

EFEITOS DA IRRADIAÇÃO COM LASER DE Er,Cr:YSGG NA TEMPERATURA PULPAR E SUPERFICIAL DA DENTINA RADICULAR

E.S. Ferreira*, C. Benetti*, D.M. Zezell**, I.T. Kato* e P.A. Ana*

*Universidade Federal do ABC, UFABC, São Bernardo do Campo, Brasil

**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo, Brasil

e-mail: elizabete.ferreira@ufabc.edu.br

Resumo: Tendo em vista o envelhecimento da população e a permanência dos dentes na cavidade oral, observou-se um aumento da incidência da cárie radicular em idosos. Os lasers de érbio podem ser usados para prevenção de cárie; contudo, ainda não são estabelecidos parâmetros de irradiação que sejam seguros para os tecidos pulpare e periodontais e que sejam efetivos para ocasionar alterações químicas na superfície da dentina. Este estudo avaliou os efeitos da irradiação da dentina radicular com laser de Er,Cr:YSGG na temperatura pulpar e superficial da dentina, buscando-se determinar parâmetros de irradiação seguros e efetivos para futura aplicação clínica. Para tal, foi realizado um estudo *in vitro* randomizado com duas fases experimentais. Na primeira fase, 30 blocos de dentina radicular bovina foram empregados para avaliar a temperatura superficial ocasionada por um único pulso laser empregando-se termografia no infravermelho, enquanto que, na segunda fase experimental, 30 dentes incisivos inferiores humanos foram empregados para avaliação da temperatura pulpar durante as irradiações por 10 segundos empregando-se termopares de resposta rápida. As irradiações foram efetuadas com laser de Er,Cr:YSGG, $\lambda = 2,78 \mu\text{m}$, 20 Hz, sem refrigeração, com potências médias de 0,1 W, 0,25 W e 0,5 W, o que resultou em densidades de energia de $2,4 \text{ J/cm}^2$, 6 J/cm^2 e 12 J/cm^2 , respectivamente. Observou-se variações de temperatura superficial de $61 \pm 26 \text{ }^\circ\text{C}$, $75 \pm 34 \text{ }^\circ\text{C}$ e $172 \pm 36 \text{ }^\circ\text{C}$ para os grupos irradiados com potência média de 0,1 W, 0,25 W e 0,5 W, respectivamente. Foram registradas elevações médias de temperatura pulpar de $0,81 \pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,76 \pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ e $2,95 \pm 1,33 \text{ }^\circ\text{C}$, para os grupos irradiados com potência média de 0,1 W, 0,25 W e 0,50 W, respectivamente. Concluiu-se que o laser de Er,Cr:YSGG promove elevações de temperatura superficiais que indicam a ocorrência de transformações químicas na superfície da dentina radicular; contudo, dos parâmetros testados, se considerarmos as elevações de temperatura pulpar, a potência média de 0,25 W é a que se apresenta mais promissora para futuro uso para prevenção da cárie radicular.

Palavras-chave: Dentina, temperatura, laser, cárie.

Abstract: Taking into account the aging of population and the permanence of the teeth in the oral cavity, it is observed an increased incidence of root caries in the elderly. Erbium lasers can be used for caries prevention;

however, they are still not established irradiation parameters that are safe for the pulp and periodontal tissues, and which are effective to cause chemical changes in the dentin surface. This study evaluated the effects of irradiation of root dentin with Er,Cr:YSGG laser in the pulpal and surface temperature of the dentin, aiming to determine safe and effective irradiation parameters for a future clinical application. To this end, a randomized *in vitro* study was conducted with two experimental phases. In the first stage, 30 bovine root dentine blocks were used to evaluate the surface temperature caused by a single laser pulse, using infrared thermography, whereas in the second experimental phase 30 human incisor teeth were used to evaluate the pulp temperature during 10 seconds irradiation using fast-response thermocouples. The irradiations were performed with Er,Cr:YSGG laser, $\lambda = 2.78 \mu\text{m}$, 20 Hz, without refrigeration, with average power of 0.1 W, 0.25 W and 0.5 W, resulting in energy densities of 2.4 J/cm^2 , 6 J/cm^2 and 12 J/cm^2 , respectively. It was observed surface temperature variations of $61 \pm 26 \text{ }^\circ\text{C}$, $75 \pm 34 \text{ }^\circ\text{C}$ and $172 \pm 36 \text{ }^\circ\text{C}$ for irradiated groups with average power of 0.1 W, 0.25 W and 0.5 W, respectively. The pulp temperatures registered were $0.81 \pm 0.4 \text{ }^\circ\text{C}$, $1.76 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.7$ and $2.95 \pm 1.33 \text{ }^\circ\text{C}$, for irradiated groups with average power of 0.1 W, 0.25 W and 0.50 W, respectively. It can be concluded that the Er,Cr:YSGG laser promotes surface temperature rises that indicate the occurrence of chemical changes on the surface of the root dentin; however, among the parameters tested, the average power of 0.25 W is the one that appears to be most promising for future use for the prevention of root caries.

Keyword: Dentin, temperature, laser, caries.

Introdução

Embora tenha sido reportado um declínio na incidência da doença cárie, esta ainda é considerada um dos grandes problemas de saúde pública, acometendo crianças e adultos, de forma polarizada. Em relação à prevalência de determinados tipos de lesões de cárie, um aspecto importante a ser considerado é o envelhecimento da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010), mais de 20% da população global ultrapassará a idade de 60 anos em 2050 [1]. Esta projeção também foi confirmada pelo IBGE para a população brasileira, o qual estima que, em

2050, seremos mais de 215 milhões de brasileiros e, destes, mais de 64 milhões terão acima de 60 anos de idade, o que corresponderá a 30% da população[2]. A maioria dos idosos agora são dentados [3] e, portanto, sujeitos à cárie radicular devido, principalmente, a aspectos relacionados à perda de inserção periodontal ao longo dos anos, associada ou não à higiene oral inadequada [4] e potencializada por aspectos decorrentes da idade, tais como dificuldades de visão, com mastigação, gustação, deglutição e xerostomia[5]. Assim, a introdução de medidas preventivas duradouras nestes indivíduos se faz necessária, tendo em vista o alto acúmulo de biofilme e, portanto, a alta probabilidade de desenvolvimento de lesões de cárie radiculares.

Dentre as medidas mais consolidadas para prevenção da cárie, destaca-se a aplicação tópica de agentes fluoretados. Contudo, sabe-se que o fluoreto tem ação rápida sobre as superfícies, o que requer a necessidade de aplicações constantes, o que é impossibilitado muitas vezes devido às condições que estes pacientes possuem. Neste contexto, a irradiação laser em alta intensidade tem se mostrado como uma alternativa, tendo em vista que o aquecimento promovido durante as irradiações pode promover alterações químicas na superfície, tornando o substrato mais resistente à desmineralização. O laser de Er,Cr:YSGG, de comprimento de onda de 2,78 μm , é fortemente absorvido pelos radicais hidroxila da água e da hidroxiapatita, e apresentou resultados positivos quanto empregado para prevenção da desmineralização em esmalte dental. Contudo, pouco se sabe sobre sua eficácia em dentina radicular, cuja composição distingue-se do esmalte por apresentar, em peso, 70% de material inorgânico (hidroxiapatita), 20% de material orgânico (colágeno tipo I) e 10% de água[6].

Desta forma, parâmetros seguros e eficazes devem ser estabelecidos. A literatura mostra que altas temperaturas entre 100°C e 400°C ocasionam perda de água e diminuição do carbonato no esmalte, com consequente diminuição da solubilidade deste tecido [7]. Porém, a elevação da temperatura nos tecidos duros de forma não controlada pode ocasionar danos aos tecidos pulpares, não podendo-se exceder o limite de 5,6°C [8]. Desta forma, este estudo objetiva estabelecer parâmetros seguros e eficazes do laser de Er,Cr:YSGG para uso preventivo em dentina radicular por meio da avaliação da temperatura pulpar e superficial decorrentes das irradiações.

Material e método

Após aprovação do estudo pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA-UFABC, 3055120915) e Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UFABC, 1.334.133), foi conduzido um estudo *in vitro* randomizado com duas fases experimentais distintas, buscando-se avaliar os efeitos de três parâmetros de irradiação laser na temperatura superficial da dentina e pulpar.

Tratamentos– Os tratamentos foram efetuados empregando-se o laser de Er,Cr:YSGG (WaterLaseiPlus,

Biolase, USA), $\lambda = 2,78 \mu\text{m}$, 20 Hz, sem refrigeração, com potências médias de 0,1 W, 0,25 W e 0,5 W, o que resultou em densidades de energia de 2,4 J/cm², 6 J/cm² e 12 J/cm², respectivamente. Para as irradiações, foi empregada peça de mão onde foi montada uma ponta de safira com diâmetro de 600 μm , a qual foi posicionada perpendicularmente às superfícies a serem irradiadas, com uma distância de 1 mm. Antes de cada irradiação, a potência foi aferida empregando-se medidor de potência (FieldMaster GS + Detetor LM45; Coherent, USA). Para as irradiações, as amostras foram individualmente posicionadas sobre um motor micrométrico de passo X-Y-Z (Newport, USA) ajustado a uma velocidade de 7,6 mm/s, o que permitiu que os pulsos do laser não se sobrepusessem.

Fase experimental 1– 30 blocos de 7 x 7 x 2 mm de dentina radicular bovina foram preparados, e aleatoriamente distribuídos nos três grupos experimentais descritos acima (n = 10). Para avaliação da temperatura superficial, o conjunto amostra-peça de mão foi posicionado a 10 cm de uma câmera termográfica (ThermaCam FLIR SC3000 Systems, USA), ajustada com resolução de 0,01°C, utilizando-se frequência de 180 Hz para gravação, e faixas de leitura entre 0 °C a 150 °C para os grupos irradiados com potência média de 0,1W e 0,25W, e faixa de 40 °C a 500 °C para o grupo irradiado com potência média de 0,5 W.

Para este experimento, as irradiações foram realizadas por 1 s. Para a análise das imagens, foi delimitada uma região de interesse localizada apenas na superfície da amostra, sendo registrada apenas a temperatura máxima obtida em cada pulso, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

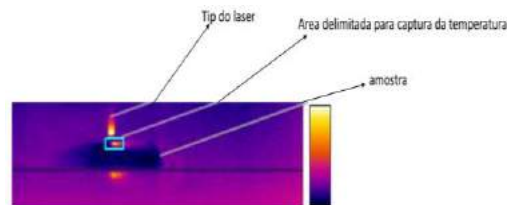


Figura 1: Imagem em infravermelho capturada durante a irradiação a laser.

Fase experimental 2– 30 dentes incisivos inferiores humanos tiveram suas polpas removidas e, nestes, foi preparado um orifício de 1 mm de diâmetro na região lingual cervical. Toda a câmara pulpar e condutos radiculares foram preenchidos com uma polpa artificial, composta por solução de gelatina a 20%. Pelos orifícios realizados, foram inseridos termopares do tipo K (chromel-alumel, Omega Engineering, Stamford, USA), com 0,05 mm de diâmetro, resolução de 0,2° C e sensibilidade de 0,1-100°C.

As amostras assim preparadas foram posicionadas em motor de passo, conforme descrito anteriormente, e as irradiações foram efetuadas em uma área de 3 x 3 mm da região anterior cervical das raízes, por um período de 10 segundos, sendo o monitoramento da

temperatura efetuado por mais X minutos após o término das irradiações. As análises das variações de temperatura durante e após as irradiações foram realizadas empregando-se software LabView.

Análise estatística– os dados de temperatura superficial foram analisados empregando-se Análise de Variância e teste de Tukey, enquanto que os dados de temperatura pulpar foram analisados empregando-se teste de Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls. O nível de significância estatístico adotado foi de 5%.

Resultados

A Tabela 1 mostra os valores médios de elevação de temperatura superficial obtidos durante a irradiação da dentina com laser de Er,Cr:YSGG. É possível evidenciar que o grupo irradiado com 0,50 W aumentou significativamente a temperatura superficial da dentina quando comparado aos demais grupos experimentais ($p < 0,01$). As elevações de temperatura promovidas quando a dentina é irradiada com 0,1 W e 0,25 W não diferem entre si ($p > 0,05$).

Tabela 1: Valores médios de variação de temperatura (ΔT , °C) e respectivos valores de desvio-padrão (DP) para cada grupo experimental*.

Potência média do laser	$\Delta T \pm DP$
0,1 W	61 ± 26^a
0,25 W	75 ± 34^a
0,50 W	172 ± 36^b

* Letras diferentes evidenciam médias estatisticamente distintas de acordo com o teste de Tukey.

A Figura 2 ilustra as curvas médias representativas das elevações de temperatura registradas durante as irradiações. Por esta figura, é possível observar o perfil pulsado das elevações de temperatura, decorrentes do modo pulsado do laser. Além disso, notam-se elevações expressivas de temperatura no grupo irradiado com potência média de 0,75 W em comparação com os demais grupos experimentais. Vale ressaltar que os registros efetuados para o grupo irradiado com potência média de 0,75 W iniciam-se em 40 °C devido à faixa de gravação da câmera termográfica (de 40 °C a 500 °C).

A Figura 3 ilustra os valores médios de elevação de temperatura pulpar durante a irradiação da dentina radicular com laser de Er,Cr:YSGG. Foram registradas elevações médias de temperatura pulpar de $0,81 \pm 0,4$ °C, $1,76 \pm 0,7$ °C e $2,95 \pm 1,33$ °C, para os grupos irradiados com potência média de 0,1 W, 0,25 W e 0,50 W, respectivamente. É possível observar que o grupo irradiado com potência média de 0,1 W promoveu elevações de temperatura significativamente menores ($p < 0,05$) que os demais grupos experimentais. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na comparação entre as elevações de temperatura observadas nos grupos irradiados com 0,25 W e 0,50 W.

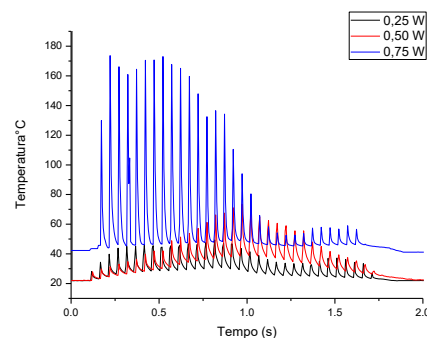


Figura 2: Curvas médias representativas das elevações de temperatura na superfície da dentina registradas durante as irradiações para todos os grupos experimentais do presente estudo.

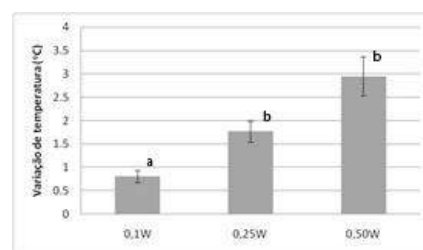


Figura 3: Médias das elevações de temperatura pulpar promovidas pela irradiação da dentina cervical com laser de Er,Cr:YSGG. As barras evidenciam erro padrão. Letras diferentes evidenciam médias estatisticamente distintas de acordo com o teste de Kruskal-Wallis. Dados não transformados.

A Figura 4 mostra o perfil médio das elevações de temperatura pulpar promovidos durante as irradiações, no decorrer do tempo. Evidencia-se a elevação rápida da temperatura durante as irradiações, e o decaimento exponencial da mesma após a parada das irradiações, decorrente da perda de calor. Observa-se, também, que as elevações de temperatura apresentam relação positiva com a potência média do laser empregada.

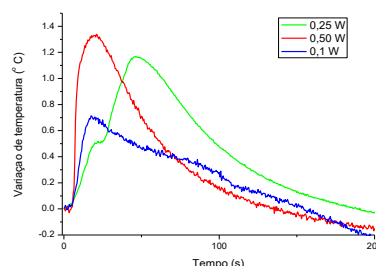


Figura 4: Curvas médias representativas das elevações de temperatura pulpar registradas durante as irradiações para todos os grupos experimentais do presente estudo.

Discussão

Os lasers de alta intensidade têm mostrado resultados positivos na prevenção das desmineralizações que ocorrem em esmalte, mas poucos são os trabalhos

que comprovam seus efeitos em dentina radicular. Para aplicação em dentina radicular, cuidados adicionais devem ser tomados, tendo em vista a pequena espessura deste tecido, assim como as diferenças bioquímicas e estruturais em relação ao esmalte dental. Dentre estas diferenças, destaca-se a presença de túbulos dentinários, assim como a maior quantidade de água e material orgânico, o que interfere na dinâmica e na velocidade de progressão de lesões de cárie, sendo aumentada nestes tecidos.

O laser de Er,Cr:YSGG, devido à sua alta absorção por íons hidroxila da água e da hidroxiapatita, principal constituinte dos tecidos duros dentais, pode promover mudanças químicas nestes tecidos oriundos de aquecimento, o que estima-se ser o principal mecanismo para prevenção da cárie empregando-se a laserterapia em alta intensidade. Contudo, as doses usadas devem ser seguras para manutenção da saúde pulpar e periodontal [9,10,11]. A literatura mostra que elevações de temperatura superiores a 3°C podem ocasionar inflamação no tecido pulpar, enquanto que o limiar de 5,5 °C pode gerar necrose neste tecido [12]. Ainda assim, elevações de 10 °C pode ocasionar à perda de inserção periodontal.

De acordo com o observado neste estudo, infere-se que nenhum dos parâmetros ajustados supera o limiar de necrose pulpar; contudo, a potência média de 0,5 W promove aumentos de temperatura pulpares maiores que 3°C, indicando que pode induzir a uma possível inflamação pulpar, mesmo por um pequeno período de irradiação (10s). Ainda assim, ressalta-se que, neste trabalho, foram empregados dentes hígidos, com menor conteúdo de água em relação a lesões de cárie. Desta forma, o emprego da potência média de 0,5 W poderia originar um aumento ainda maior de temperatura.

Considerando-se as elevações de temperatura na superfície da dentina, observou-se que as potências médias de 0,25 W e 0,5 W promoveram aumentos de temperatura superficial próximos de 100 °C em apenas um único pulso laser, o que não foi possível observar com o uso da potência média de 0,1 W. Estudos anteriores evidenciaram que, em temperaturas acima de 100 °C, iniciam-se as transformações químicas nos tecidos duros tais como evaporação de água e carbonato, assim como desnaturação de material orgânico. Estas mudanças podem estar associadas ao aumento da resistência dos tecidos duros à desmineralização. Desta forma, as potências médias de 0,25 W e 0,50 W podem induzir a tais mudanças, podendo ser uma possibilidade para futura aplicação clínica para prevenção da cárie radicular.

Conclusão

Pode-se concluir que o laser de Er,Cr:YSGG promove elevações de temperatura superficiais que indicam a ocorrência de transformações químicas na superfície da dentina radicular; contudo, dos parâmetros testados, se considerarmos as elevações de temperatura pulpar, a potência média de 0,25 W é a que se apresenta

mais promissora para futuro uso para prevenção da cárie radicular.

Agradecimentos

À UFABC, PROCAD-CAPES e FAPESP pelo apoio concedidos.

Referências

- [1] World Health Organization. Number of people over 60 years set to double by 2050. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/en/> Acesso em: 26/11/2015.
- [2] [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Projeção da população do Brasil por sexo e idade – 1980 – 2050, Revisão 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/projecao.pdf. Acesso em 26/11/2015.
- [3] Ettinger RL, The Development of Geriatric Dental Education Programs in Canada: An Update Cite this article as J Can Dent Assoc;2010; v. 76, n. 1: p. 45-48.
- [4] de Mata C, McKenna G, Burke FM, Caries and the older patient. Dent Update.;2011; v.38 (n.6): p. 376-8, p.381.
- [5] Thomson WM, Chalmers JM, Spencer AJ, Slade GD, Medication and dry mouth: findings from a cohort study of older people. J Public Health Dent.;2000; v.60(n.1): p.12-20.
- [6] Katchburian E, Arana V, Histologia e embriologia oral. São Paulo: Panamericana, 1999.
- [7] Kuroda S, Fowler BO.; Compositional, structural, and phase changes in *in vitro* laser-irradiated human tooth enamel. Calif.Laser Tissue. Int.;1984;v-36; p 361-369.
- [8] Frazen R, Rashidisangary B, Ozturan S, VanWeersch L, Gutknecht N, Intrapulpal. Temperature changes during root surface irradiation with dual-wavelength laser (2780 and 940 nm): *in vitro* study J. of Biomedical Optics.;2015; v. 20,1, p. 018002-1-6.
- [9] [9] Ana PA, Bachmann L, Zzell DM, Laser effects on enamel for caries prevention. Laser Phys 2006; 16(5): 865 – 875.
- [10] [10] Nammour S, Kowalyk K, Valici C, Zeinoun T, Rocca JP, Powell GL, Van Reck J, Safety parameters for pulp temperature during selective ablation of caries by KTP laser *in vitro*. J Clin Laser Med Surg 2004; 22(2): 99-104.
- [11] [11] Ana PA, Blay A, Miyakawa W, Zzell DM. Thermal analysis of teeth irradiated with Er,Cr:YSGG laser at low fluences. Laser Phys Lett 2007; 4: 827 - 830.
- [12] [12] Zach L, Cohen G, "Pulp response to externally applied heat," Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.; 1965;v.19, p.515–530.