadística empleando un nivel de 5%.

Resultados

Se contó con 50 mediciones de UFC en cada uno de los 4 tratamientos. La reducción porcentual tuvo una mediana de 87,3% (cociente=0,127) con un rango intercuartílico de 43,3%. LA **Figura 1** presenta la distribución del cociente de las UFC antes y después de la irrigación.

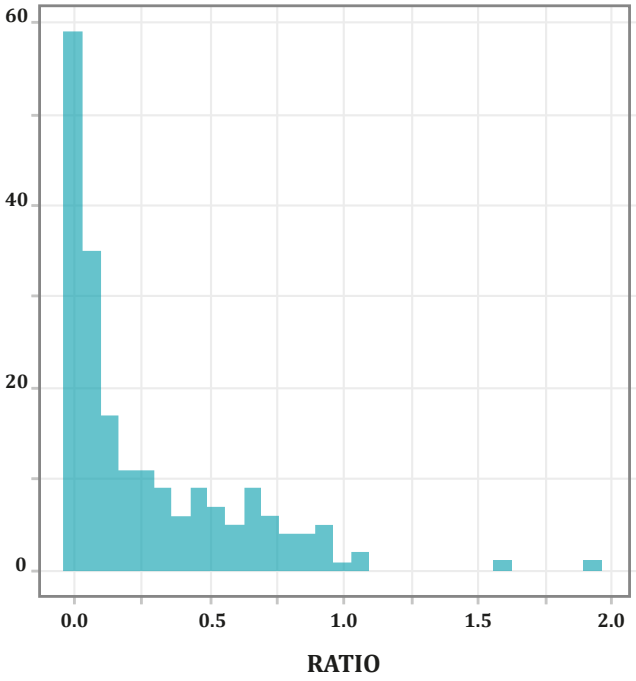

Figura 1 Distribución del cociente de UFC antes y después de la irrigación

A partir de la **Figura 2** se puede observar que el suero presenta los menores porcentajes de reducción. Por otro lado, el hipoclorito y el PDT parecen presentar reducciones similares. En última instancia, el tratamiento SASO presentó los mayores niveles de reducción.

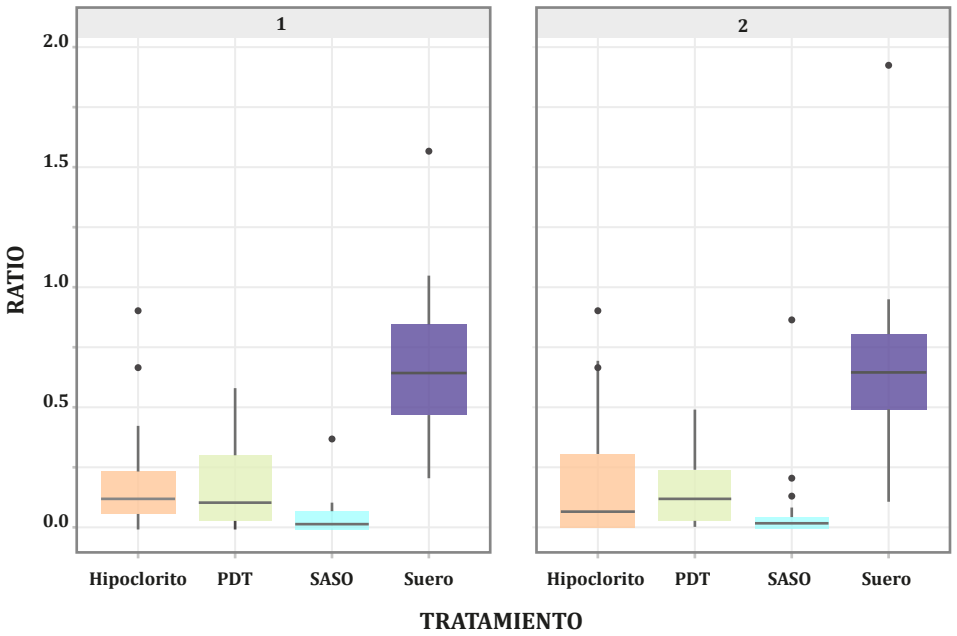

Figura 2 Distribución del cociente entre el conteo de UFC antes y después de la irrigación según repetición

En la Tabla 1 se presenta la reducción mediana de cada tratamiento, así como la comparación empleando el test de Kruskal-Wallis. Complementariamente, las letras que acompañan las medianas corresponden a las comparaciones múltiples realizadas a través del test de Nemenyi.

TABLA 1
Eficacia de los tratamientos sobre la reducción de UFC.

TRATAMIENTO	GLOBAL		1.RA REP	2.DA REP
Hipoclorito	9%	a	12%	8%
PDT	13%	a	11%	13%
SASO	2%	b	2%	2%
Suero	64%	c	65%	64%
KW	<0,001		<0,001	<0,001

Se puede observar que tanto a nivel global como separando por réplicas, se obtuvo un valor significativo del test de Kruskal-Wallis. A partir de los 6 p-valores obtenidos en las comparaciones múltiples (test de Nemenyi) se determinó que no existió evidencia significativa para diferenciar la reducción del hipoclorito de la reducción obtenida con PDT. No obstante, se observó que el suero tuvo la menor eficacia y que el SASO fue el tratamiento más eficiente.

Discusión

El Enterococcus faecalis es un patógeno resistente que se utiliza comúnmente como marcador microbiológico en estudios in vitro debido a su capacidad para colonizar conductos radiculares, formar biofilms y sobrevivir en condiciones extremas. Su persistencia es una de las principales causas del fracaso en tratamientos endodónticos.[34]

Diversas concentraciones de hipoclorito sódico han demostrado ser efectivas contra E. faecalis. Siqueira et al. indicaron que una concentración de NaOCl al 2,5% tiene una eficacia antibacteriana comparable a la del 5%, especialmente cuando se utilizan mayores volúmenes o se combina con otros irrigantes y se agita para aumentar su eficacia.[35] En estudios realizados por Shahram et al., la combinación de hipoclorito de sodio al 2,5% con láser de diodo mostró una mayor eficacia en la eliminación de E. faecalis comparado con el uso exclusivo del hipoclorito de sodio.[36]

La PDT, que implica el uso de luz en combinación con fotosensibilizadores como el azul de metileno y el azul de toluidina, ha demostrado ser eficaz en la eliminación de bacterias. Sin embargo, los resultados varían según la concentración del fotosensibilizador y los parámetros de luz utilizados.[37] Souza et al. observaron que la PDT con azul de metileno o azul de toluidina no mostró un efecto adicional significativo cuando se utilizó hipoclorito de sodio al 2,5%.[38] Nair et al. reportaron que la PDT es menos efectiva en eliminar E. faecalis en conductos radiculares curvos debido a la presencia de biofilms que dificultan la penetración del fotosensibilizador y la luz.[39]

La investigación sobre el uso del SASO como irrigante en endodoncia es limitada, pero algunos estudios han demostrado su eficacia. Zan et al. encontraron que el SASO tiene un efecto antibacteriano similar al hipolcorito de sodio al 5,25% cuando se utiliza durante 3 a 5 minutos.[40] En otro estudio, Rossi-Fedele et al. reportaron que la efectividad del SASO se reduce en presencia de contaminación orgánica, pero es prometedora en situaciones clínicas donde la carga bacteriana es menor.[23] Sohrab Tour Savadkouhi et al. concluyeron que, aunque el hipoclorito de sodio eliminó el 100% de las UFC/mL de E. Faecalis, el SASO logró una reducción del 90%, lo que lo hace una opción menos tóxica para la irrigación endodóntica.[41]

Los resultados indican que la combinación de hipoclorito de sodio con PDT ofrece una mayor eficacia en la reducción de E. faecalis. La PDT sola no es suficiente para eliminar completamente los microorganismos, pero es un método coadyuvante prometedor. En cuanto al SASO, los estudios sugieren que puede ser un irrigante eficaz y menos tóxico, aunque sus efectos pueden variar dependiendo de la carga bacteriana y la presencia de contaminantes orgánicos.

Un estudio realizado por Mozayeni et al. encontró que la PDT con azul de metileno, en combinación con NaOCL, produce una reducción significativa de UFC/mL de E. Faecalis, confirmando que la terapia combinada es más efectiva que los métodos individuales.[42]

Si comparamos los resultados obtenidos con los resultados de otros autores se podría sostener que se llegó a una conclusión similar, el hipoclorito de sodio y el PDT lograron reducir significativamente la carga bacteriana, por lo tanto, las UFC, pero no eliminarlas al 100%. Sin embargo, la SASO fue la que tuvo mejor resultado e impacto clínico, ya que mostró reducir significativamente las UFC, como lo reportan Rossi-Fedele et al. en su estudio.

La comparación de nuestros resultados con los de Savadkouhi et al. resulta contradictoria, ya que se obtuvo mejor respuesta para el SASO que para el hipoclorito de sodio.

Conclusiones

Existe sensibilidad de la bacteria E. Faecalis frente al uso de los 3 antisépticos utilizados. Es posible afirmar que comparando la SASO con la PDT y la solución de hipoclorito de sodio; tuvo una actividad antimicrobiana destacada frente a los otros 2 antisépticos, quienes demostraron tener una eficacia similar.

Estos tratamientos han demostrado lograr una disminución en las UFC, considerando la aplicación clínica se puede sugerir que su uso sería optimizado si se combinan para una mayor acción de los mismos.

Además, cabe destacar que hay poca evidencia reportada con respecto a la SASO. Por ello, se pueden generar nuevas líneas de investigación para probar frente a otros microorganismos que se encuentren en la infección de causa odontogénica y quizás encontrar una alternativa u otra opción al uso de hipoclorito de sodio disminuyendo las reacciones adversas que éste presenta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López Fernández R, Téllez Rodríguez J, Rodríguez-Ramírez A. Las infecciones odontogénicas y sus etapas clínicas. Acta Pediátrica México. 2016;37(5):302.

2. Mas A, Frutos E De, Luisa M, Agustí M. Atención Primaria consultas de atención primaria : ¿ antibiótico ? Elsevier. 2017;49(10).

3. Barbosa-Ribeiro M, Arruda-Vasconcelos R, Louzada LM, dos Santos DG, Andreote FD, Gomes BPFA. Microbiological analysis of endodontically treated teeth with apical periodontitis before and after endodontic retreatment. Clin Oral Investig. 2021;25(4):2017–27.

4. Siqueira JF, Rôças IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97(1):85–94.

5. Correa JMA. Revista de Medicina Isla de la Juventud, Vol. 12, No. 1 (2011). 2011;12(1):1–12.

6. Lilian Toledo Reyes AL, Benítez RVÁ. Factores asociados al fracaso de la terapia de conductos radiculares Factors associated to the failure of the root. 2018;21(2):93–102.

7. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. Eur J Dent. 2016;10(1):144–7.

8. Siqueira JF. Aetiology of root canal treatment failure: Why well-treated teeth can fail. Int Endod J. 2001;34(1):1–10.

9. Siqueira JFJ, Rôças IN, Lopes HP, de Uzeda M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. J Endod. 1999 Jan;25(1):14–6.

10. Narayanan LL, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. J Conserv Dent. 2010 Oct;13(4):233–9.

11. Natalia Nemer Molina, María del Cisne Centeno Dávila, José Artieda Sáenz DCV. Microbial resistance factors of Enterococcus Faecalis Associated. Espec Odontológicas UG. 2022;5(2).

12. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. Med Oral Patol Oral y Cir Bucal. 2019;24(3):e364–72.

13. Zehnder M. Root Canal Irrigants. J Endod. 2006;32(5):389–98.

14. Hems RS, Gulabivala K, Ng YL, Ready D, Spratt DA. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of Enterococcus faecalis. Int Endod J. 2005;38(1):22–9.

15. Loiacono, Romina; Pérez, S; Anaise, C; Pinasco, Laura; Tejerina, Denise Paula; Gliosca, Laura Alejandra; Molgatini, Susana Liliana; Rodríguez PA. Comparación de la efectividad antimicrobiana entre hipoclorito de sodio 2, 5% y ácido hipocloroso 5% frente a Enterococcus faecalis: prueba in vitro. Rev Fac Odontol. 2021;36(84):7–11.

16. Hems RS, Gulabivala K, Ng YL, Ready D, Spratt DA. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of Enterococcus faecalis. Int Endod J. 2005;38(1):22–9.

17. Abuhaimed TS, Neel EAA. Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. Biomed Res Int. 2017;2017.

18. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HMA, Cohen S, Catherine JH, Bukiet F. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review. J Endod. 2017;43(1):16–24.

19. Rossi-fedele L, Antonio J, Figueiredo P De, Steier L, Canullo L, Steier G, et al. Evaluation of the antimicrobial effect of super-oxidized water (Sterilox®) and sodium hypochlorite against Enterococcus faecalis in a bovine root canal model. J Appl Oral Sci. 2010;18(5):498–502.

20. Natalia P. Nemer Molina, María del Cisne Centeno Dávila, José G Artieda Sáenz DCCV. Factores de resistencia microbiana de Enterococcus faecalis asociado a los fracasos endodónticos. Revisión de literatura. Rev Canal Abierto. 2022;46:24–8.

21. Del Fabbro M, Samaranayake LP, Lolato A, Weinstein T, Taschieri S. Analysis of the secondary endodontic lesions focusing on the extraradicular microorganisms: an overview. J Investig Clin Dent. 2014;5(4):245–54.

22. Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of Enterococcus faecalis: Relationship to endodontic disease. Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(5):308–20.

23. Rossi-fedele L, Antonio J, Figueiredo P De, Steier L, Canullo L, Steier G, et al. Evaluation of the antimicrobial effect of super-oxidized water (Sterilox®) and sodium hypochlorite against Enterococcus faecalis in a bovine root canal model. J Appl Oral Sci. 2010;18(5):498–502.

24. Tanaka H, Hirakata Y, Kaku M, Yoshida R, Takemura H, Mizukane R, et al. Antimicrobial activity of superoxidized water. J Hosp Infect. 1996;34(1):43–9.

25. Selkon JB, Babb JR, Morris R. Evaluation of the antimicrobial activity of a new superoxidized water, Sterilox®, for the disinfection of endoscopes. J Hosp Infect. 1999;41(1):59– 70.

26. Prazmo EJ, Kwaśny M, Łapiński M, Mielczarek A. Photodynamic therapy as a promising method used in the treatment of oral diseases. Adv Clin Exp Med. 2016;25(4):799–807.

27. Kwiatkowski S, Knap B, Przystupski D, Saczko J, Kędzierska E, Knap-Czop K, et al. Photodynamic therapy – mechanisms, photosensitizers and combinations. Biomed Pharmacother. 2018;106(June):1098–107.

28. Plotino G, Grande NM, Mercade M. Photodynamic therapy in endodontics. Int Endod J. 2019;52(6):760–74.

29. Chen T, Yang D, Lei S, Liu J, Song Y, Zhao H, et al. Photodynamic therapy-a promising treatment of oral mucosal infections. Photodiagnosis Photodyn Ther [Internet]. 2022;39(July):103010. Available from: https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.103010

30. Kuştarci A, Sümer Z, Altunbaş D, Koşum S. Bactericidal effect of KTP laser irradiation against Enterococcus faecalis compared with gaseous ozone: an ex vivo study. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2009;107(5):73–9.

31. William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47 (260): 583–621, December 1952.

32. Hollander; Wolfe, Douglas A. (1999). Nonparametric Statistical Methods (2nd ed.). ISBN 0-471-19045-4.

33. R Foundation for Statistical Computing, Vienna A. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Available from: https://www.r-project.org

34. Mallya L, Shenoy R, Mala K, Shenoy S. Evaluation of the antimicrobial efficacy of 20% Punica granatum, 0.2% chlorhexidine gluconate, and 2.5% sodium hypochlorite used alone or in combinations against Enterococcus faecalis: An in-vitro study. J Conserv Dent. 2019;22(4):367–70.

35. Siqueira JFJ, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. J Endod. 2000 Jun;26(6):331–4.

36. Shahram Vaziri, Ali Kangarlou, Razieh Shahbazi, Amin Nazari-Nasab MN. Comparison of the bactericidal effi cacy of photodynamic therapy, 2.5% sodium hypochlorite, and 2% chlorhexidine against Enterococcous faecalis in root canals; an in vitro study. Dent Res J (Isfahan). 2012;9(8):139–41.

37. Sinha N, Asthana G, Parmar G, Langaliya A, Shah J, Kumbhar A, et al. Evaluation of Ozone Therapy in Endodontic Treatment of Teeth with Necrotic Pulp and Apical Periodontitis: A Randomized Clinical Trial. J Endod [Internet]. 2021;47(12):1820–8. Available from: https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.09.006

38. Souza LC, Brito PRR, Machado de Oliveira JC, Alves FRF, Moreira EJL, Sampaio-Filho HR, 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):292–6.

39. Nair RM, Jayasree S, Poornima ES, Ashique M. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy on Enterococcus faecalis and smear layer removal in curved canals by different irrigation techniques: An in vitro study. J Conserv Dent. 2022;25(4):409–14.

40. Zan R, Alacam T, Hubbezoglu I, Tunc T, Sumer Z, Alici O. Antibacterial Efficacy of Super-Oxidized Water on Enterococcus faecalis Biofilms in Root Canal. Jundishapur J Microbiol. 2016;9(9).

41. Tour Savadkouhi S, Mohtasham Maram M, Purhaji Bagher M, Afkar M, Fazlyab M. In Vitro activity of superoxide water on viability of Enterococcus faecalis biofilm on root canal wall. Iran Endod J. 2021;16(3):189–92.

42. Mozayeni MA, Vatandoost F, Asnaashari M, Shokri M, Azari-Marhabi S, Asnaashari N. Comparing the Efficacy of Toluidine Blue, Methylene Blue and Curcumin in Photodynamic Therapy Against Enterococcus Faecalis. J Lasers Med Sci. 2020;11(Suppl 1):S49–54.

Disponibilidad de datos

Los datos se encuentran disponibles en una carpeta de Google Drive; allí se encuentra la tabla con los 200 resultados, la aprobación del Comité de Ética y la validación por Maldi TOF de la cepa bacteriana.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Fuente de financiamiento

Este trabajo no tuvo financiamiento externo

Declaración de contribución de autoría y colaboración

NOMBRE Y APELLIDO	COLABORACIÓN ACADÉMICA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Martin Puch Damiano	x			x	x	x	x	x	x	x			x	x
Ramón Álvarez-Vaz			x					x		x			x	
Lourdes Zaffaroni							x		x				x	
Beatriz Vilas	x			x		x		x	x	x		x	x	x

1. Administración del proyecto
2. Adquisición de fondos
3. Análisis formal
4. Conceptualización
5. Curaduría de datos
6. Escritura - revisión y edición
7. Investigación
8. Metodología
9. Recursos
10. Redacción - borrador original
11. Software
12. Supervisión
13. Validación
14. Visualización

Este estudio experimental ex vivo fue llevado a cabo en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Odontología, UDELAR.

Nota de aceptación:
Este artículo fue aprobado por la editora de la revista MSc. Dra. Natalia Tancredi.