

Efeito antibacteriano dos lasers e terapia fotodinâmica contra *Enterococcus faecalis* no sistema de canais radiculares

Ane POLY^a, Juliana Fernandes Waldmann BRASIL^a, Paula Carvalho MARROIG^a,
Vânia BLEI^a, Patrícia de Andrade RISSO^b

^aEspecialização em Endodontia, Faculdade de Odontologia,
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-902 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

^bDepartamento de Clínica Odontológica, Faculdade de Odontologia,
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-902 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Poly A, Brasil JFW, Marroig PC, Blei V, Risso PA. Antibacterial effect of the lasers and photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis* in the root canal system. Rev Odontol UNESP. 2010; 39(4): 233-239.

Resumo

O preparo químico-mecânico (PQM) é crucial para o sucesso do tratamento endodôntico. Neste sentido, metodologias são desenvolvidas a fim de garantir a máxima desinfecção do sistema de canais radiculares. Assim, o objetivo desta revisão de literatura foi avaliar a capacidade dos lasers e da terapia fotodinâmica (PDT) em eliminar o *Enterococcus faecalis*, fortemente associado ao fracasso da terapia endodôntica. A busca pelos artigos foi realizada de duas formas: por meio dos guias de estudo on line do Journal of Endodontics e por meio das bases de dados: BBO, PUBMED/MEDLINE e OVID. Paralelamente, foi realizada busca cruzada, considerando as referências bibliográficas dos artigos selecionados. Os critérios de inclusão foram: a) os períodos de tempo entre abril de 2000 e fevereiro de 2010; b) artigos que avaliassem o efeito antimicrobiano dos lasers e PDT sobre o *E. faecalis*. Após a leitura completa dos artigos selecionados, incluíram-se: 15 artigos que avaliaram a capacidade antibacteriana do laser, 10 artigos relativos à PDT e 5 artigos que compararam o laser e a PDT. Baseado nesta revisão, concluiu-se que nenhuma das duas técnicas foi 100% eficaz contra o *E. faecalis*, mas que foram capazes de reduzir sua presença; a PDT se mostrou aparentemente mais eficaz que o laser no controle desta infecção. Desta forma, as terapias podem ser consideradas aliadas promissoras ao tratamento convencional no controle da infecção endodôntica por *E. faecalis*, caracterizando-se como terapias complementares.

Palavras-chave: *Enterococcus faecalis*; lasers; terapia fotodinâmica.

Abstract

The chemomechanical disinfection is crucial to the success of endodontic treatment. In this regard, methodologies are developed to ensure maximum disinfection of root canal system. The objective of this literature review was to evaluate the ability of lasers and photodynamic therapy (PDT) in eliminating *Enterococcus faecalis*, which is strongly associated with failure of endodontic therapy. The search for articles was performed in two ways: through the online study guides in the Journal of Endodontics and, through databases: BBO, PubMed/MEDLINE and OVID. In parallel, we performed cross-searching, given the references of selected articles. Inclusion criteria were: a) the time periods between April 2000 and February 2010; b) articles that evaluate antimicrobial effect of lasers and PDT on *E. faecalis*. After a complete reading of selected articles, were included: 15 articles that evaluated the antibacterial capacity of the laser, 10 of PDT and 5 that compared laser and PDT. Based on this review, concluded that: neither of the two techniques was 100% effective against *E. faecalis*, but were able to reduce their presence; PDT apparently showed more effective than laser in controlling this infection. Thus, therapies can be considered promising allied to conventional treatment in the control of endodontic infection by *E. faecalis*, which is characterized as complementary therapies.

Keywords: *Enterococcus faecalis*; lasers; photodynamic therapy.

INTRODUÇÃO

Os micro-organismos são o principal fator etiológico das patologias pulpares e perirradiculares¹. Assim, o objetivo do tratamento endodôntico é a máxima desinfecção do sistema de canais radiculares (SCR), bem como a prevenção da sua reinfecção. Porém, mesmo quando o tratamento endodôntico é realizado dentro do máximo rigor técnico, infecções secundárias e/ou persistentes podem ocorrer, gerando o insucesso do tratamento endodôntico².

Nestes casos, o *Enterococcus faecalis* tem sido o micro-organismo mais comumente encontrado^{3,4}, devido a características específicas, tais como: capacidade de colonizar a dentina e os túbulos dentinários, o que dificulta sua remoção pelos meios químicos e mecânicos^{5,6}, podendo inclusive resistir à medicação intracanal⁷ e às soluções irrigadoras⁸; potencial de invasão intratubular mesmo em escassez nutricional, além de apresentar alguns fatores de virulência^{6,7}.

Desta forma, métodos têm sido pesquisados na tentativa de eliminá-lo com eficácia do interior do SCR; dentre estes, destaca-se a combinação da terapia endodôntica convencional associada ao uso do laser e da terapia fotodinâmica (PDT)⁹⁻¹¹.

O laser foi desenvolvido¹² e introduzido na Endodontia^{13,14} com o intuito de promover o selamento apical do forame radicular. Posteriormente, a introdução de fibras de vidro finas e flexíveis permitiu uma penetração profunda de luz do laser no terço apical do canal radicular¹⁵. Atualmente, são cada vez mais utilizados devido a sua relativa praticidade e segurança, desde que utilizados conforme o protocolo¹⁶. Assim, por meio de processos bioquímicos, geram um fenômeno fotobiológico responsável pela reparação tecidual por bioestimulação e pela contenção do processo inflamatório, além de efeitos analgésicos¹⁷⁻¹⁹.

Por outro lado, a PDT utiliza-se do laser associado ao oxigênio e de um fotossensibilizador (FS) – tais como o azul de metileno (AM) e o azul de toluidina (AT) – que, como resultado, produz substâncias altamente reativas capazes de reduzir a microbiota ao causar a morte celular das bactérias²⁰. Neste contexto, o objetivo desta revisão de literatura é avaliar a eficácia antibacteriana do uso do laser isolado e da PDT contra o micro-organismo *E. faecalis*.

METODOLOGIA

A busca pelos artigos desta revisão foi realizada de duas formas: por meio dos guias de estudo on line do Journal of Endodontics sobre Microbiologia em Endodontia²¹ e Lasers em Endodontia²², e por meio das bases de dados: BBO, PUBMED/MEDLINE e OVID. Paralelamente, foi realizada busca cruzada, considerando as referências bibliográficas dos artigos selecionados. Nas bases BBO e PUBMED/MEDLINE, foram utilizadas as associações das palavras: (azu\$ and metilen\$) or (terarp\$ and fotodin\$) or pdt) and (laser or laser or laseres or lasers), (((azu\$ and metilen\$) or (terarp\$ and fotodin\$) or pdt) and (enteroc\$)) or ((laser or laseres) and enteroc\$), (((photodinam\$ and therap\$) or pdt) and enteroc\$) e (methylen\$ and blue) and enteroc\$ [Palavras] and not (((photodinam\$ and therap\$) or pdt) and enteroc\$)).

As mesmas associações em inglês foram utilizadas no OVID. As buscas foram iniciadas em maio de 2009 e finalizadas em fevereiro de 2010 por todos os autores que também avaliaram juntos os resultados. Primeiramente, a seleção foi feita a partir dos resumos e, posteriormente, os textos completos foram analisados. Os critérios de inclusão foram: a) os períodos de tempo entre abril de 2000 e fevereiro de 2010; b) artigos que avaliassem o efeito antimicrobiano dos lasers e PDT sobre o *E. faecalis*.

RESULTADO

Após a leitura dos resumos e a avaliação dos critérios de inclusão, as buscas em cada tipo de pesquisa resultaram em 19 artigos (dez sobre lasers, seis sobre PDT e três comparando lasers e PDT), selecionados por meio dos guias de estudo on line e por meio de busca cruzada; oito artigos (um incluído na busca anterior; um relacionado a laser; quatro sobre PDT e dois comparando lasers e PDT), selecionados a partir das bases BBO e PUBMED/MEDLINE; e 18 artigos (14 já haviam sido localizados em buscas anteriores e quatro relacionados a lasers), selecionados a partir da base OVID. Após a leitura completa dos artigos selecionados, incluíram-se 15 artigos que avaliaram a capacidade antibacteriana do laser (Tabela 1), dez do PDT (Tabela 2) e cinco que compararam o laser e a PDT (Tabela 3).

REVISÃO DE LITERATURA

A aplicação do laser e posteriormente da PDT como terapias coadjuvantes para a desinfecção do SCR ganhou destaque nos últimos dez anos, e têm demonstrado resultados promissores¹⁷.

Tabela 1. Artigos relacionados ao Laser

Autor /ano	Tipo de laser
Gutknecht et al. ²³ (2000)	DIODO
Cecchini ¹⁶ (2001)	Ho:YAG; Nd:YAG; Er:YAG
Schoop et al. ²⁴ (2002)	Er: YAG
Ribeiro ²⁵ (2006)	DIODO
Jha et al. ²⁶ (2006)	Er,Cr: YSGG
Bergmans et al. ¹⁹ (2006)	Nd: YAG
Eldeniz et al. ²⁷ (2006)	Er, Cr: YSGG
Wang et al. ²⁸ (2007)	Er,Cr:YSG; Nd:YAG
Gordon et al. ²⁹ (2007)	Er,Cr:YSGG
De Souza et al. ³⁰ (2008)	DIODO
Benedicenti et al. ³¹ (2008)	DIODO
Noiri et al. ³² (2008)	Er: YAG
Kustarci et al. ³³ (2009)	KTP
Schoop et al. ¹⁸ (2009)	Er,Cr:YSGG
Noetzel et al. ³⁴ (2009)	Er: YAG

Diversos estudos^{16,18,19,23,25-29,31-34} avaliaram a capacidade antimicrobiana do uso do laser contra *E. faecalis*. A metodologia destes estudos foi bastante variada. Neste sentido, os experimentos foram realizados *in vitro*, em dentina bovina^{16,23} e humana^{18,19,24,26-31,33,34}, em discos de hidroxiapatita³² ou ainda um estudo clínico²⁵. A maioria comparou a terapia endodôntica convencional (instrumentação e uso de hipoclorito de sódio) com o uso do laser como coadjuvante ou isoladamente. Alguns estudos demonstraram que o hipoclorito de sódio (NaOCl) foi mais eficaz do que o laser^{27,33}. No entanto, o contrário também foi demonstrado²⁸. Paralelamente, no uso coadjuvante de NaOCl e do laser, demonstrou-se que esse procedimento pode ser usado no controle de tal micro-organismo, mas que não foi capaz de eliminá-lo completamente^{26,29}; note-se que o mesmo ocorre com o uso isolado do laser¹⁹. Desta forma, o que pode ser observado é que o laser tem um considerável poder bactericida¹⁸.

A PDT demonstrou um efeito antibacteriano quando aplicada isoladamente³⁸ ou de forma adicional ao tratamento endodôntico

Tabela 2. Artigos relacionados à PDT

Autor/ano	Tipo de laser e fotossensibilizador
Usacheva et al. ³⁵ (2003)	DIODO + Argônio+AM*; + AT**
Garcez et al. ³⁶ (2006)	DIODO + Pasta Azuleno
Bonsor et al. ³⁷ (2006)	DIODO + AT
Cavalheiro ³⁸ (2007)	DIODO + AM
Rosa ¹¹ (2008)	DIODO + Azuleno
Garcez et al. ³⁹ (2008)	DIODO + conjugado PEI-ce6
Fonseca et al. ⁴⁰ (2008)	DIODO (Ga-Al-As) + AT
George et al. ¹⁰ (2008)	DIODO + AM
Souza ⁴¹ (2009)	DIODO + AM; Diodo + AT
Souza et al. ⁴² (2010)	DIODO + AT; DIODO + AM

*AM=Azul de Metileno; **AT=Azul de Toluidina.

Tabela 3. Principais resultados dos artigos comparando Laser e PDT

Autor/ano	Tipos de laser e PDT	Método/avaliação	Resultados (redução de células viáveis)
Soukos et al. ⁴³ (2006)	DIODO; DIODO + AM	G1: PDT; G2: AM; G3: Laser; G4: Controle Análise: MEV e contagem de UFC	PDT: 97%; AM: 83,2%; Laser: 56,6%
Foschi et al. ⁹ (2007)	DIODO; DIODO + AM	G1: Controle; G2: AM; G3: Laser; G4: PDT Análise: MEV	PDT: 77,5%; Laser: 40,5%; AM: 19,5%;
Bergmans et al. ⁴⁴ (2008)	DIODO; DIODO + AM	G1: PDT; G2: Laser; G3: AM; G4: Controle Análise: Contagem de UFC	PDT: 88,4% (p<0.05) Laser e AM: sem diferença significativa
Meire et al. ⁴⁵ (2009)	Nd:YAG; KTP; DIODO + AT	G1: Nd:YAG; G2: KTP; G3: PDT; G4: NaOCl 2,5%; G5: Controle positivo; Gn: Controle negativo Análise: Citometria de fase sólida e cultura	G1/G2: não reduziram <i>E. faecalis</i> ; G3/G4: redução significativa G4: melhores resultados
Lim et al. ⁴⁶ (2009)	DIODO; DIODO + AM; DIODO +AM +MIX	G1: Controle; G2: PDT + AM; G3: PDT + AM + MIX; G4: instrumentação/NaOCl 5,2%/ EDTA; G5: instrumentação/NaOCl 5,2%/ EDTA + PDT + AM + MIX; Análise: contagem de UFC	Redução de bactérias: G5 > G4 > G3 > G2 > G1

convencional^{27,36,39-41}. Tal efeito pode ser atribuído à sua capacidade de dano à integridade da parede celular, do DNA e de proteínas da membrana do micro-organismo¹⁰, e também ao fato de bactérias gram negativas poderem induzir uma dimerização do FS mais intensa, quando comparadas a bactérias gram positivas; assim, esta característica permite uma maior eficácia do efeito foto-oxidativo³⁵. Contudo, um estudo¹¹ demonstrou que a PDT foi efetiva contra *E. faecalis* em monoinfecção, mas não quando associada, em biofilmes.

Estudos que fizeram comparação direta entre o efeito bactericida do laser e da PDT^{9,43-46} demonstraram que a PDT reduziu um maior número de células viáveis de *E. faecalis* do que o laser^{9,43,44}, quando usados como coadjuvantes a instrumentação e irrigação com NaOCl. Um estudo⁴⁵ demonstrou que o laser, quando usado em dentes instrumentados e irrigados com solução salina, não foi capaz de reduzir o número de células viáveis, demonstrando assim um efeito bactericida menor quando comparado ao NaOCl e ao uso de PDT. Outro estudo⁴⁶ constatou que a PDT obteve um efeito bactericida contra o *E. faecalis* maior quando comparado com o uso do laser e do NaOCl a 5,25%.

DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão de literatura foi avaliar a eficácia antibacteriana dos lasers e da PDT contra o micro-organismo *E. faecalis*, analisando assim a efetividade de tais metodologias no controle da infecção endodôntica. Esta revisão incluiu 30 artigos, mas vale ressaltar que as diferenças metodológicas existentes entre os mesmos dificultaram uma comparação direta entre os resultados. Assim, a discussão que se segue foi subdividida em tópicos de interesse que devem ser considerados para um melhor entendimento deste trabalho.

1. Profundidade de Irradiação

A profundidade de irradiação é considerada um fator crítico para a capacidade antimicrobiana, uma vez que a máxima eficiência

exige a aplicação direta da luz do laser sobre o micro-organismo¹⁹. Neste sentido, os artigos selecionados apresentam variações: desde a não indicação da profundidade utilizada^{10,16,26,29,35}, a indicação da profundidade de 1 mm aquém do ápice^{19,25,27,30,31,33,39,41,45}, até a irradiação por todo o comprimento do canal^{19,11,18,24,28,34,36,38,40,42,44}.

Contudo, tanto Cavalheiro³⁸ (2007), que irradiou suas amostras na entrada dos condutos e em toda extensão da raiz, quanto Bonsor et al.³⁷ (2006), que irradiou até 4 mm aquém do comprimento de trabalho – portanto, apenas até o terço médio – não demonstraram diferenças significativas entre os resultados. Apesar das discrepâncias observadas, nenhum dos trabalhos foi capaz de alcançar a esterilização, o que ressalta a dificuldade de se irradiar por completo todo o sistema de canais radiculares.

2. Amostras, Tratamentos Aplicados às Amostras e Métodos de Avaliação Utilizados

Os estudos in vitro foram predominantes e as amostras foram bastante variadas, quais sejam: dentes humanos unirradiculados extraídos^{11,18,19,24,28,38,40-42,44,46} e descoronados^{26,29}, fragmentos de raízes unirradiculadas^{9,27,30,31,33,34,36,43,46}, discos de hidroxiapatita³² e de dentes bovinos^{16,23}.

Os dentes bovinos são largamente utilizados em Endodontia por sua similaridade com a dentina dos dentes humanos; entretanto, independentemente se humano ou não, fragmentos dentários apresentam anatomias variadas dependendo da região. O terço apical, por exemplo, apresenta um maior número de ramificações que os terços cervical e médio; como consequência, a penetração da luz laser e dos FS podem não alcançar igualmente os micro-organismos que colonizam e formam biofilmes nessas ramificações.

O maior nível de evidência, depois da revisão sistemática, são os ensaios clínicos controlados e randomizados, inclusive considerados ideais para a avaliação terapêutica. Na presente revisão, somente três estudos clínicos foram incluídos^{25,37,39}. Nestes, foram avaliados pacientes com dentes unirradiculados necrosados com ou sem periodontite apical²⁵, com pulpite irreversível ou periodontite apical³⁷ e com sintomas de necrose pulpar e periodontite apical³⁹. Tais diferenças metodológicas dificultam uma comparação direta entre os mesmos, mas todos demonstraram que o laser²⁵ e o PDT^{37,39}, quando utilizados após o PQM, foram capazes de promover um melhor efeito bactericida, mesmo que sem diferenças estatisticamente significativas. O protocolo de tratamento endodôntico também variou: alguns canais radiculares foram apenas limpos enquanto outros sofreram PQM, mas com variadas técnicas e diversos irrigantes. Além disso, os testes microbiológicos para a avaliação final dos resultados foram diferentes e variaram desde turbidez do meio de cultura e contagem de UFC até MEV e PCR.

3. Tipos de Lasers e suas Diferentes Potências

Os lasers apresentam efeito bactericida e a potência desse efeito está diretamente relacionada ao aparelho de laser utilizado²⁵. Entre os dispositivos existentes, o laser Diodo foi o mais testado^{9-11,15,23,25,30,31,35-42,44-46}. A combinação da terapia

endodôntica convencional com irrigação de NaOCl e o laser Diodo potencializa a desinfecção do SCR e o sucesso do tratamento endodôntico^{15,25}.

Neste contexto, a potência do laser Diodo e a concentração do NaOCl merecem destaque. A redução do número de *E. faecalis* utilizando somente a luz laser (0,6 W)²³, bem como a erradicação do *E. faecalis* utilizando laser (3 W) e NaOCl 0,5%⁴¹, foram descritas. Contudo, não foi demonstrada uma diferença significativa quando avaliados o NaOCl 0,5%²⁵ ou o NaOCl 5,25%³¹ sozinhos e quando associados ao laser (2,5 W). Desta forma, pôde-se perceber que as diferentes potências do laser Diodo influenciaram diretamente no seu efeito bactericida, ao passo que o mesmo não pode ser observado para as diferentes concentrações do NaOCl.

A eficiência de outros tipos de laser também foi analisada. Em relação ao laser KTP, os resultados foram conflitantes: enquanto um estudo utilizando a potência de 1,5 W³³ demonstrou uma significativa redução no número de *E. faecalis*, outro⁴⁵ fazendo uso de 1 W não demonstrou redução desses micro-organismos. No entanto, em ambos os estudos, o NaOCl 2,5% mostrou melhor resultado.

O laser Nd:YAG (1,5 W) não demonstrou uma redução significativa do número de *E. faecalis*^{19,45}. Por outro lado, quando comparado ao laser Er,Cr:YSGG (1 W), foi mais eficiente. Porém, ambos demonstraram resultados inferiores quando comparados à irrigação com NaOCl 2,5%²⁸.

O laser Er,Cr:YSGG, quando utilizado sozinho em potências de 0,6 e 0,9 W, demonstrou um poder bactericida considerável sobre o *E. faecalis*, mas o grupo controle foi irrigado somente com soro fisiológico¹⁸. O mesmo não foi observado quando se utilizou a potência de 1,5 W e irrigação com solução salina²⁶. Quando comparado à irrigação com NaOCl, os resultados são conflitantes. O laser Er,Cr:YSGG (175 e 350 mW) demonstrou ser mais bactericida que o NaOCl 2,5%²⁹. Contudo, situação inversa também foi observada com o uso da potência de 0,5 W e NaOCl 3%²⁷. Notou-se também que a associação do laser e do hipoclorito demonstrou resultados superiores ao uso do laser isoladamente²⁶. O laser Er:YAG também foi avaliado e os resultados também foram conflitantes. A eficiência na redução do número de *E. faecalis* demonstrada por alguns estudos^{24,32} foi questionada por outro³⁴, em que o uso desse laser não foi suficientemente capaz de eliminá-los, potencializando apenas o tratamento convencional sem a utilização de NaOCl. Quando comparado ao laser Nd:YAG, demonstrou ser menos eficiente no controle da infecção¹⁶.

Do exposto, pode-se concluir que diferentes tipos de lasers foram utilizados nos diversos estudos, sendo o laser Diodo o mais comumente utilizado. Contudo, não foi possível comprovar que o mesmo seja efetivamente superior aos demais. Paralelamente, em função das diferentes potências apresentadas, não é possível indicar a potência ideal.

4. PDT e os Fotossensibilizadores

A PDT necessita de um agente FS, dentre os quais se destacam o AM e o AT. Um estudo³⁵ demonstrou que a capacidade

foto-oxidativa do AT foi maior quando comparada ao AM. Tal diferença não foi demonstrada por outros^{41,42}, quando avaliaram a redução do número de *E. faecalis*, concluindo-se que ambos FS associados ao laser são importantes para auxiliar o tratamento, visando a um maior índice de sucesso na terapia endodôntica. Por outro lado, foi demonstrado que o AM sozinho não obteve efeito bactericida significativo contra o *E. faecalis*^{43,44}, mas quando dissolvido em uma mistura composta de glicerol, etanol e água, obteve-se um maior efeito bactericida¹⁰.

5. PDT e Considerações

O laser mais comumente utilizado nos estudos da PDT foi o laser Diodo. Contudo, uma comparação direta entre os mesmos é difícil, devido às discrepâncias entre os protocolos de uso do laser utilizados nas metodologias.

Os estudos concluíram que a PDT promoveu uma significativa redução do número de *E. faecalis* intracanal, mas ressaltam que essa terapia, apesar da sua eficácia, não erradica completamente a microbiota do canal^{36-41,44,45}. A comparação direta entre o tratamento endodôntico convencional e a PDT demonstrou resultados contrários dependendo do estudo, ora a favor do primeiro⁴², ora do segundo³⁶. O laser Diodo-GaAAs também foi testado na PDT e demonstrou redução no número de *E. faecalis*^{11,38,40}.

6. Laser vs. PDT

A PDT se mostrou mais eficiente que o laser na eliminação de *E. faecalis* em todos os estudos incluídos que fizeram tal comparação^{9,43-46}. Um estudo⁴⁵ demonstrou que a terapia convencional foi mais eficiente que as duas técnicas. Entretanto, apenas o tratamento convencional associado ao PDT se mostrou capaz de eliminar esta microbiota⁴⁶. Além disto, a terapia convencional associada ao PDT foi mais eficiente que associada ao laser^{9,44}.

A máxima desinfecção do sistema de canais radiculares é ao mesmo tempo o objetivo e um desafio para a terapia endodôntica. Assim, destaca-se o interesse destas terapias coadjuvantes na Endodontia. Contudo, de acordo com o observado nesta revisão, não foi possível obter a completa erradicação do *E. faecalis* com essas técnicas. Notou-se, porém, que o *E. faecalis* foi erradicado com o tratamento convencional e a irrigação com NaOCl 2,5 e 3%^{27,33}. Muito embora tais achados não possam ser considerados definitivos, esses resultados geram a reflexão de que o uso dos lasers e da PDT podem ser terapias promissoras, porém ainda não unânimes no controle da infecção endodôntica pelo *E. faecalis*.

Os resultados da presente revisão são limitados pela dificuldade de comparação entre os estudos, devido às diferenças metodológicas, aos vários tipos de lasers, aos diferentes FS e protocolos. Assim sendo, sugere-se que sejam desenvolvidos protocolos específicos para cada tipo de laser, além do desenvolvimento e da validação da metodologia, a fim de garantir uma direta comparação entre os estudos. Paralelamente, novos estudos, em especial estudos clínicos, devem ser desenvolvidos para melhor comprovar o efeito bactericida destas terapias, inclusive com o uso de infecção mista.

CONCLUSÃO

De acordo com as limitações da presente revisão, pode-se concluir que:

- nenhuma das duas técnicas foi 100% eficaz contra o *E. faecalis*, mas estas foram capazes de reduzir sua presença no SCR;
- a PDT se mostrou aparentemente mais eficaz que o laser no controle da infecção pelo *E. faecalis*;
- as terapias demonstraram ser aliadas promissoras ao tratamento convencional no controle da infecção endodôntica com *E. faecalis*.

REFERÊNCIAS

1. Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1997; 30: 297-306.
2. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*. 2006; 32: 93-8.
3. Gomes BPFA, Pinheiro ET, Sousa ELR, Jacinto RC, Zaia AA, Ferraz CCR, et al. *Enterococcus faecalis* in dental root canals detected by culture and by polymerase chain reaction analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006; 102: 247-53.
4. Zoletti GO, Siqueira JE, Santos KRN. Identification of *Enterococcus faecalis* in root-filled teeth with or without periradicular lesions by culture dependent and independent approaches. *J Endod*. 2006; 32: 722-6.
5. George S, Kishen A, Song P. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2005; 31: 867-72.
6. Duggan jm, Sedgley cm. Biofilm formation of oral and endodontic *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2007; 33: 815-8.
7. Salah R, Dar-Odeh N, Hammad OA, Shehabi AA. Prevalence of putative virulence factors and antimicrobial susceptibility of *Enterococcus faecalis* isolates from patients with dental diseases. *BMC Oral Health*. 2008; 8(17): 1-7.
8. Oliveira DP, Barbizam JVB, Trope M, Teixeira FB, Hil C. In vitro antibacterial efficacy of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; 103: 702-6.
9. 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.

10. George S, Kishen A. Influence of photosensitizer solvent on the mechanisms of photoactivated killing of *Enterococcus faecalis*. *Photochem Photobiol.* 2008; 84: 734-40.
11. Rosa FCS. Eficácia da instrumentação associada à terapia fotodinâmica antimicrobiana e medicação intracanal na eliminação de biofilmes e na neutralização de endotoxinas em canais radiculares [tese doutorado]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.
12. Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature.* 1960; 187: 493-4.
13. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg.* 1971; 31: 416-20.
14. Weichman JA, Johnson FM, Nitta LK. Laser use in endodontics. Part II. *Oral Surg.* 1972; 34: 828-30.
15. Benedicenti S, Resch A, Speicato A. Applications of laser light in root canal disinfection. *Aust Dent Pract.* 2008; 4: 176-84.
16. Cecchini SCM. Desinfecção da dentina radicular pela irradiação dos lasers de Nd:Yag, Ho:Yag e Er:Yag: um modelo in vitro [tese doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2001.
17. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2000; 33: 173-85.
18. Schoop U, Barylyak A, Goharkhay K, Beer F, Wernisch J, Georgopoulos A, et al. The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2009;24(1):59-65.
19. Bergmans L, Moisiadis P, Teughels W, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J.* 2006; 39: 547-57.
20. Garcez AS, Ribeiro MS, Tegos GP, Núñez SC, Jorge AOC, Hamblin Mr. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. *Lasers Surg Med.* 2007; 39: 59-66.
21. Microbiology in endodontics: an online study guide. *J Endod.* 2008; 34(5S): e151-64.
22. Lasers in endodontics: an online study guide. *J Endod.* 2008; 34(5S): e33-6.
23. Gutknecht N, Van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg.* 2000; 18: 57-60.
24. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med.* 2002; 30: 360-4.
25. Ribeiro AC. Terapia endodôntica associada à radiação do canal radicular com laser de diodo: avaliação térmica, morfológica, microbiológica e da infiltração marginal apical [tese doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.
26. Jha D, Guerrero A, Ngo T, Helfer A, Hasselgren G. Inability of laser and rotary instrumentation to eliminate root canal infection. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137: 67-70.
27. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int Endod J.* 2007; 40: 112-9.
28. Wang Q, Zhang C, Yin X. Evaluation of the bactericidal effect of Er,Cr:YSG, and Nd:YAG lasers in experimentally infected root canals. *J Endod.* 2007; 33: 830-2.
29. Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, Rizoju I, et al. The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus*. *J Am Dent Assoc.* 2007; 134: 992-1002.
30. De Souza EB, Cai S, Simionato MR, Lage-Marques JL. High-power diode laser in the disinfection in depth of the root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106: 68-72.
31. Benedicenti S, Cassanelli C, Signore A, Ravera G, Angiero F. Decontamination of root canals with the gallium-aluminum-arsenide laser: an in vitro study. *Photomed Laser Surg.* 2008; 26: 367-70.
32. Noiri Y, Katsumoto T, Azakami H, Ebisu S. Effects of Er:YAG Laser Irradiation on biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *J Endod.* 2008; 34: 826-9.
33. Kustarci a, Sümer z, Altunbas d, Kosum s. Bactericidal effect of KTP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with gaseous ozone: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107: e73-e79.
34. Noetzel J, Nonhoff J, Bitter K, Wagner J, Neumann K, Kielbassa AM. Efficacy of calcium hydroxide, Er:YAG laser or gaseous ozone against *Enterococcus faecalis* in root canals. *Am J Dent.* 2009; 22: 14-8.
35. Usacheva MN, Teichert MC, Biel MA. The role of the methylene blue and toluidine blue monomers and dimers in the photoinactivation of bacteria. *J Photochem Photobiol B, Biol.* 2003; 71: 87-98.
36. Garcez AS, Núñez SC, Lage-Marques JL, Jorge AOC, Ribeiro MS. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102: e93-e98.
37. Bonsor SJ, Nichol R, Reid TMS, Pearson GJ. Photo-activated disinfection in endodontics. *Br Dent J.* 2006; 200: 337-41.
38. Cavalheiro FM. Avaliação da redução microbiana em condutos radiculares contaminados comparando três técnicas de irradiação com laser de baixa potência associado a fotossensibilizador [dissertação mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.
39. Garcez A, Núñez S, Hamblin M, Ribeiro M. Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. *J Endod.* 2008; 34: 138-42.
40. Fonseca M, Tessare JP, Pallota R, Ferreira Filho H, Denardin O, Rapoport A, et al. Photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Photomed Laser Surg.* 2008; 26: 209-13.

41. Souza LC. Efeitos antibacterianos da terapia fotodinâmica usando dois diferentes fotossensibilizadores em canais radiculares contaminados com *Enterococcus faecalis*: estudo in vitro [dissertação mestrado]. Rio de Janeiro: Faculdade de Odontologia da UNESA; 2009.
42. Souza LC, Brito PRR, Oliveira JCM, Alves FRE, Moreira E JL, 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: 292-6.
43. Soukos N, Chen P, Morris J, Ruggiero K, Abernethy A, Som S, et al. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. J Endod. 2006; 32: 979-84.
44. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. Int Endod J. 2008; 41: 227-39.
45. Meire MA, De Prijck K, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJG. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in na infected tooth model. Int Endod J. 2009; 42: 351-9.
46. Lim Z, Cheng JL, Lim TW, Teo EG, Wong J, George S, et al. Light activated disinfection: an alternative endodontic disinfection strategy. Aust Dent J 2009; 54: 108-14.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Ana Poly da Rocha

Especialização em Endodontia, Faculdade de Odontologia, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro,
21941-902 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

e-mail: anepolyrocha@gmail.com

Recebido: 24/06/2010

Aceito: 11/08/2010