

Terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*: revisão de literatura

Photodynamic therapy for root canals infected with Enterococcus faecalis: a literature review

Rone Felipe Lima Pereira*
Marlus da Silva Pedrosa**
Maraisa Greggio Delboni***

Resumo

Objetivo: o objetivo deste estudo é revisar a literatura atualmente disponível sobre as evidências científicas acerca da terapia fotodinâmica (PDT) em canais infectados com *Enterococcus faecalis*. **Materiais e método:** uma pesquisa bibliográfica exploratória foi realizada utilizando a base de dados eletrônica Public Medline (PubMed), empregando os termos de busca "Photodynamic therapy" e "Endodontics". Os critérios de inclusão foram artigos de pesquisas originais e ensaios clínicos publicados em português, espanhol e inglês. Não foram aplicados limites à data de publicação. **Resultados:** a busca inicial resultou em um total de 96 títulos. Setenta e quatro estudos foram excluídos após a leitura de seus títulos e resumos, e os 22 manuscritos restantes foram avaliados e considerados elegíveis para o propósito desta revisão de literatura. Os trabalhos são representados, em sua maioria, por estudos laboratoriais *in vitro*. **Conclusão:** a terapia fotodinâmica, até o presente momento, tem sido sugerida como um potencial adjuvante para maximizar a desinfecção de canais radiculares infectados com *Enterococcus faecalis*. Há necessidade de estudos adicionais para determinar parâmetros apropriados para utilização da PDT em tratamentos endodônticos, bem como de ensaios clínicos controlados e randomizados de forma a verificar *in vivo* estes resultados.

Palavras-chave: Fotoquimioterapia. Tratamento do canal radicular. *Enterococcus faecalis*. Endodontia.

Introdução

O objetivo principal do tratamento endodôntico é a desinfecção do sistema de canais radiculares e a erradicação de bactérias que causam infecção¹. Assim, a desinfecção eficaz do canal radicular é, sem dúvida, um componente fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico². As técnicas contemporâneas incluem o desbridamento mecânico e a modelagem do sistema de canais radiculares com ênfase em vários sistemas, irrigação intracanal com agentes antimicrobianos/dissolventes de tecidos e medicações intracanaís^{3,4}.

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos na endodontia, há muitos casos que resultam em falha devido a fatores microbianos, em que a persistência de infecções endodônticas é dependente da capacidade de adaptação dos microrganismos às mudanças ambientais. Muitos mecanismos diferentes são utilizados por bactérias, tais como: formação de biofilmes, modificações fisiológicas, troca de material genético e criação de subpopulações de células⁵.

A terapia fotodinâmica (PDT) consiste em três elementos: fotossensibilizador, luz e oxigênio. O fotossensibilizador tem a propriedade de acumulação seletiva em tecidos anormais ou infectados sem causar qualquer dano às células saudáveis. Esse método terapêutico inovador já foi adaptado com sucesso em muitos campos da medicina, como

<http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v22i2.7397>

* Departamento de Pós-Graduação em Endodontia do Instituto Latosensu, Teresina, PI, Brasil.

** Departamento de Odontologia da Faculdade Integral Diferencial, DeVry Facid, Brasil.

*** Departamento de Pós-Graduação em Endodontia do Instituto Latosensu, Teresina, PI, Brasil.

dermatologia, ginecologia, urologia e oncologia. A odontologia também está começando a incorporar a fotodesinfecção no tratamento da cavidade oral. As propriedades antibacterianas e fungicidas do fotosensibilizador têm sido utilizadas para obter melhores resultados no tratamento do canal radicular, na terapia periodontal e na erradicação da candidíase em prótese⁶⁻¹⁵.

Atualmente, o uso de PDT na terapia endodôntica foi testado em termos de redução da carga bacteriana^{1,16-20}. Entretanto, a eficácia da PDT na eliminação de *Enterococcus faecalis* dos canais radiculares infectados permanece questionável²¹. Assim, o presente trabalho se dedicou a revisar a literatura atualmente disponível sobre as evidências científicas acerca da terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*.

Materiais e método

Identificação e seleção de estudos relevantes

Para o propósito deste estudo, uma pesquisa bibliográfica exploratória foi realizada utilizando a base de dados eletrônica Public Medline (PubMed). Realizou-se a pesquisa empregando os termos de busca “*photochemotherapy*” (MeSH Terms) ou “*photochemotherapy*” (All Fields) ou “*photodynamic*” (All Fields) e “*therapy*” (All Fields) ou “*photodynamic therapy*” (All Fields) e “*endodontics*” (MeSH Terms) ou “*endodontics*” (All Fields).

Foram incluídos artigos de pesquisas originais e ensaios clínicos publicados em português, espanhol e inglês. Não foram aplicados limites à data de publicação. Os estudos da busca inicial foram identificados, e, subsequentemente, títulos e resumos foram selecionados de acordo com a relevância, considerando os critérios de inclusão. Os demais estudos foram obtidos em texto completo e foram selecionados com os mesmos critérios, sendo os elegíveis incluídos nesta revisão. Foram excluídos manuscritos em outros idiomas, não disponíveis em texto completo e publicações não relevantes ou condiscentes com a temática proposta.

Resultados

Para esta revisão, a pesquisa inicial resultou em um total de 96 títulos encontrados na busca eletrônica nas bases de dados PubMed. Foram excluídos 74 estudos, após a leitura de seus títulos e resumos, e 22 manuscritos foram avaliados quanto à elegibilidade e considerados para o propósito desta revisão de literatura sobre terapia fotodinâmica em canais infectados com *E. faecalis*. Os resultados do estudo (n=22) são apresentados na Tabela 1.

Características dos estudos

Foram identificados 22 estudos que abordam, em algum aspecto, a ação antimicrobiana da terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*. Em uma análise cronológica, segundo nossos resultados, os estudos foram publicados em um período de 10 anos (2007-2017), com intervalos esporádicos: 2007 (n=1), 2008 (n=1), 2010 (n=1), 2011 (n=1), 2012 (n=3), 2013 (n=2), 2014 (n=4), 2015 (n=2), 2016 (n=3) e 2017 (n=3).

Terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*

A Tabela 1 apresenta, em ordem cronológica, os principais achados dos 22 artigos selecionados, que abordaram a ação da terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*, e incluiu os seguintes parâmetros: autor, ano de publicação, tipo de estudo, objetivo, desenho de estudo, dados e resultados relevantes e conclusões e/ou considerações finais de estudo.

Tabela 1 – Resultados da revisão de literatura dispostos em ordem cronológica

Autor/Ano	Objetivo	Desenho de Estudo	Resultados	Conclusões/ Considerações Finais
Foschi et al., 2007 ¹⁹	Investigar os efeitos fotodinâmicos do MB em espécies de EF em CN experimentalmente infectados.	64 amostras de canais radiculares foram preparadas e inoculadas com EF (ATCC 29212). Três dias mais tarde, a infecção dos CN foi confirmada por MEV. Os sistemas de CN foram então incubados com 6,25 mg / ml de AM durante 5 minutos seguido de exposição à luz a 665 nm (60 J / cm ²) que foi distribuída a partir de um laser de diodo através de uma fibra óptica com um diâmetro de 500 mm. Após a PDT, o conteúdo do canal foi amostrado por lavagem dos canais radiculares, diluído em série e cultivado em ágar sangue. As frações de sobrevivência foram calculadas contando unidades formadoras de colônias. Utilizou-se CLAR para determinar o teor de porfirinas de EF.	A análise por MEV confirmou a presença de bactérias no sistema radicular. PDT obteve redução de 77,5% na viabilidade de EF. O MB isolado e a luz reduziram a viabilidade bacteriana em 19,5% e 40,5%, respectivamente. A HPLC não revelou quaisquer padrões de porfirina expressos por E. faecalis.	Os resultados deste estudo suportam a necessidade de determinar a concentração ótima de MB e parâmetros de luz para maximizar a morte bacteriana em canais radiculares.
Fonseca et al., 2008 ³⁰	Investigar os efeitos da PDT em patógenos endodônticos, avaliando a diminuição do número de colônias de EF em canais de dentes humanos extraídos.	46 tiveram seus canais contaminados com bactérias e foram incubados por 48 h a 35 ° C. Depois disso, os dentes foram divididos em um grupo de controle (CG) e um grupo de teste (TG). Os 23 dentes CG não sofreram qualquer intervenção, enquanto que no TG os dentes receberam uma solução de 0,0125% de azul de toluidina durante 5 minutos seguido de irradiação utilizando um laser de diodo de 50 mW (Ga-Al-As) a um comprimento de onda de 660 nm. As amostras bacterianas foram colhidas antes e após a irradiação. Em cada uma das amostras, foi contado o número de unidades formadoras de colônias (CFU).	A média calculada para o grupo de teste foi de 840.000 CFU nas amostras pré-PDT e 700 CFU nas amostras pós-PDT. Isto significa uma redução de 99,9% após o uso da TFD. Além disso, a média calculada para o grupo controle foi de 1.800.000 CFU na primeira coleta e 1.950.000 CFU na segunda coleta, mostrando um aumento de 2,6%. Treze das 23 amostras aumentaram seus valores de CFU.	A terapia fotodinâmica é viável como agente bactericida em um modelo dentário contaminado com Enterococcus faecalis, mas não erradicou totalmente as bactérias contaminantes.
Souza et al., 2010 ³¹	Investigar os efeitos antibacterianos da PDT com azul de metileno (MB) ou azul de toluidina (TB) (ambos a 15 mg / mL) como complemento à instrumentação / irradiação de canais radiculares experimentalmente contaminados com Enterococcus faecalis.	70 extraídos tiveram seus CN contaminados com uma cepa endodôntica de EF por 7 dias, instrumentados com instrumentos de níquel-titânio e irrigados com NaOCl a 2,5% ou com NaCl a 0,85%, distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais: MB / NaOCl (PDT com MB e NaOCl como irrigante), TB / NaOCl (PDT com TB e NaOCl como irrigante), MB / NaCl (PDT com MB e NaCl como irrigante) e TB / NaCl (PDT com TB e NaCl como irrigante). Para PDT, o fotossensibilizador permaneceu no canal durante 2 minutos antes de ser exposto à luz vermelha emitida por um laser de diodo e seguindo o procedimento de PDT específico para cada grupo, colocadas em placas de ágar Mitis-salivarius e as unidades formadoras de colônias contadas.	Independentemente do irrigante utilizado (NaOCl ou NaCl), a instrumentação reduziu significativamente a contagem bacteriana em comparação com a baseline (p < 0,001). NaOCl como irrigante foi significativamente mais eficaz que o NaCl, e essa diferença persistiu após a PDT, independentemente do fotossensibilizador utilizado (p < 0,05). PDT com MB ou TB não melhorou significativamente a desinfecção após a preparação quimomecânica usando NaOCl como irrigante (p > 0,05). Não foram observadas diferenças significativas entre os dois fotossensibilizadores (p > 0,05).	Procedimentos de instrumentação / irradiação reduzem significativamente as populações bacterianas no canal. A preparação quimomecânica (instrumentos mais NaOCl) foi confirmada como sendo mais eficaz do que a preparação mecânica (instrumentação mais NaCl). Embora o uso adicional de PDT promoveu alguma redução nas populações intracanais de uma cepa endodôntica de E. faecalis, após instrumentação / irradiação, os efeitos não alcançaram significância estatística. É importante reforçar o conceito de que o protocolo PDT ainda precisa ser refinado antes da aplicação clínica com resultados previsíveis.
Nagayoshi et al., 2011 ³²	Investigar os efeitos antimicrobianos da irradiação com laser de diodo em patógenos endodônticos em lesões periapicais utilizando um modelo de lesão apical in vitro.	Enterococcus faecalis em ágar semi-sólido a 0,5% com fotossensibilizador foi injetado na área de lesão apical do modelo de lesão apical in vitro. Os efeitos diretos da irradiação com um laser de diodo, bem como o calor produzido por irradiação na viabilidade de microorganismos nas lesões foram analisados.	A viabilidade de E. faecalis foi significativamente reduzida pela combinação de fotossensibilizador e irradiação laser. A temperatura causada pela irradiação aumentou, no entanto, não houve efeitos citotóxicos do calor sobre a viabilidade de E. faecalis	A utilização de um laser de diodo em combinação com um fotossensibilizador pode ser útil para o tratamento clínico de lesões periapicais.

<p>Yao et al., 2012³³</p>	<p>Investigar a eficácia da desinfecção fotoativada (PAD) na morte de <i>Enterococcus faecalis</i> (EF) em solução planctônica e em um modelo de dente infectado.</p>	<p>135 tubos de ensaio de amostras EF com concentração de 1014 unidades formadoras de colônias (CFU) / mL e fotossensibilizador foram preparados. Dezesseis grupos foram montados e submetidos a laser de diodo e receberam uma dose de energia de radiação compreendida entre 0,5 e 5,5 J. O efeito bactericida foi medido pela CFU média de EF viável após irradiação. Foram selecionados sessenta dentes com raiz única e contaminados com EF, e depois foram tratados com PAD; Para a desinfecção dos canais radiculares foram utilizados 5,25% de irradiação com NaOCl e solução salina. As amostras microbianas foram colhidas antes e após a desinfecção, e após 72 h de recuperação, e depois a UFC foi contada.</p>	<p>O efeito bactericida aumentou linearmente com a dose de energia de irradiação em solução planctônica. Para a mesma dose de energia de irradiação, o efeito bactericida foi maior no grupo recebendo 100mW do que naquele recebendo 50mW e exposto ao tempo de irradiação dupla (p <0,05). Nenhuma bactéria foi detectada após a irradiação no grupo NaOCl no modelo de canal radicular, mas a recuperação de bactérias após 72 h foi detectada em 11 amostras. As bactérias foram detectadas em todos os outros grupos ea PAD foi significativamente mais eficaz do que a solução salina na redução do número de células bacterianas dentro dos canais radiculares (p <0,05)</p>	<p>O PAD mostrou ter efeito bactericida na EF, eo efeito bactericida aumentou linearmente com a dose de energia de irradiação e foi superior usando maior potência de saída. O PAD pode diminuir a EF nos canais radiculares efetivamente, mas não foi mais efetivo do que 5,25% de NaOCl e o PAD é mais efetivo na solução planctônica do que nos canais radiculares.</p>
<p>Bago et al., 2013³⁴</p>	<p>Avaliar o efeito antimicrobiano de uma irradiação com laser de diodo, desinfecção fotoativada (PAD), irradiação convencional e sônica ativada com hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) em <i>Enterococcus faecalis</i>.</p>	<p>CN de 120 dentes humanos extraídos foram preparados com ProTaper contaminados com uma suspensão de E. faecalis e incubados por 7 dias. Foram então distribuídos aleatoriamente em seis grupos: G1, irradiação com laser de diodo (2 W, 3 20 s); G2, PAD (100 mW, 60 s); G3, PAD com 3D Endoprobe (100 mW, 60 s); G4, irradiação com seringa de calibre 30 com NaOCl (60 s); G5, agitação ultrassônica de NaOCl com o sistema EndoActivator (60 s); G6, seringa de calibre 30 com NaCl (60 s). O padrão de colonização foi visualizado por MEV. O número de bactérias em cada canal foi determinado pela contagem de placas. A presença ea ausência de EF nos CN também foram analisadas por PCR.</p>	<p>Houve uma redução significativa na população bacteriana após todos os tratamentos (P <0,001). O PAD, utilizando ambos os sistemas de laser, ea irradiação com NaOCl ativada por ultrassom foram significativamente mais eficazes que a irradiação com diodo e a única irradiação com NaOCl na redução de CFUs (P <0,05). O laser de diodo de alta potência e a única irradiação com NaOCl tiveram um efeito antibacteriano igual (P > 0,05).</p>	<p>O sistema PAD e EndoActivator foram mais bem sucedidos na redução da infecção do canal radicular do que o diodo laser e irradiação com seringa de NaOCl sozinho.</p>
<p>Komine et al., 2013³⁵</p>	<p>Esclarecer a relação entre a quantidade de oxigênio singlete (IO2) gerada a partir do azul de metileno excitado (MB) e os efeitos bactericidas sobre <i>Enterococcus faecalis</i>.</p>	<p>Foi utilizado laser de diodo como fonte de irradiação laser (λ = 660 nm, 200 mW). Os períodos de irradiação com laser foram 300, 600 e 900 segundos. No experimento 1, a quantidade de IO2 gerada a partir de cada concentração (0,0001% -1,0% de MB excitado) foi examinada usando ressonância de spin de elétrons para determinar a concentração ótima de MB. No experimento 2, foram examinados os efeitos bactericidas de IO2 sobre E. faecalis. Os grupos experimentais foram com irradiação laser, L (+); Sem irradiação laser, L (-); Incluindo MB, M (+); E não incluindo MB, M (-). Estes foram combinados para formar 4 grupos: L (+)M (+), L (+)M (-), L (-)M (+) e L (-)M (-). Após o tratamento, E. faecalis foi incubado durante 48 horas a 37 ° C e os efeitos bactericidas de IO2 em E. faecalis foram determinados com base no número de unidades formadoras de colônias por mililitro.</p>	<p>A maior quantidade de IO2 foi gerada a partir de 0,01% de MB excitado. Após 300, 600 e 900 segundos de irradiação, 35,2, 87,2 e 117,1 mmol / L de O2 foram detectados, respectivamente. No grupo L (+) M (+), as unidades formadoras de colônias por mililitro de E. faecalis diminuíram dramaticamente dependendo da quantidade de IO2 gerada. Nenhum outro grupo mostrou qualquer efeito bactericida</p>	<p>,001% -0,01% de MB é o intervalo mais efetivo para gerar IO2 durante a aplicação da terapia fotodinâmica antimicrobiana. Foi necessário pelo menos 35,2 mmol / L de IO2 para se obter a esterilização de E. Faecalis.</p>
<p>Miranda et al., 2013³⁶</p>	<p>Avaliar a eficácia ex vivo do sistema EndoVac® e do tratamento fotodinâmico (PDT) como adjuvantes ao desbridamento químico-mecânico associado ao hidróxido de cálcio (CaOH2) na redução dos níveis de <i>Enterococcus faecalis</i> intracanal.</p>	<p>125 dentes pré-molares estéreis foram convencionalmente acessados, preparados e depois contaminados com E. faecalis (ATCC 29212) durante 30 dias. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos: Controle (desbridamento quimomecânico com irradiação convencional); Endovac (desbridamento quimomecânico com sistema EndoVac®); PDT (desbridamento quimomecânico com irradiação convencional e PDT) e Endovac + PDT (desbridamento quimomecânico com EndoVac® e PDT). Os irrigantes utilizados em todos os grupos foram 5,25% de hipoclorito de sódio e 17% de EDTA. Após o tratamento, aplicou-se um curativo intracanal (CaOH2) em todos os canais durante 7 dias. As amostras foram obtidas antes de (T1) e após os procedimentos terapêuticos (T2) e, após medicação intracanal (T3), colocadas em meio BHI e incubadas (37 ° C, 48 h) para determinar as unidades formadoras de colônia (CFU mL)</p>	<p>As contagens médias de células médias (UFC mL⁻¹) de E. faecalis foram elevadas na contaminação inicial (T1). Observou-se uma redução significativa (P <0,05) da média de contagens de E. faecalis em todos os grupos desde o início (T1) até ambos os amostragens pós-terapia (T2 e T3); Não foram detectadas diferenças entre os grupos. Não foi detectada alteração significativa nas contagens bacterianas de T2 para T3.</p>	<p>O uso adjuvante do sistema EndoVac® e o tratamento fotodinâmico, em combinação ou não, foi tão eficaz quanto o desbridamento quimomecânico convencional associado a CaOH2 na redução das contagens de E. faecalis intracanal.</p>
<p>Pileggi et al., 2013³⁷</p>	<p>Explorar a possibilidade de que os fotossensibilizadores ativados com luz azul pudessem ser utilizados, em princípio, para inativar este microbio como uma estratégia de desinfecção adjuvante para a terapia endodôntica</p>	<p>Três fotossensibilizadores absorventes de luz azul, eosina-Y, bengala rosa e curcumina, foram testados em E. faecalis cultivado em suspensões planctônicas ou biofilmes. Os fotossensibilizadores foram incubados durante 30 min com bactérias e depois expostos a luz azul (450-500 nm) durante 240 s. Utilizou-se hipoclorito de sódio (3%) como controle. Após 48 h, a viabilidade de E. faecalis foi estimada pela medição de unidades de formação de colônia pós-exposição vs. controles não tratados (UFC / mL)</p>	<p>A irradiação de luz azul isoladamente não alterou a viabilidade de E. faecalis. Para as culturas planctônicas, a eosina-Y ativada com luz azul (5 µM), bengala rosa (1 µM) ou curcumina (5 µM) significativamente (p <0,05) reduziram a viabilidade de E. faecalis em comparação com a exposição aos fototóxicos não irradiados. Para as culturas de biofilme, as concentrações de eosina-Y ativada pela luz, rosa de bengala e curcumina de 100, 10 e 10 µM, respectivamente, suprimiram completamente a viabilidade de E. faecalis (p <0,05).</p>	<p>Embora os resultados atuais estejam limitados a um modelo in vitro, eles suportam a exploração adicional de antimicrobianos ativados com luz azul como terapia adjuvante em tratamento endodôntico.</p>

cont.

<p>Frota et al., 2014³⁸</p>	<p>Avaliar o efeito da terapia fotodinâmica (PDT) sobre os canais radiculares contaminados com <i>Enterococcus faecalis</i> utilizando uma luz de diodo emissor de luz (LED) e uma solução de curcumina (CUR) como fotossensibilizador (PS)</p>	<p>Obtenta canais radiculares de dentes humanos uniradiculares foram preparados com sistema relativo ProTaper Universal e contaminados com <i>E. faecalis</i> por 21 dias. Eles foram divididos como: G1a-PDT (CUR, pré-irradiação por 5 + 5 min de irradiação); G1b-PDT (CUR, pré-irradiação por 5 + 10 min de irradiação); G1a- (CUR, pré-irradiação durante 5 + 5 min sem irradiação); G1b- (pré-irradiação CUR por 5 + 10 min de irradiação); e G1la- (solução fisiológica e irradiação durante 5 min); e G1lb- (solução fisiológica e irradiação durante 10 min); Positivos e negativos. Coleções de canais radiculares foram feitas em intervalos de tempo de 21 dias após a contaminação, imediatamente após o tratamento, e 7 dias após o tratamento, e submetidos a unidades formadoras de colônias por milímetro (UFC mL⁻¹). Os dados foram submetidos a testes de comparação múltipla ANOVA e Tukey, com nível de significância de 5%.</p>	<p>Na coleta imediata pós-tratamento, o grupo G1a apresentou maior redução bacteriana em comparação com G1la, G1lb e controle positivo (P < 0,05). Aos 7 dias pós-tratamento, G1a mostrou redução bacteriana significativa apenas em comparação com G1la (P < 0,05). Curcumina como sensibilizador foi eficaz por 5 min LED irradiação, mas não por 10 min irradiação PDT usando luz LED, e curcumina como PS. Não é eficaz na eliminação de <i>E. faecalis</i>. Não houve diferença nos períodos de irradiação.</p>	<p>A terapia fotodinâmica reduziu a viabilidade bacteriana usando curcumina como sensibilizador e irradiação com LED de 5 min, mas não após 10 min de irradiação. Sob as condições experimentais testadas, não eliminou significativamente a contaminação bacteriana por <i>E. faecalis</i>.</p>
<p>Chinzelli et al., 2014³⁹</p>	<p>Avaliar, in vitro, a influência da ativação ultra-sônica na terapia fotodinâmica sobre o sistema de canal radicular infectado com <i>Enterococcus faecalis</i>.</p>	<p>Os canais radiculares de 50 dentes extraídos humanos com raiz única foram ampliados para um arquivo 60, autoclavados, inoculados com <i>Enterococcus faecalis</i> e incubados por 30 dias. As amostras foram divididas em cinco grupos (n = 10) de acordo com o protocolo de descontaminação: G1 (grupo controle) - nenhum procedimento foi realizado; G2 - fotossensibilizador (azul de metileno a 0,01%), G3 - ativação ultra-sônica do fotossensibilizador (azul de metileno a 0,01%); G4 - Terapia fotodinâmica sem ativação ultra-sônica; e G5 - terapia fotodinâmica com ativação ultra-sônica. Foram realizados testes microbiológicos (UFC) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliar e ilustrar, respectivamente, a efetividade dos tratamentos propostos. Os dados foram submetidos à ANOVA unidireccional seguida pelo teste post hoc de Tukey (α = 0,05).</p>	<p>O teste microbiológico demonstrou que a G5 (terapia fotodinâmica com ativação ultra-sônica) apresentou a menor contaminação média (3,17 log UFC / mL), estatisticamente diferente de todos os demais grupos (p < 0,05). O G4 (terapia fotodinâmica) apresentou uma média de contagem de 3,60 log UFC / mL, estatisticamente diferente dos grupos 1, 2 e 3 (p < 0,05).</p>	<p>O uso de ativação ultra-sônica na terapia fotodinâmica melhorou seu potencial de descontaminação, resultando na maior eliminação de <i>Enterococcus faecalis</i> do espaço de raiz</p>
<p>Silva et al., 2014⁴⁰</p>	<p>Avaliar os efeitos da TFD na viabilidade de <i>Enterococcus faecalis</i> utilizando o azul de metileno (MB) eo verde de malaquite (MG) como fotossensibilizadores</p>	<p>As soluções contendo <i>E. faecalis</i> (ATCC 29212) foram preparadas e colhidas por centrifugação para se obter suspensões celulares, que foram misturadas com MB e MG. As amostras foram irradiadas individualmente pelo laser de diodo a uma distância de 1 mm durante 30, 60 ou 120 segundos. As unidades de formação de colônias (CFU) foram determinadas para cada tratamento.</p>	<p>PDT por 60 e 120 segundos com MG reduziu significativamente a viabilidade de <i>E. faecalis</i>. Resultados semelhantes foram obtidos quando o MB foi usado como fotossensibilizador</p>	<p>PDT usando MB e MG têm efeito antibacteriano contra <i>E. faecalis</i>, mostrando potencial para ser usado como um procedimento antimicrobiano adjuvante em terapia endodôntica.</p>
<p>Tennert et al., 2014⁴¹</p>	<p>Determinar o efeito antibacteriano da terapia fotodinâmica sobre os biofilmes de <i>Enterococcus faecalis</i> (E. faecalis) nos canais radiculares humanos experimentalmente infectados em infecções primárias e retratamentos endodônticos</p>	<p>Cento e sessenta dentes extraídos com raiz única com um canal radicular foram preparados utilizando instrumentos ProTaper. Setenta espécimes foram deixados sem enchimento do canal radicular e autoclavados. Os canais radiculares de outros 70 espécimes foram preenchidos com Thermafil e AH Plus e os recheios do canal radicular foram removidos após 24 horas usando arquivos ProTaper D e esterilizados por plasma. Os espécimes foram infectados com um isolado clínico de <i>E. faecalis</i> durante 72 horas. As amostras foram colhidas com pontos de papel estéril para determinar a presença de <i>E. faecalis</i> nos canais radiculares. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em grupos de acordo com o seu tratamento com 20 dentes cada e um controle. No grupo PDT os dentes foram tratados utilizando PDT, consistindo do fotossensibilizador azul de toluidina e da fonte de luz PDT a 635 nm. No grupo NaOCl (hipoclorito de sódio), os canais radiculares foram lavados com 10 mL de NaOCl a 3%. No grupo NaOCl-PDT os canais radiculares foram enxaguados com 10 mL de hipoclorito de sódio a 3% e depois tratados com PDT. As amostras foram colhidas após tratamentos utilizando pontos de papel estéril. Adicionalmente, o material de enchimento do canal radicular restante foi recuperado das paredes do canal radicular. As fracções de sobrevivência das amostras foram calculadas por contagem de unidades formadoras de colônias. Foi aplicada uma análise de variância unidireccional (ANOVA) aos dados para avaliar o efeito de diferentes técnicas de tratamento</p>	<p>O tratamento antimicrobiano dos canais radiculares causou uma redução significativa da carga bacteriana em todos os grupos. A irradiação com NaOCl eliminou mais eficazmente <i>E. faecalis</i>. O PDT sozinho foi menos eficaz em comparação com a irradiação com NaOCl e a combinação de irradiação com NaOCl e PDT. Os níveis de CFU recuperados do material de enchimento após a irradiação com NaOCl dos canais radiculares foram 10 vezes superiores em comparação com a PDT e a combinação de irradiação com NaOCl e PDT</p>	<p>A terapia fotodinâmica causou morte de <i>E. faecalis</i> em infecções endodônticas primárias experimentais e retratou os canais radiculares humanos. PDT é um suplemento eficaz na desinfecção do canal radicular, especialmente em retratamentos endodônticos.</p>

<p>Marinic et al., 2015⁴²</p>	<p>Avaliaram a capacidade da eosina Y exposta a 3 protocolos de irradiação na inativação de biofilmes de E. faecalis, in vitro</p>	<p>Os biofilmes de E. faecalis formados em discos de hidroxipatita foram incubados com Eosina Y (10-80 µM), depois activada com luz azul utilizando diferentes protocolos de irradiação. Os biofilmes expostos a exposição contínua foram incubados durante 40 min antes de serem activados por luz durante 960 s. Para a exposição intermitente, biofilmes foram expostos 4 vezes à luz / photosensitizer combinação (960 s total) sem renovar o photosensitizer. Para a-PDT repetida, a mesma dose de luz foi administrada numa série de 4 períodos de irradiação separados por períodos de obscuridade; Foi adicionado um fotossensibilizador fresco entre cada irradiação de luz. Após o tratamento, as bactérias foram imediatamente marcadas com kit de Viabilidade Bacteriana BacLight LIVE / DEAD e a viabilidade foi avaliada por citometria de fluxo (FCM). Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando ANOVA unidireccional e intervalos de comparação múltiplos de Tukey ($\alpha = 0,05$).</p>	<p>A viabilidade dos biofilmes de E. faecalis expostos a 10 µM de eosina Y, foi significativamente reduzida em comparação com os controlos (apenas luz-eosina Y apenas). Após uma segunda exposição à eosina Y activada pela luz azul, a viabilidade diminuiu significativamente de 58% para 12% enquanto que 6,5% do biofilme bacteriano permaneceu vivo após uma terceira exposição ($p < 0,05$). Apenas 3,5% da população bacteriana sobreviveram após a quarta exposição.</p>	<p>Os resultados deste estudo indicam que a luz azul activada por eosina Y pode fotoinativar E. faecalis biofilmes cultivados em discos de hidroxipatita. Além disso, exposições repetidas à luz azul activada por eosina Y foram mostrados para melhorar significativamente a eficácia. Outros estudos parecem justificados para otimizar a atividade antibacteriana da luz azul activada por eosina Y em patógenos orais maiores.</p>
<p>Tennert et al., 2015⁴³</p>	<p>Avaliar o efeito da terapia fotodinâmica (PDT) sobre os biofilmes de Enterococcus faecalis em canais radiculares artificialmente infectados usando fotossensibilizadores modificados e ativação ultra-sônica passiva</p>	<p>Utilizaram-se duzentos e setenta dentes humanos extraídos com um canal radicular, utilizando-se arquivos ProTaper, autoclavados, infectados com E. faecalis T9 por 72 h e divididos em diferentes grupos: irrigação com hipoclorito de sódio 3% (NaOCl), ácido etilendiaminotetraacético a 20% (O) Ou 20% de ácido cítrico, PDT sem irrigação, PDT acompanhada de irrigação com NaOCl, EDTA ou ácido cítrico, PDT usando um fotossensibilizador baseado em EDTA ou um fotossensibilizador à base de ácido cítrico e PDT com ativação ultra-sônica do fotossensibilizador. Um azul de toluidina a 1,5 mg/ml serviu como fotossensibilizador, activado por uma fonte de luz LED de 100 mW. Foram utilizados pontos de papel estéril para amostragem dos canais radiculares e foram coletadas microplacas de dentina para avaliar a contaminação remanescente após o tratamento. As amostras foram cultivadas em placas de agar de sangue e as unidades formadoras de colónias foram quantificadas.</p>	<p>A PDT sozinha conseguiu uma redução nas contagens de E. faecalis em 92,7%, irrigação com NaOCl sozinha e combinação com PDT em 99,9%. Os efeitos antibacterianos aumentaram pela combinação de irrigação usando EDTA ou ácido cítrico e PDT em comparação com irrigação sozinha. Mais de 99% de E. faecalis foram mortos usando PDT com os fotossensibilizadores modificados e ativação ultra-sônica.</p>	<p>A desinfeção baseada em NaOCl atingiu o maior efeito antimicrobiano. A utilização de PDT com um fotossensibilizador baseado em EDTA ou ácido cítrico ou a activação do fotossensibilizador com ultra-som resultou numa redução significativamente maior nas contagens de E. faecalis em comparação com a PDT convencional.</p>
<p>Alkhami et al., 2016⁴⁴</p>	<p>Foi comparar a eficácia das nanopartículas de prata (AgNPs), um laser de diodo de 810 nm (DL), terapia fotodinâmica convencional (PDT) com o uso de fotossensibilizador verde de indocyanina (ICC) e PDT modificada com o uso de AgNPs para a desinfeção De canais radiculares inoculados com Enterococcus faecalis</p>	<p>Os canais radiculares de 65 dentes humanos extraídos foram preparados e E. faecalis foi incubado nos canais radiculares por 4 semanas. Os dentes foram então divididos aleatoriamente nos seguintes 4 grupos experimentais: o grupo DL: irradiação com 810 nm de DL (1 W, 4 vezes por 10 segundos), o grupo AN: 5 minutos de irrigação com 5 mL de AgNPs (100 ppm) O grupo ICG / DL: PDT convencional com ICG (1 mg / mL) / DL de 810 nm (200 mW, 30 segundos) e o grupo AN / ICG / DL: PDT modificada com AgNPs / ICG / 810 nm DL 200 mW, 30 segundos). Houve também um grupo controle, que consistiu de 5 minutos de irrigação com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% (n = 9). As amostras foram obtidas a partir de microplacas de dentina antes e após as intervenções. Uma redução na contagem de colónias foi avaliada por contagem das unidades formadoras de colónias</p>	<p>Foram observadas reduções significativas nas contagens de colónias de E. faecalis em todos os grupos ($P < 0,05$). A maior redução na contagem de colónias (99,12%) foi observada no grupo AN / ICG / DL (laser de diodo AgNPs / ICG / 810 nm); Entretanto, as diferenças entre os grupos AN / ICG / DL e DL (97,41%), AN (94,42%) e controle (94,61%) não foram significativas ($P > 0,05$).</p>	<p>PDT com ICG, um laser de diodo de 810 nm e AgNPs tem potencial para ser usado como adjuvante para a desinfeção do sistema de canais radiculares.</p>
<p>Asnaashari et al., 2016⁴⁵</p>	<p>Investigar os efeitos antibacterianos de dois métodos de terapia fotodinâmica usando uma lâmpada de diodo emissor de luz (lâmpada LED, 630 nm) e um laser de diodo (810 nm) em biofilmes de E. faecalis em dentes humanos extraídos anteriormente.</p>	<p>Cinquenta e seis dentes extraídos com raiz única foram utilizados neste estudo. Após limpeza rotineira do canal radicular, modelagem e esterilização, os dentes foram incubados com E. faecalis por um período de duas semanas. Os dentes foram então divididos em dois grupos experimentais (nu = 23) e dois grupos de controle (nu = 5). Os dentes em um grupo experimental foram expostos a um laser de diodo (810 nm), e no outro grupo as amostras foram expostas a uma lâmpada LED (630 nm). A amostragem bacteriana intracanal foi realizada e a taxa de sobrevivência bacteriana foi então avaliada para cada grupo</p>	<p>A unidade formadora de colónias (CFU) no grupo de LEDs (log10 CFUs = $4,88 \pm 0,82$) foi significativamente menor do que o grupo de laser (log UFC = $5,49 \pm 0,71$) (valor de $p = 0,02$). Os CFUs no grupo de controle positivo (Log10 CFU = $10,96 \pm 0,44$) foram significativamente mais elevados do que o grupo de tratamento ($p < 0,001$). Nenhuma colónia bacteriana foi encontrada no grupo controle negativo.</p>	<p>A terapia fotodinâmica poderia ser um suplemento eficaz na desinfeção do canal radicular. PDT usando a lâmpada de diodo emissor de luz era mais eficaz do que o diodo laser 810 nanómetro em CFUs de redução de E. faecalis nos dentes humanos.</p>

<p>Pourhajibagher et al., 2016⁴⁶</p>	<p>Caracterizam o efeito da sPDT usando azul de toluidina O (TBO), azul de metileno (MB) e verde de indocyanina (ICG) na capacidade de formação de biofilme e atividade metabólica de <i>Enterococcus faecalis</i></p>	<p>O potencial antimetabólico e antibiótico de ICG-, TBO-, e MB-sPDT contra <i>E. faecalis</i> foi analisado a doses sub-letais (concentração inibitória mínima 1 / 2-1 / 64) utilizando o ensaio de redução de XTT, o ensaio de cristal violeta e Microscopia eletrônica de varredura.</p>	<p>Doses mais elevadas de sPDT afetaram negativamente a capacidade de formação de biofilme e atividade metabólica. O ICG-, TBO- e MB-sPDT com uma dose sub-letal máxima reduziu acentuadamente a formação de biofilme até 42,8%, 22,6% e 19,5%, respectivamente. ICG-, TBO- e MB-sPDT mostraram uma redução acentuada na atividade metabólica bacteriana em 98%, 94% e 82%, respectivamente. A ICG-sPDT mostrou um efeito inibidor mais forte na formação de biofilmes em <i>E. faecalis</i> do que na TDP-MB e TBO em níveis sub-letais. Curiosamente, observou-se um aumento gradual na atividade metabólica e na formação de biofilmes após a exposição a uma dose mais baixa de sPDT de teste</p>	<p>A sPDT mostrou efeito duplo na capacidade de formação de biofilme e na atividade metabólica de <i>E. faecalis</i>. Doses elevadas revelaram actividade antimetabólica e de biofilme, enquanto que doses mais baixas apresentaram resultados conflitantes. Assim, quando a PDT é prescrita em situações clínicas, a dose de PDT utilizada <i>in vivo</i> deve ser tomada em consideração.</p>
<p>Samiei et al., 2016⁴⁷</p>	<p>Comparou a eficácia do laser de baixa potência ativado pela luz, 2% de clorhexidina (CHX) e 2,5% de NaOCl na eliminação de <i>Enterococcus faecalis</i> (<i>E. faecalis</i>) do sistema radicular.</p>	<p>Os canais radiculares de 60 incisivos centrais superiores foram contaminados com <i>E. faecalis</i> e, em seguida, as bactérias foram incubadas por 24 h. Todos os canais radiculares foram instrumentados de modo corado com brocas # 4 e 3 de Gates-Glidden, seguidas de arquivos rotativos RaCe (40 / 0, 10, 35 / 0,08 e 30 / 0,06). As amostras foram distribuídas aleatoriamente em três grupos experimentais e um grupo controle (n = 15). No grupo de controle não foi feita qualquer intervenção. No grupo de desinfecção foto-ativada (PAD), a laserterapia foi realizada com feixes de laser de diodo (com potência de saída de 100 mW / cm²) por 120 s. Para os outros dois grupos experimentais, os canais radiculares foram irrigados com 5 mL de CHX a 2% ou soluções de NaOCl a 2,5%, respectivamente. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar os valores de UFC das bactérias e o teste de Bonferroni pós-hoc foi utilizado para comparações por pares. O nível de significância foi estabelecido em 0,05</p>	<p>A inibição do crescimento bacteriano em todos os grupos experimentais foi significativamente superior ao grupo controle (P < 0,05). Não houve diferença significativa entre o efeito da PAD e 2% CHX (P = 0,05). O efeito de NaOCl a 2,5% foi significativamente melhor do que o da técnica PAD (P < 0,001). Adicionalmente, NaOCl a 2,5% era significativamente melhor do que CHX a 2% (P = 0,007).</p>	<p>A terapia fotodinâmica foi eficaz na redução da contagem de <i>E. faecalis</i> em comparação com o grupo controle, mas a solução de NaOCl a 2,5% foi o protocolo mais eficaz.</p>
<p>Beltes et al., 2017⁴⁸</p>	<p>Avaliar, <i>ex vivo</i>, o efeito antimicrobiano da TFD usando o verde de indocyanina (ICG) como fotossensibilizador e um laser de diodo de infravermelho próximo (NIR) em canais radiculares de dentes humanos infectados com <i>Enterococcus faecalis</i></p>	<p>Noventa dentes com raiz única após a preparação quimomecânica e esterilização foram contaminados com uma estirpe de <i>E. faecalis</i>. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em oito grupos experimentais: (1) PDT com ICG e laser (0,5 W de potência de saída - fluência de média energia), (2) PDT com ICG e laser (1 W de potência de saída - fluência de alta energia), (3) apenas emissão de laser, (4) apenas ICG, (5) hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) como irrigante, (6) 2,5% NaOCl e PDT com ICG e laser, (7) sem tratamento (controle positivo), e (8) nenhum crescimento de biofilme bacteriano (controle negativo). Os conteúdos do canal de raiz foram amostrados por lavagem e as lavagens recolhidas foram plaqueadas num meio de cultura apropriado, que foi incubado durante 48 h a 35 ° C ± 2,0. As unidades formadoras de colônias (CFU) foram determinadas para avaliar o efeito bactericida das combinações experimentais testadas.</p>	<p>Os testes microbiológicos revelaram que os grupos PDT, independentemente da potência total, apresentaram níveis significativos de log10 CFU mais baixos do que os grupos 3 e 4 (p < 0,001) e redução semelhante de contagens viáveis com o grupo 5. O tratamento combinado (grupo 6) Redução adequada dos níveis de log10 CFU nas contagens viáveis. No entanto, não foi observada diferença significativa (p > 0,05) entre os grupos 1, 2, 5 e 6 e houve diferença significativa entre os grupos 3, 4 e 5 (p < 0,001).</p>	<p>A PDT mediada por ICG ativada por um laser de diodo NIR proporcionou uma desinfecção aumentada do sistema de canais radiculares, mas o benefício global na eliminação bacteriana total deve ser investigado mais a fundo</p>
<p>Camacho-Alonso et al., 2017⁴⁹</p>	<p>Avaliar a eficácia antibacteriana da terapia fotodinâmica (PDT) e quitosana contra <i>Enterococcus faecalis</i> e avaliar o possível efeito estimulante da quitosana sobre o fotossensibilizador de azul de metileno em canais radiculares experimentalmente infectados de dentes humanos extraídos <i>in vitro</i></p>	<p>Utilizaram-se cem dois dentes extraídos com raiz única. Os dentes foram contaminados com 0,1 mL de <i>E. faecalis</i> (3 × 10⁸ células / mL). Estes foram randomizados em seis grupos de tratamento (n = 17 dentes): Grupo 1 (NaOCl a 2,5%); Grupo 2 (PDT); Grupo 3 (quitosano 3 mg / mL); Grupo 4 (PDT + quitosano 3 mg / mL); Grupo 5 (controle positivo, sem tratamento); E Grupo 6 (controle negativo, sem inoculação, sem tratamento). O conteúdo do canal foi amostrado com pontos de papel estéril. As amostras foram cultivadas em placas de agar sangue para determinar o número de unidades formadoras de colônias (CFU) / mL. Cinco dentes em cada grupo foram analisados por microscopia eletrônica de varredura (SEM) para determinar a porcentagem de área com contaminação e detritos</p>	<p>O grupo controle positivo apresentou o maior número de UFC / mL, com diferenças estatisticamente significativas em relação aos demais grupos de tratamento (p ≤ 0,05). O grupo 4 (PDT + quitosano) apresentou a menor contagem de CFU / mL, seguido do grupo 2 (PDT sozinho), que obteve resultados semelhantes ao grupo 1 (NaOCl), mas não houve significância entre os grupos tratados. As imagens SEM mostraram que o grupo 4 (PDT + quitosano) apresentou a menor área de contaminação.</p>	<p>A combinação de PDT e quitosana mostrou potencial antibacteriano contra a infecção endodôntica por <i>E. faecalis</i></p>
<p>Sebrão et al., 2017⁵⁰</p>	<p>Foi comparar a eficiência de uma técnica de terapia fotodinâmica (PDT) empregando rose bengal (RB) e azul de metileno (MB) como fotossensibilizadores (PS) para reduzir a viabilidade de <i>Enterococcus faecalis</i>, um patógeno bem conhecido encontrado em sistemas radiculares</p>	<p>Neste estudo, o MB foi utilizado a 0,01% (31,2 mol / L) em associação com um laser vermelho (660 nm) como fonte de excitação no grupo MB (MBG). Alternativamente, o mesmo teste foi realizado com RB (25 mol / L) que foi associado com uma fonte de luz verde (532 nm) no grupo RB (RBG). Foi utilizada uma solução salina (0,9%) no grupo de controle. As unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC / mL) foram calculadas após 24 h de incubação a 37 ° C e a análise estatística foi realizada utilizando ANOVA.</p>	<p>Os resultados mostraram uma redução significativa na CFU / mL no grupo RBG (0,12 × 10⁸) em comparação com os grupos controle (2,82 × 10⁸) e MBG (2,66 × 10⁸). Para a concentração e a intensidade do laser utilizadas nas experiências, o grupo MBG repetidamente não mostrou uma redução significativa nas contagens bacterianas em comparação com o controle. Portanto, o melhor resultado com relação à redução de células viáveis de <i>E. faecalis</i> foi obtido com RB como PS.</p>	<p>A PDT pode ser melhorada se RB for utilizado em associação com uma fonte laser de luz verde para a inativação de <i>E. faecalis</i>.</p>

Legenda: MB= Azul de Metileno; EF= *Enterococcus faecalis*; PDT= Terapia Fotodinâmica; MEV= Microscopia Eletrônica de Varredura; HPLC = Cromatografia Líquida de Alta Resolução; CR = Canais radiculares; Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Fonte: Autores

Discussão

A PDT é apresentada como uma promissora terapia antimicrobiana que pode eliminar microrganismos presentes em infecções endodônticas^{15,21}. No entanto, essa terapia apresenta diferentes desafios em relação à sua suscetibilidade a diferentes microrganismos, de acordo com sua fisiologia¹⁵.

Por meio da metodologia empregada, foram identificados 22 estudos que abordaram a utilização da terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis*. Tal bactéria tem sido amplamente empregada como marcador microbiológico para estudos devido a suas capacidades de colonizar com sucesso o canal radicular, invadir túbulos dentinários e resistir a alguns procedimentos de tratamento endodôntico²²⁻²⁴.

A maioria dos fotossensibilizadores utilizados na PDT são significativamente mais eficazes na inativação de bactérias gram-positivas do que de bactérias gram-negativas²⁵. A microflora associada a infecções primárias do canal radicular apresenta tipicamente predomínio de cepas gram-negativas anaeróbicas. As falhas em tratamento endodôntico (infecções secundárias) são geralmente compostas por bactérias gram-positivas²⁶. Uma das bactérias mais comumente associadas a falhas endodônticas é o *Enterococcus faecalis*, bactéria gram-positiva anaeróbica facultativa^{27,28}.

Mediante os resultados desta revisão de literatura^{19,29-50}, representados em sua maioria por estudos laboratoriais *in vitro*, com diferentes parâmetros, tais como dose de energia utilizada, concentração de fotossensibilizador, tempo de pré-irradiação e exposição, a utilização da terapia fotodinâmica em canais infectados com *Enterococcus faecalis* tem sido colocada como uma opção para maximizar a desinfecção do canal radicular, o que lhe confere, até o presente momento, um potencial adjuvante para ser usado para desinfetar o sistema de canais radiculares.

Entretanto, informações clínicas limitadas permanecem sobre a utilização de PDT na desinfecção do canal radicular² e, para que esta seja empregada com eficácia máxima, é importante que sejam realizados estudos adicionais para determinar os parâmetros apropriados para a dose de energia utilizada, a concentração de fotossensibilizador, o tempo de pré-irradiação e a exposição^{2,21}. Há também a necessidade de futuros ensaios clínicos controlados, randomizados, para relatar os resultados do tratamento clínico².

Conclusão

A terapia fotodinâmica, até o presente momento, tem sido sugerida como um potencial adjuvante para maximizar a desinfecção de canais radiculares infectados com *Enterococcus faecalis*.

Há necessidade de estudos adicionais para determinar os parâmetros apropriados para utilização da terapia fotodinâmica em tratamentos endodônticos, bem como de ensaios clínicos randomizados e controlados de forma a verificar *in vivo* estes resultados.

Abstract

Objective: to review the literature currently available on the scientific evidence concerning photodynamic therapy (PDT) for root canals infected with Enterococcus faecalis. Materials and method: an exploratory bibliographic search was performed using the electronic database Public Medline (PubMed), applying the search terms "photodynamic therapy" and "endodontics". Inclusion criteria were original research articles and clinical trials published in Portuguese, Spanish, and English. There were no limits for publication date. Results: the initial search resulted in a total of 96 titles. Seventy-four studies were excluded after the reading of titles and abstracts. The other 22 manuscripts were assessed and considered eligible for the purpose of this literature review. The manuscripts are mostly in vitro laboratory studies. Conclusion: up to the moment, photodynamic therapy has been suggested as a potential adjuvant to maximize the disinfection of root canals infected with Enterococcus faecalis. Further studies are required to determine adequate parameters for using the PDT in endodontic treatments, as well as randomized and controlled clinical trials, to verify these results in vivo.

Keywords: Photochemotherapy. Root canal treatment. Enterococcus faecalis. Endodontics.

Referências

1. Fimple JL, Fontana CR, Foschi F, et al. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *J Endod* 2008;34:728-34.
2. Chrepa V, Kotsakis GA, Pagonis TC, Hargreaves KM. The effect of photodynamic therapy in root canal disinfection: a systematic review. *J Endod* 2014;40(7):891-8.
3. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail (Literature review). *Int Endod J* 2001;34:1-10.
4. Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, et al. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 1998;24:763-7.
5. Chavez de Paz LE. Redefining the persistent infection in root canals: Possible role of biofilm communities. *J Endod* 2007;33:652-62.
6. Dolmans EJGD, Fukumura D, Jain KR: Photodynamic therapy for cancer. *Nat Rev Cancer* 2003;3:380-387.
7. Konopka K, Goslinski T: Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res* 2007;86:694-707.
8. Tromberg BJ, Orenstein A, Kimel S, Barker SJ, Hyatt J, Nelson JS, et al. In vivo tumor oxygen tension measurements for the evaluation of the efficiency of photodynamic therapy. *Photochem Photobiol* 1990;52:75-85.
9. Huang Z: A review of progress in clinical photodynamic therapy. *Technol Cancer Res Treat* 2005;4:283-293.

10. Brancaleone L, Moseley H. Laser and non-laser light sources for photodynamic therapy. *Lasers Med Sci* 2002;17(2002), 173–186.
11. Peloi LS, Soares RSS, Biondo CEG, Souza VR, Hioka N, Kimura E. Photodynamic effect of light-emitting diode light on cell growth inhibition induced by methylene blue. *J Biosci* 2008;33:231–237.
12. Allison RR, Downie GH, Cuenca R, Xin-Hua Hu, Childs CJH, Sibata CH. Photosensitizers in clinical PDT. *Photodiag Photodyn Ther* 2004, 1, 27–42.
13. Moser JG. Definitions and general properties of 2nd & 3rd generation photosensitizers. Amsterdam: Harwood Academic Publishers;1998, p. 3–8.
14. Staneloudi C, Smith KA, Hudson R, Malatesti N, Savoie H, Boyle RW. Development and characterization of novel photosensitizer: scFv conjugates for use in photodynamic therapy of cancer. *Immunology* 2007; 120:512-7.
15. 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.
16. Bonsor SJ, Nichol R, Reid TM, Pearson GL. An alternative regimen for root canal disinfection. *Br Dent J* 2006; 201:101-5.
17. Garcez AS, Nunez SC, Hamblin MR, Suzuki H, Ribeiro MS. Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *J Endod* 2010; 36:1463-6.
18. Garcez AS, Nunez SC, Hamblin MR, Ribeiro MS. Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. *J Endod* 2008; 34:138-42.
19. Foschi F, Fontana CR, Ruggiero K, Riahi R, Vera A, Doukas AG, et al. Photodynamic inactivation of *Enterococcus faecalis* in dental root canals in vitro. *Lasers Surg Med* 2007; 39:782-7.
20. Ng R, Singh F, Papamanou DA, Song X, Patel C, Holewa C, et al. Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *J Endod* 2011; 37:217-22.
21. Siddiqui SH, Awan KH, Javed F. Bactericidal efficacy of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis* in infected root canals: a systematic literature review. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2013; 10(4):632-43.
22. Oliveira BP, Aguiar CM, Câmara AC. Photodynamic therapy in combating the causative microorganisms from endodontic infections. *Eur J Dent* 2014; 8(3):424-30.
23. Love RM. *Enterococcus faecalis* - a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J* 2001; 34:399-405.
24. Sedgley CM, Lennan SL, Appelbe OK. Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals ex vivo. *Int Endod J* 2005; 38:735-42. 25.
25. George S, Kishen A, Song KP. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2005; 31:867-72.
26. Kharkwal GB, Sharma SK, Huang YY, Dai T, Hamblin MR. Photodynamic therapy for infections: clinical applications. *Lasers Surg Med* 2011; 43(7):755-67.
27. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Paiva SS, Magalhaes KM, Guimaraes-Pinto T. Cultivable bacteria in infected root canals as identified by 16S rRNA gene sequencing. *Oral Microbiol Immunol* 2007; 22:266-71.
28. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85:86-93.
29. Hartroth B, Seyfahrt I, Conrads G. Sampling of periodontal pathogens by paper points: evaluation of base parameters. *Oral Microbiol Immunol* 1999; 14:326-30.
30. Fonseca MB, Júnior PO, Pallota RC, Filho HF, Denardin OV, Rapoport A, et al. Photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Photomed Laser Surg* 2008; 26(3):209-13.
31. Souza LC, Brito PR, de Oliveira JC, Alves FR, Moreira EJ, 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.
32. Nagayoshi M, Nishihara T, Nakashima K, Iwaki S, Chen KK, Terashita M, et al. Bactericidal effects of diode laser irradiation on *enterococcus faecalis* using periapical lesion defect model. *ISRN Dent* 2011;2011:1-6.
33. Yao N, Zhang C, Chu C. Effectiveness of photoactivated disinfection (PAD) to kill *Enterococcus faecalis* in planktonic solution and in an infected tooth model. *Photomed Laser Surg* 2012; 30(12):699-704.
34. Bago I, Pleško V, Gabrić Pandurić D, Schauerl Z, Baraba A, Anić I. 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(4):339-47.
35. Komine C, Tsujimoto Y. A small amount of singlet oxygen generated via excited methylene blue by photodynamic therapy induces the sterilization of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2013;39(3):411-4.
36. Miranda RG, Gusman HD, Colombo AP. Antimicrobial efficacy of the EndoVac system plus PDT against intracanal *Candida albicans*: an ex vivo study. *Braz Oral Res* 2015;29(1):1-7.
37. Pileggi G, Wataha JC, Girard M, Grad I, Schrenzel J, Lange N, et al. Blue light-mediated inactivation of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2013; 10(2):134-40.
38. Frota MF, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Bagnato VS, Espir CG, Berbert FL. Photodynamic therapy in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis* using curcumin as photosensitizer. *Lasers Med Sci* 2014;30(7):1867-72.
39. Ghinzelli GC, Souza MA, Cecchin D, Farina AP, de Figueiredo JA. Influence of ultrasonic activation on photodynamic therapy over root canal system infected with *Enterococcus faecalis* - an in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2014; 11(4):472-8.
40. Silva EJ, Coutinho-Filho WP, Andrade AO, Herrera DR, Coutinho-Filho TS, Krebs RL. Evaluation of photodynamic therapy using a diode laser and different photosensitizers against *Enterococcus faecalis*. *Acta Odontol Latinoam* 2014; 27(2):63-5.
41. Tennert C, Feldmann K, Haamann E, Al-Ahmad A, Follo M, Wrbas KT, et al. Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. *BMC Oral Health* 2014;4(14):132.
42. Marinic K, Manoil D, Filieri A, Wataha JC, Schrenzel J, Lange N, Bouillaguet S. Repeated exposures to blue light-activated eosin Y enhance inactivation of *E. faecalis* biofilms, in vitro. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2015;12(3):393-400.
43. Tennert C, Drews AM, Walther V, Altenburger MJ, Karygianni L, Wrbas KT, et al. Ultrasonic activation and chemical modification of photosensitizers enhances the effects of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis* root-canal isolates. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2015; 12(2):244-51.
44. Afkhami F, Akbari S, Chiniforush N. *Enterococcus faecalis* elimination in root canals using silver nanoparticles, photo-

dynamic therapy, diode laser, or laser-activated nanoparticles: an in vitro study. *J Endod* 2017;43(2):279-282.

45. Asnaashari M, Godiny M, Azari-Marhabi S, Tabatabaei FS, Barati M. Comparison of the antibacterial effect of 810nm diode laser and photodynamic therapy in reducing the microbial flora of root canal in endodontic retreatment in patients with periradicular lesions. *J Lasers Med Sci* 2016;7(2):99-104.
46. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Shahabi S, Ghorbanzadeh R, Bahador A. Sub-lethal doses of photodynamic therapy affect biofilm formation ability and metabolic activity of *Enterococcus faecalis*. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2016; 15:159-66.
47. Samiei M, Shahi S, Abdollahi AA, Eskandarinezhad M, Negahdari R, Pakseresht Z. The antibacterial efficacy of photo-activated disinfection, chlorhexidine and sodium hypochlorite in infected root canals: an in vitro study. *Iran Endod J* 2016; 11(3):179-83.
48. Beltes C, Economides N, Sakkas H, Papadopoulou C, Lambrianidis T. Evaluation of antimicrobial photodynamic therapy using indocyanine green and near-infrared diode laser against *Enterococcus faecalis* in infected human root canals. *Photomed Laser Surg* 2017; 35(5):264-9.
49. Camacho-Alonso F, Julián-Belmonte E, Chiva-García F, Martínez-Beneyto Y. Bactericidal efficacy of photodynamic therapy and chitosan in root canals experimentally infected with *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2017; 35(4):184-9.
50. Sebrão CC, Bezerra Jr AG, de França PH, Ferreira LE, Westphalen VP. Comparison of the efficiency of rose bengal and ethylene blue as photosensitizers in photodynamic therapy techniques for *Enterococcus faecalis* inactivation. *Photomed Laser Surg* 2017; 35(1):18-23.

Endereço para correspondência:

Marlus da Silva Pedrosa
Rua Senador Joaquim Pires, 723, Bairro Ininga
CEP 64049-590, Teresina, PI, Brasil
Telefone: (86) 99492-4142
E-mail: marluspedrosa@gmail.com

Recebido: 03/07/2017. Aceito: 31/07/2017.