

Uso da terapia fotodinâmica na redução de microrganismos das infecções endodônticas

Use of photodynamic therapy in the reduction of microorganisms of endodontic infections
Uso de la terapia fotodinámica en la reducción de microorganismos de las infecciones endodónticas

Bruna Angélica de Souza **VIANA**¹

Marcos Sérgio **ENDO**²

Nair Narumi Orita **PAVAN**²

¹Residência em Endodontia - Universidade Estadual de Maringá (UEM), 87080-000 Maringá - PR, Brasil

²Professor(a) Adjunto(a) em Endodontia - Universidade Estadual de Maringá (UEM), 87080-000 Maringá - PR, Brasil

Resumo

Introdução: A terapia fotodinâmica (TFD) se apresenta como uma técnica complementar ao tratamento endodôntico potencializando a desinfecção dos canais radiculares. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi buscar estudos que utilizem a TFD como coadjuvante à terapia endodôntica e expor quais são mais recorrentes e propiciam melhores resultados na descontaminação, sugerindo um protocolo para o tratamento endodôntico. **Método:** O trabalho fundamentou-se em uma pesquisa realizada por meio de levantamento da literatura, mediante a consulta de artigos científicos nas bases de dados (PubMed, LILACS, e Scielo), e para a inclusão dos mesmos na revisão foram utilizados os critérios: artigos em inglês, originais e relevantes, pesquisas clínicas e laboratoriais, em dentes permanentes humanos e que relatassem o uso da terapia fotodinâmica como um tratamento coadjuvante à desinfecção dos canais. **Resultados:** Após a busca e exclusão pela leitura de títulos e resumos, teve-se 47 artigos, e após a leitura destes na íntegra, utilizando-se os critérios de exclusão, 14 foram utilizados para a revisão. As variáveis diferem nos estudos, no entanto, alguns parâmetros da TFD persistem nas pesquisas, apresentando bons resultados na redução das infecções endodônticas. O protocolo sugerido nesta revisão foi o uso do corante azul de metileno (15 e 25 µg/ml); tempo pré-irradiação de 5 minutos; laser diodo (660 nm) e potência de 100 mW; uso de fibra óptica e tempo de irradiação de 5 minutos. **Conclusão:** O uso da TFD proporciona uma redução bacteriana significativa associado ao preparo químico-mecânico, mostrando a possibilidade de aplicação deste protocolo que apresentou os melhores resultados.

Descritores: Cavidade Pulpar; Endodontia; Fotoquimioterapia.

Abstract

Introduction: Photodynamic therapy (PDT) presents as a complementary technique to the endodontic treatment, potentiating the disinfection of the root canals. **Objective:** The aim of this study was to search for studies that use PDT as an adjunct to endodontic therapy and to explain which are more recurrent and provide better results in decontamination, suggesting a protocol for endodontic treatment. **Method:** The study was based on a literature review, through the consultation of scientific articles in the databases (PubMed, LILACS, and Scielo), and for inclusion in the review, the following criteria were used: articles in English, original and relevant, clinical and laboratory researches, in human permanent teeth and that reported the use of photodynamic therapy as a treatment adjuvant to the disinfection of the channels. **Results:** After the search and exclusion by reading titles and abstracts, it had 47 articles, and after reading these in full, using the exclusion criteria, 14 were used for the review. The variables differ in the studies, however, some parameters of PDT persist in the research, presenting good results in the reduction of endodontic infections. The protocol suggested in this review was the use of methylene blue dye (15 and 25 µg / ml); pre-irradiation time of 5 minutes; laser diode (660 nm) and power of 100 mW; use of optical fiber and irradiation time of 5 minutes. **Conclusion:** The use of PDT provides a significant bacterial reduction associated with the chemical-mechanical preparation, showing the possibility of applying this protocol that presented the best results.

Descriptors: Dental Pulp Cavity; Endodontics; Photochemotherapy.

Resumen

Introducción: La terapia fotodinámica (TFD) se presenta como una técnica complementaria al tratamiento endodóntico potenciando la desinfeción de los canales radiculares. **Objetivo:** El objetivo de este trabajo fue buscar estudios que utilicen la TFD como coadyuvante a la terapia endodóntica y exponer cuáles son más recurrentes y propician mejores resultados en la descontaminación, sugiriendo un protocolo para el tratamiento endodóntico. **Método:** El trabajo se fundamentó en una investigación realizada por medio de levantamiento de la literatura, mediante la consulta de artículos científicos en las bases de datos (PubMed, LILACS, y Scielo), y para la inclusión de los mismos en la revisión se utilizaron los criterios: artículos en inglés, originales y relevantes, investigaciones clínicas y de laboratorio, en dientes permanentes humanos y que relatasen el uso de la terapia fotodinámica como un tratamiento coadyuvante a la desinfeción de los canales. **Resultados:** Después de la búsqueda y exclusión por la lectura de títulos y resúmenes, se tuvieron 47 artículos, y después de la lectura de éstos en su totalidad, utilizando los criterios de exclusión, 14 fueron utilizados para la revisión. Las variables difieren en los estudios, sin embargo, algunos parámetros de la TFD persisten en las investigaciones, presentando buenos resultados en la reducción de las infecciones endodónticas. El protocolo sugerido en esta revisión fue el uso del colorante azul de metileno (15 y 25 µg / ml); tiempo pre-irradiación de 5 minutos; láser diodo (660 nm) y potencia de 100 mW; el uso de fibra óptica y el tiempo de irradación de 5 minutos. **Conclusión:** El uso de la TFD proporciona una reducción bacteriana significativa asociada a la preparación químico-mecánica, mostrando la posibilidad de aplicación de este protocolo que presentó los mejores resultados.

Descriptores: Cavidad Pulpar; Endodoncia; Fotoquimioterapia.

INTRODUÇÃO

A infecção microbiana exerce papel elementar nas lesões periapicais persistentes. Se a desinfecção dos canais radiculares for insuficiente poderá promover a continuidade da patologia periapical e levar ao insucesso do tratamento endodôntico¹.

A terapia fotodinâmica (TFD), amplamente estudada nos últimos anos, demonstra sua eficácia contra micro-organismos

presentes nas infecções endodônticas e pode ser uma técnica complementar ao tratamento endodôntico, potencializando a desinfecção dos canais radiculares^{1,2}.

Buscando otimizar e aperfeiçoar a eliminação bacteriana, seu protocolo baseia-se na interação entre três componentes: um fotossensibilizador, uma fonte de luz e o oxigênio². Os parâmetros da TFD, que são:

fotossensibilizador e sua concentração, fonte de luz e seu comprimento de onda, tempo de ativação da luz, e uso ou não de fibra óptica, apresentam-se com suas variáveis distintas nos trabalhos existentes, e ainda não há um protocolo padronizado estabelecido para instituir a terapia na Endodontia, até o momento deste levantamento da literatura.

Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi buscar estudos que utilizem a TFD como coadjuvante à terapia endodôntica e expor quais fatores são mais recorrentes e propiciam resultados eficazes na descontaminação do sistema de canais, baseando-se na análise dos estudos desta revisão.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho fundamentou-se em um levantamento da literatura, sendo que a coleta dos dados foi realizada mediante às bases de dados PubMed, LILACS e Scielo, de artigos científicos publicados entre 2006 e 2016.

Após a busca e exclusão pela leitura de títulos e resumos, teve-se 47 artigos na íntegra, e para a seleção destes trabalhos e inclusão dos mesmos na revisão foram utilizados os seguintes critérios: artigos na língua inglesa, originais e relevantes, pesquisas clínicas e laboratoriais, em dentes permanentes humanos e que relatassem o uso da terapia fotodinâmica como coadjuvante na desinfecção de canais radiculares.

As buscas foram realizadas por meio das palavras-chave: *endodontics*; *photodynamic therapy*; *photodynamic therapy endodontics*; *light-activated disinfection root canal*; *photo-activated disinfection endodontics*; *photo-activated disinfection*, fazendo combinações com os operadores booleanos AND ou OR.

RESULTADOS

Foram analisados 14 estudos, 11 *in vitro*, 3 estudos clínicos, sendo 1 randomizado e 2 não randomizados. As amostras (n) usadas nos trabalhos *in vitro* variaram de 10 a 156 dentes humanos. Os estudos clínicos realizados envolveram 20 dentes de pacientes com necrose pulpar e lesão periapical³, 20 dentes de pacientes com necessidade de retratamento¹ e 21 dentes de pacientes com necessidade de retratamento⁴. Doze trabalhos utilizaram dentes humanos unirradiculares, dois tiveram em suas pesquisas dentes multirradiculares, e destes dois, um utilizou também dentes unirradiculares, e o outro trabalho não forneceu esta informação. Os principais parâmetros das metodologias e da terapia fotodinâmica dos estudos estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais parâmetros da TFD dos estudos científicos selecionados

Asnaasharios et al. 2016		
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora)	(Micro- solução)	<i>E. faecalis</i> , <i>F. nucleatum</i> e <i>P. gingivalis</i> 20 dentes com necessidade de retratamento Grupo1: NaOCl 2,5% + TFD Grupo 2: NaOCl 2,5% + Laser diodo
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação		Azul de Metileno/ 0,5 ml a 0,01%/ 5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica		Laser diodo/ 810 nm/ 0,2W/cm ² / Sim
Tempo de irradiação		Grupo1: 40s ; Grupo2: 30s
Resultados		Os resultados da análise de dados mostraram que os valores de UFC/ml foram significativamente reduzidos no grupo submetido ao processo da TFD e no grupo submetido ao laser diodo.
Conclusões		TFD e laser diodo/810 nm são métodos eficazes para a desinfecção do canal radicular.
Soares et al. 2016		
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora)	(Micro- solução)	<i>E. faecalis</i> ; 40 Caninos; NaOCl 5,25% + EDTA 17%
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação		Azul de metileno/ 1,6 µM/ml/ 2,5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica		Laser diodo/ 660 nm/ 40 mW/ Sim
Tempo de irradiação		2,5 minutos
Resultados		O tratamento endodôntico juntamente com duas sessões de TFD, melhorou a diminuição da carga bacteriana, e nenhum micro-organismo resistente foi relatado.
Conclusões		A TFD proporcionou uma redução imediata e progressiva na carga bacteriana. Representa uma estratégia potencial para a desinfecção completa de canais radiculares contaminados por <i>E. faecalis</i> .
Susila et al. 2016		
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora)	(Micro- solução)	<i>S. mutans</i> e <i>E. faecalis</i> 80 dentes unirradiculados Grupo 1: NaOCl 3% + EDTA + TFD Grupo 2: Solução salina + TFD Grupo 3: NaOCl 3% + EDTA Grupo 4: Solução salina
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação		Azul de metileno/ 25 µg/ml/ 5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica		Laser diodo/ 665 nm/ 1W/cm ² / Sim
Tempo de irradiação		30 segundos
Resultados		O grupo 1 com <i>E. faecalis</i> teve UFC média significativamente menor do que todos os outros grupos (p = 0,001). Sob o mesmo protocolo de desinfecção, <i>S. mutans</i> diferiu de <i>E. faecalis</i> na medida em que tinha 1 e 1/2 vezes mais UFC (p = 0,05).
Conclusões		Um forte efeito adicional da aplicação combinada de irrigantes antimicrobianos e TFD foi observado na erradicação de patógenos endodônticos comuns.
De Oliveira et al. 2016		
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora)	(Micro- solução)	<i>E. faecalis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> e <i>C. albicans</i> 70 pré-molares inferiores unirradiculados Grupo1: NaOCl 1%; Grupo 2: NaOCl 5,25%; Grupo 3: soro fisiológico + TFD; Grupo 4: NaOCl 1% + TFD; Grupo 5: NaOCl 5,25% + TFD; Grupo 6: controle positivo Grupo 7: controle negativo
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação		Azul de metileno/ 15 µg/mL/ 2 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica		Laser diodo/ 660 nm/ 100 mW/ Sim
Tempo de irradiação		1,5 minutos
Resultados		NaOCl 5,25% + TFD resultou no maior número de espécimes sem crescimento microbiano. Além disso, NaOCl 1% e NaOCl 1% + TFD apresentaram efeitos antimicrobianos similares. Soro fisiológico + TFD não eliminou todos os micro-organismos. Houve diferenças estatísticas significativas entre os grupos e os micro-organismos.
Conclusões		A associação de NaOCl 5,25% com TFD foi o tratamento mais eficaz contra microrganismos de infecção endodôntica. Este resultado mostra que a TFD pode ser útil para melhorar a desinfecção do canal radicular.

Tabela 1 – Continuação. Principais parâmetros da TFD dos estudos científicos selecionados

Juric et al. 2014	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	21 dentes unirradiculados com necessidade de retratamento NaOCl 2,5% + EDTA 17% + solução salina + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Cloreto de fenotiazina/ 10 mg/mL/ 2 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo/ 660 nm/ 100mW/ Sim
Tempo de irradiação	1 minuto
Resultados	Quatorze espécies de bactérias foram isoladas inicialmente dos canais radiculares. Embora o retratamento endodôntico tenha reduzido significativamente o número de espécies de bactérias (p <0,001), a combinação de tratamento endodôntico e TFD foi estatisticamente mais efetiva (p <0,001).
Conclusões	A TFD junto à preparação convencional do canal radicular conduziu à redução significativa do número de UFCs e à eliminação das restantes das bactérias, ou mesmo a completa eliminação de bactérias em alguns casos. A combinação da limpeza químico-mecânica e a TFD foi mais bem sucedida na eliminação de espécies de bactérias gram-positivas e gram-negativas, anaeróbios facultativos e anaeróbios obrigatórios comparando-se com limpeza químico-mecânica sozinha.
Xhevdet et al. 2014	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	<i>E. faecalis</i> e <i>C. albicans</i> 156 dentes unirradiculados NaOCl 2,5% + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Cloreto de fenotiazina 10 mg/mL/ min
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo 660 nm/ 100 mW/cm ² / Sim
Tempo de irradiação	1, 3 e 5 minutos
Resultados	O laser reduziu ainda mais as células restantes. Até agora, a TFD provou ser uma terapia coadjuvante eficiente.
Conclusões	A TFD mostrou-se um método adequado para desinfecção dos canais, obtendo resultados semelhantes a irrigação com NaOCl.
Da Frota et al. 2014	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	<i>E. faecalis</i> 80 dentes unirradiculados NaOCl 2,5% + EDTA 17% + soro fisiológico + TFD Grupo Ia: Curcumina + luz durante 5min; Grupo Ib: Curcumina + luz durante 10 min; Grupo IIa: Apenas aplicação de curcumina por 10 minutos; Grupo IIb Apenas aplicação de curcumina por 15 min; Grupo IIIa: solução fisiológica + luz durante 5 min; Grupos IIIb: solução + luz durante 10 min.
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Curcumina numa solução a 10% de sulfóxido de dimetilo/ 20 µM/ 5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	LED/ 450 nm/ 100 mW/cm ² / Sim
Tempo de irradiação	5, 10 e 15 minutos
Resultados	Grupo Ia teve a maior redução microbiana (41%). GIIa (redução de 30%). GIIb (24%). GIIIa (26%). GIIIb (31%)
Conclusões	A TFD reduziu a viabilidade bacteriana usando Curcumina como fotossensibilizador e 5 min de irradiação LED. Nas condições experimentais testadas, não eliminou significativamente a contaminação bacteriana por <i>E. faecalis</i> .
Sabino et al. 2014	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	<i>C. albicans</i> 10 terceiros molares com canais radiculares curvos NaOCl 2,5% + EDTA 17% + solução PBS + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Azul de metileno 90 µM/ 2 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser tip/ 660 nm/ 100 mW/ Sim
Tempo de irradiação	2 e 6 minutos por canal
Resultados	O uso da TFD parece ser uma abordagem atrativa. Apesar dos bons resultados, Algumas variáveis devem ser avaliadas.
Conclusões	A TFD usando fibras difusoras pode ser um meio efetivo de inativar micro-organismos embutidos no biofilme dentro de canais curvos.

Tabela 1 – Continuação. Principais parâmetros da TFD dos estudos científicos selecionados

Rios et al. 2014	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	<i>E. faecalis</i> Dentes unirradiculados NaOCl 6% + EDTA 17% + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Azul de toluidina/ 0,25 ml/ 30 segundos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	LED/ 628 nm/-/ Sim
Tempo de irradiação	30 segundos
Resultados	A taxa de sobrevivência bacteriana dos dentes tratados com NaOCl e TFD (0,1%) foram significativamente menor (P <0,005) do que quando tratados somente com NaOCl (0,66%).
Conclusões	TFD usando azul de toluidina e uma lâmpada LED tem potencial para ser usado como um procedimento antimicrobiano adjunto na terapia endodôntica convencional.
Ng et al. 2011	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	52 dentes uni e multirradiculados com necrose pulpar e lesão periapical recém-extraídos Grupo 1: NaOCl 6% + EDTA 17% Grupo 2: NaOCl 6% + EDTA 17% + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Azul de metileno/ 50 µg/ml/ 5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo/ 665 nm/ 100 mW/cm ² / Sim
Tempo de irradiação	5 minutos
Resultados	Os canais radiculares do grupo 1 apresentaram níveis mais altos de infecção comparados aos canais do grupo 2 (P <0,001).
Conclusões	A TFD reduz significativamente bactérias residuais dentro do sistema de canais radiculares com o uso de luz de comprimento de onda apropriado para gerar oxigênio singlete e radicais livres e também, se reforçada pela técnica de limpeza químico-mecânica significa uma promessa substancial como tratamento coadjuvante.
Souza et al. 2010	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	<i>E. faecalis</i> 70 dentes unirradiculados Grupo 1: TFD (AM) + NaOCl 2,5% Grupo 2: TFD (AT) + NaOCl 2,5% Grupo 3: TFD (AM) + NaCl 0,85% Grupo 4: TFD (AT) + NaCl 0,85%
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Azul de metileno (AM) ou Azul de toluidina (AT)/ 15 µg/mL/ 2 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo/ 660 nm/ 40 mW/ Sim
Tempo de irradiação	4 minutos
Resultados	Independentemente do irrigante utilizado (NaOCl ou NaCl), a instrumentação reduziu significativamente a contagem bacteriana. NaOCl foi significativamente mais efetivo do que o NaCl, e essa diferença persistiu após a TFD, independentemente do fotossensibilizador usado (p <0,05), não foram observadas diferenças significativas entre os dois fotossensibilizadores (p > 0,05).
Conclusões	Estes resultados <i>in vitro</i> sugerem que a TFD com AM ou AT pode não exercer efeito suplementar significativo nos procedimentos de instrumentação/ irrigação em relação à desinfecção intracanal. Poderão ser necessários mais ajustes no protocolo da TFD para aumentar a predisposição na eliminação bacteriana antes do uso clínico ser recomendado.
Garcez et al. 2008	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ solução irrigadora)	20 dentes anteriores com necrose pulpar e lesão periapical NaOCl 2,5% + Peróxido de hidrogênio 3% + EDTA 17% + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Conjugado entre polietilenimina e clorina/ 2 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo/ 660 nm/ 40 mW/cm ² / Sim
Tempo de irradiação	4 minutos
Resultados	A terapia endodôntica deu uma redução média de 1,08 log. A combinação com TFD aumentou significativamente a redução (1,83 log, p = 0,00002).
Conclusões	Os resultados sugerem que o uso de TFD coadjuvante ao tratamento endodôntico leva a uma diminuição aumentada da carga bacteriana e pode ser uma abordagem apropriada para o tratamento de infecções bucais.

Tabela 1 – Continuação. Principais parâmetros da TFD dos estudos científicos selecionados

Garcez et al. 2007	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora) / solução	<i>P. mirabilis</i> e <i>P. aeruginosa</i> 10 dentes unirradiculados NaOCl 2,5% + EDTA 17% + solução PBS Grupo controle Grupo TFD Grupo TE Grupo TFD + TE
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Conjugado entre polietilenimina e clorina/ 10 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo/ 660 nm/ 40 mW/cm ² /Sim
Tempo de irradiação	1, 2, 3 e 4 minutos
Resultados	A terapia endodôntica isoladamente teve redução bacteriana de 90%, enquanto que a TFD teve redução bacteriana de 95%. A combinação teve redução > 98%.
Conclusões	A utilização da TFD como adjuvante ao tratamento endodôntico convencional leva a uma redução estatisticamente significativa da carga bacteriana.
Souros et al. 2006	
Metodologia (Micro-organismo/ dentes/ irrigadora) / solução	<i>P. gingivalis</i> , <i>P. intermedia</i> , <i>F. nucleatum nucleatum</i> , <i>P. endodontalis</i> e <i>E. faecalis</i> 60 dentes unirradiculados NaOCl 6% + EDTA 17% + TFD
FS/ concentração/ tempo de pré-irradiação	Azul de metileno/ (25 µg /ml)/ 5 minutos
Fonte de luz/ comprimento de onda/ potência/ Uso de fibra óptica	Laser diodo / 665 nm/ 100mW/cm ² / Sim
Tempo de irradiação	5 minutos
Resultados	A TFD com azul de metileno eliminou totalmente todas as espécies bacterianas, com exceção de <i>E. faecalis</i> (53% de morte). A mesma concentração de azul de metileno em combinação com luz vermelha (222 J/cm ²) foi capaz de eliminar 97% de <i>E. faecalis</i> em canais radiculares utilizando fibra óptica.
Conclusões	A TFD pode ser usada como um procedimento coadjuvante para matar bactérias residuais no sistema de canais radiculares após o tratamento endodôntico.

Legendas: AM: azul de metileno; AT: azul de toluidina; FS: fotossensibilizador; EDTA: ácido etilendiamino tetra-acético; LED: diodo emissor de luz; PBS: tampão fosfato-salino; NaOCl: hipoclorito de sódio; NaCl: cloreto de sódio, TE: tratamento endodôntico; TFD: terapia fotodinâmica.

DISCUSSÃO

A terapia fotodinâmica objetiva eliminar os micro-organismos que persistem ao preparo químico-mecânico⁵, e baseia-se na interação entre: um fotossensibilizador, uma fonte de luz e o oxigênio, sendo o fotossensibilizador e sua concentração; e a fonte de luz, seu comprimento de onda e potência os fatores que mais podem variar, afetando o resultado final⁶. O seu mecanismo de ação ocorre pela administração de um fotossensibilizador, que é irradiado por uma fonte de luz visível. A absorção da luz excita o fotossensibilizador que, na presença de oxigênio gera substâncias tóxicas para as células bacterianas.

Dentre os quatorze estudos analisados neste trabalho, quatorze afirmam a eficácia da TFD na diminuição dos micro-organismos presentes nos canais radiculares (Tabela 1). No entanto, a TFD pode não exercer descontaminação adicional ao preparo químico-mecânico, o que pode ser devido à baixa concentração de oxigênio disponível no ambiente dos canais⁷.

Os estudos clínicos constataram a eficácia da TFD na redução de micro-

organismos^{3,4,8} e também que a sua associação ao tratamento endodôntico permite neoformação óssea e restauração de estruturas periapicais, podendo ocorrer em menos tempo comparado ao tratamento endodôntico convencional⁹.

O fotossensibilizador mais utilizado nas pesquisas foi o azul de metileno, as concentrações variaram de 15^{7,10} a 50 µg/ml⁸, com maior frequência de 15^{7,10} e 25 µg/ml^{5,11}. Ressalta-se que esta concentração do corante afeta o grau de fotodano da TFD e os produtos comerciais devem ser de qualidade e com grau de pureza de 90%, pois o emprego de soluções inapropriadas disponíveis em farmácias para o uso da TFD pode levar à ineficácia da terapia, nisto o azul de metileno apresenta vantagem química, pois os compostos comerciais apresentam a mesma eficácia dos purificados¹².

O tempo de pré-irradiação é um ponto crítico para o sucesso da TFD, já que se o fotossensibilizador não estiver próximo ao alvo, sua ativação irá resultar na formação de espécies tóxicas em local não desejado¹³. Os tempos pré-irradiação deste estudo foram de 0 segundos¹⁴ a 10 minutos¹⁵, sendo mais presente o tempo de 5 minutos^{1,5,8,9,11,16} (Tabela 1), que parece ser o tempo adequado para a sensibilização das bactérias. Isto influenciará diretamente a quantidade e a localização do fotossensibilizador no micro-organismo. Recomenda-se prolongar o tempo de irradiação para a obter-se uma melhor desinfecção. A razão para a eliminação incompleta de bactérias pode ser o curto período de irradiação que levam à baixa concentração de substâncias citotóxicas geradas nos canais e em túbulos dentinários¹⁷. Recomenda-se prolongar o tempo de irradiação para obter-se uma melhor desinfecção.

O laser diodo é a fonte de luz mais empregada nas metodologias^{1,3-5,7,8,10-12,15,17,18}, embora a luz de LED também se mostre como uma fonte de luz alternativa viável^{14,16}. Geralmente o laser diodo é comercializado com comprimento de onda de 660 nm, sendo a potência mais visualizada a de 100 mW^{8-10,12,16,17} e de 40 mW^{3,7,15,18}.

O tempo de irradiação variou desde 30 segundos^{1,11,14} até 15 minutos¹⁶, com maior recorrência dos tempos de 2^{12,15,18} e 5 minutos^{5,8,16,17}. Recomenda-se prolongar o tempo de irradiação para obter-se maior desinfecção por aumentar a concentração de substâncias citotóxicas geradas nos canais e túbulos dentinários¹⁷. Todos os estudos desta revisão utilizaram fibra óptica^{1,3-5,7,8,10,11,14-18}, seu uso proporciona

quantidade adequada de luz, potencializando a eficácia da terapia devido a sua capacidade de distribuir uniformemente a luz em 360° no sistema de canais radiculares, com o mínimo de perdas, juntamente à compatibilidade com as dimensões dos canais¹⁹. Assim, a ação da luz estende-se às áreas de difícil acesso, alcançando com facilidade o terço apical, mesmo em molares com raízes curvas, e até mesmo ao biofilme externo ao ápice radicular²⁰. As variáveis que envolvem a aplicação da TFD diferem nos estudos, logo, são necessários mais trabalhos, sobretudo in vivo, para que se possa observar resultados clínicos e recomendar um protocolo padronizado para o uso desta terapia. No entanto, alguns parâmetros da TFD persistem nas pesquisas, com semelhanças ou variações próximas, apresentando bons resultados na redução das infecções endodônticas.

Sabendo-se dos parâmetros mais recorrentes nas pesquisas, que apresentam-se eficientes na eliminação de micro-organismos, cabe considerá-los como possíveis constituintes de um protocolo: azul de metileno, com concentração entre 15 e 25 µg/ml; tempo pré-irradiação de 5 minutos; laser diodo, com comprimento de onda de 660 nm e potência de 100 mW; uso de fibra óptica e tempo de irradiação de 5 minutos.

Não há um consenso sobre o protocolo ideal de aplicação da TFD diante às infecções endodônticas, devido à uma gama variada de sugestões envolvendo os diversos fatores como citado neste trabalho. Sendo assim, esta revisão coletou informações importantes que sugerem as melhores opções em relação ao corante e sua concentração, tempo de pré-irradiação, fonte de luz, uso ou não da fibra óptica e tempo de irradiação.

CONCLUSÃO

A literatura apresenta muitos estudos acerca da TFD na Endodontia, demonstrando sua eficácia na desinfecção, e sua atribuição como terapia coadjuvante, que viabiliza a eliminação de micro-organismos persistentes após o preparo químico-mecânico. Assim, o protocolo sugerido suporta sua aplicação na Endodontia, pois reúne os melhores resultados dos artigos analisados nesta revisão.

REFERÊNCIAS

1. Asnaashari M, Godiny M, Azari-Marhabi S, Tabatabaei FS, Barati M. Comparison of the Antibacterial Effect of 810 nm 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.
2. 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.
3. Garcez AS, Nuñez SC, Hamblin MR, Ribeiro MS. Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. *J Endod*. 2008;34(2):138-42.
4. Jurič IB, Plečko V, Pandurić DG, Anić I. The antimicrobial effectiveness of photodynamic therapy used as an addition to the conventional endodontic re-treatment: a clinical study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2014;11(4):549-55.
5. Soukos NS, Chen PS, Morris JT, Ruggiero K, Abernethy AD, Som S, Foschi F, Doucette S, Bammann LL, Fontana CR, Doukas AG, Stashenko PP. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. *J Endod*. 2006;32(10):979-84.
6. Trindade AC, De Figueiredo JA, Steier L, Weber JB. Photodynamic therapy in endodontics: a literature review. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(3):175-82.
7. Souza LC, Brito PR, de Oliveira JC, Alves FR, Moreira EJ, Sampaio-Filho HR, Rôças IN, Siqueira JF Jr. 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.
8. Ng R, Singh F, Papamanou DA, Song X, Patel C, Holewa C, Patel N, Klepac-Ceraj V, Fontana CR, Kent R, Pagonis TC, Stashenko PP, Soukos NS. Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *J Endod*. 2011;37(2):217-22.
9. Firmino RT, Brandt LM, Ribeiro GL, Dos Santos KS, Catão MH, Gomes DQ. Endodontic treatment associated with photodynamic therapy: Case report. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2016;15:105-8.
10. de Oliveira BP, Aguiar CM, Câmara AC, de Albuquerque MM, Correia AC, Soares MF. The efficacy of photodynamic therapy and sodium hypochlorite in root canal disinfection by a single-file instrumentation technique. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2015;12(3):436-43.
11. Susila AV, Sugumar R, Chandana CS, Subbarao CV. Combined effects of photodynamic therapy and irrigants in disinfection of root canals. *J Biophotonics*. 2016;9(6):603-9.
12. Savino F, Maccario S, Guidi C, Castagno E, Farinasso D, Cresi F, Silvestro L, Mussa GC. Methemoglobinemia caused by the ingestion of courgette soup given in order to resolve

- constipation in two formula-fed infants. *Ann Nutr Metab.* 2006;50(4):368-71.
13. Wainwright M, Phoenix DA, Marland J, Wareing DR, Bolton FJ. A study of photobactericidal activity in the phenothiazinium series. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 1997;19(1):75-80.
 14. Rios A, He J, Glickman GN, Spears R, Schneiderman ED, Honeyman AL. Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against *Enterococcus faecalis* in extracted human teeth. *J Endod.* 2011;37(6):856-9.
 15. Garcez AS, Ribeiro MS, Tegos GP, Núñez SC, Jorge AO, Hamblin MR. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. *Lasers Surg Med.* 2007;39(1):59-66.
 16. da 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.* 2015;30(7):1867-72.
 17. Xhevdet A, Stubljarić D, Kriznar I, Jukić T, Skvarc M, Veranić P, Ihan A. The disinfecting efficacy of root canals with laser photodynamic therapy. *J Lasers Med Sci.* 2014;5(1):19-26.
 18. Soares JA, Santos Soares SMC, Santos César CA, de Carvalho MAR, Brito-Júnior M, de Sousa GR, Soares BM, de Macêdo Farias L. Monitoring the effectiveness of photodynamic therapy with periodic renewal of the photosensitizer on intracanal *Enterococcus faecalis* biofilms. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2016;13:123-127.
 19. Fimple JL, Fontana CR, Foschi F, Ruggiero K, Song X, Pagonis TC, Tanner AC, Kent R, Doukas AG, Stashenko PP, Soukos NS. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *J Endod.* 2008;34(6):728-34.
 20. Dai T, Huang YY, Hamblin MR. Photodynamic therapy for localized infections--state of the art. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2009; 6(3-4):170-88.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Bruna Angélica de Souza Viana

Rua Senador Rodrigo Lobo, 402, apt. 101, Irlu
89227-557, Joinville - SC, Brasil
brunaang26@gmail.com

Submetido em 25/06/2019

Aceito em 23/10/2020