

ESTUDO IN VITRO DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO ESMALTE DENTÁRIO IRRADIADO COM LASER DE DIODO DE ALTA POTÊNCIA: ANÁLISE POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

N. U. Wetter, M. V. Oliveira, I.T. Kato, D.M. Zezell, C.P. Eduardo*, N.D. Viera Jr.
CLA -IPEN/SP, Travessa "R" n° 400 - Cidade Universitária, CEP 05508-900 - São Paulo - SP
e-mail: nuwetter@net.ipen.br

*Faculdade de Odontologia de São Paulo - Departamento de Dentística - Av. Prof. Lineu Prestes, 2227 - Cidade Universitária, CEP 05508-900, dpeduard@fo.usp.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo verificar as alterações morfológicas específicas no esmalte dentário irradiado pelo laser de diodo de alta potência. Estudos anteriores, utilizando diferentes tipos de lasers, demonstraram que é possível aumentar a resistência do esmalte frente a um meio ácido após irradiação. Isto em consequência de uma fusão dos cristais de hidroxiapatita, elementos constituintes da estrutura do esmalte dentário. O laser de diodo é um laser barato com uma grande gama de aplicações na odontologia, porém não apresenta os parâmetros necessários para a fusão do esmalte. Neste trabalho foi aplicado um corante, a fim de aumentar a eficiência de absorção do laser pelo tecido. Foram utilizadas nas irradiações três diferentes densidades de energia: 287 J/cm², 172 J/cm² e 57 J/cm². Após serem irradiadas, as amostras foram analisadas por MEV. As amostras revelaram uma superfície homogeneamente ressolidificada, com áreas de fusão e pouca evaporação. Concluiu-se que o laser de diodo de alta potência pode promover a fusão do esmalte, em função dos parâmetros de irradiação.

Descritores: laser de diodo, esmalte dentário, cárie.

ABSTRACT

The aim of this work is to verify if a high power diode laser can effectively modify the morphology of an enamel surface, and if this can be done in a controlled way by changing the laser pulse parameters. Previous studies, using other types of lasers, have shown that fusion of the enamel surface followed by resolidification can be an effective method to create a protective surface layer which increases the resistance of the enamel against acid attack and therefore makes the enamel less vulnerable to caries decay. A series of enamel samples from human teeth, sliced and with their surface polished, were painted with dye ink and then irradiated with a focused, high intensity beam of a diode laser. The diode laser operated at 960 nm, and its pulse duration varied from one to 50 ms. In this study three different energy densities: 287 J/cm², 172 J/cm² and 57 J/cm² were used. The treated samples were qualitatively compared under SEM. All irradiated samples showed a homogeneously, resolidified surface showing principally fusion and less evaporation. The diode laser permits fusion of the enamel surface and some control over the thickness of the resolidified enamel layer as a function of laser parameters.

Key words: diode laser, enamel, caries.

INTRODUÇÃO

A prevalência e a severidade das cáries dentárias e das doenças periodontais estão mudando devido aos métodos preventivos aplicados em alguns países. O correto diagnóstico somado à avaliação do risco de cárie podem proporcionar modelos de ações preventivas primárias, isto é, aquela feita na ausência da doença clinicamente detectável. Neste sentido, abre-se espaço para novas pesquisas adequando métodos que venham não apenas incrementar a ação do flúor, mas que atuem também na resistência do esmalte dentário frente aos fatores predisponentes à cárie.

O uso dos lasers na odontologia vem crescendo de forma vertiginosa e a cada dia surgem novos trabalhos onde é demonstrada sua eficiência como um excelente coadjuvante na prática odontológica diária[1].

Os primeiros estudos com o objetivo de modificar a estrutura do esmalte dentário com laser tiveram seu início na década de sessenta, onde os resultados relatados sugerem uma redução na desmineralização do esmalte frente a um ambiente ácido[2]. Isto demonstra que, desde cedo, as primeiras pesquisas com o laser em odontologia se preocuparam em criar métodos preventivos de combate à cárie.

Muitos dos princípios básicos que determinam a interação da luz laser com os tecidos biológicos são relativamente simples. Além das propriedades da radiação laser, como seu comprimento de onda, características de emissão contínua ou pulsada e a intensidade do feixe laser, as propriedades ópticas do tecido alvo têm um papel fundamental na absorção ou não da luz laser. Portanto, estas propriedades determinam a natureza e a extensão da resposta do tecido frente à incidência da radiação laser.

Os tecidos de interesse para este trabalho são principalmente os tecidos duros dentais, mais especificamente o esmalte dentário. As características ópticas do esmalte são de grande importância para aplicação clínica do laser em odontologia. Na região de emissão do laser de diodo de alta potência (960nm) a água e a hidroxiapatita são praticamente transparentes, levando a uma penetração mais profunda da radiação no tecido[3]. A partir desses conhecimentos básicos, foram investigadas as

alterações morfológicas do esmalte dentário, especificamente fusão, irradiado pelo laser de diodo 960nm, e posterior análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). No sentido de aumentar a eficiência de absorção do laser pelo esmalte e ao mesmo tempo impedir uma penetração mais profunda da emissão laser no interior do tecido, aplicamos na sua superfície um corante absorvedor à base de tinta nanquim [4-7].

Optou-se pela escolha do laser de diodo para aplicação em tecidos duros dentais, porque este laser pode vir a ser um equipamento menor, comercialmente mais barato, isento de manutenção e ergonomicamente viável para o uso odontológico, se comparado a outros equipamentos. É importante também a investigação dessas alterações morfológicas no esmalte frente às variações dos parâmetros de irradiação do laser utilizado neste trabalho. Para tanto, foram utilizados parâmetros de irradiação obtidos através da operação no regime quase-contínuo do laser (quasi - cw).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os lasers de diodo de alta potência podem emitir continuamente de 5 a 60 Watts de potência, com comprimentos de onda que podem variar desde o visível do espectro eletromagnético, até o infravermelho próximo. Basicamente sua aplicabilidade está relacionada ao processamento de materiais, no bombeamento de lasers de estado sólido, e atualmente estão sendo investigadas, por este grupo, aplicações na odontologia.

Um laser de diodo é um pequeno cubo de material semicondutor com dimensões milimétricas, que converte diretamente corrente elétrica em energia luminosa. O material é crescido em camadas, dentro de um recipiente especial, similar ao crescimento de um cristal de quartzo na natureza. A energia luminosa é emitida em forma de feixe laser por uma das faces do cubo e apresenta no máximo uma potência de poucos Watts.

Para obter um laser de diodo de alta potência, em torno de 20 cubos são crescidos, um ao lado do outro, num único passo de crescimento, de tal maneira que todos emitam na mesma direção. Para remover o calor existente durante a operação do laser de semicondutor, este

dispositivo, chamado **barra de diodo**, precisa ser prensado no topo de um bloco de cobre. Devido à sua construção em forma de barra, o feixe laser emitido pelos 20 emissores é extremamente alongado e tem na saída da barra uma dimensão de 1 cm x 10 micrômetros.

Para a grande maioria das aplicações, este feixe precisa ser transformado num feixe laser com seção circular que pode ser obtido com um conjunto de óptica bastante complexo entre a barra de diodo e o local de aplicação, conforme a figura 1 [8].

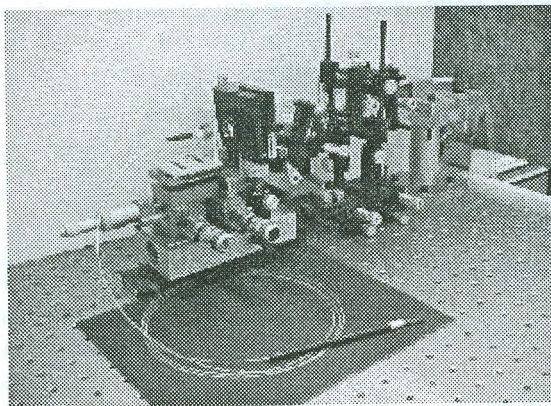


Fig. 1 - Protótipo laser de diodo 960nm de alta potência.

Inicialmente foi determinada uma intensidade de irradiação laser propícia à obtenção de efeito de fusão da superfície do esmalte, utilizando o fotoiniciador "nanquim" [9]. Experimentalmente verificou-se que uma potência pico acima de 10 W causa predominantemente ablação e pouca fusão enquanto potências abaixo de 1 W não causam fusão na estrutura, utilizando fibra de 365 mm de diâmetro. Portanto, foi mantida a potência pico intermediária de 6 W em todos os experimentos.

A duração dos pulsos laser foi utilizada como parâmetro variável para ajustar a intensidade de energia e causar fusão com diferentes aspectos morfológicos.

Para a realização deste trabalho foram utilizados dentes humanos hígidos e extraídos por indicação ortodôntica. Após serem separadas das raízes, as coroas dentárias foram mantidas em solução de soro fisiológico, a fim de que guardassem as condições de hidratação semelhantes às encontradas no meio bucal. As amostras foram incluídas em resina epoxy e após 24h cortadas em fatias com disco

diamantado no sentido ocluso-gengival, com uma espessura de aproximadamente 2,5mm.

Optou-se por irradiar as faces internas das amostras por se tratar de áreas onde o esmalte não teve nenhum contato anterior com o meio bucal.

Foram irradiadas 3 amostras com os seguintes parâmetros (Figura 2):

- A1 = Potência pico 6W, fluência de 287J/cm², taxa de repetição 10Hz, duração de pulso 50 ms
- A2 = Potência pico 6W, fluência de 172 J/cm², taxa de repetição 10Hz, duração de pulso 30 ms
- A3 = Potência pico 6W, fluência de 57 J/cm², taxa de repetição 10Hz, duração de pulso 10 ms

As fluências se referem a valores apresentados na superfície de saída da fibra, que foi utilizada em modo não contato, a uma distância de 1mm aproximadamente. Calcula-se que a fluência na superfície do esmalte foi 5 vezes menor.

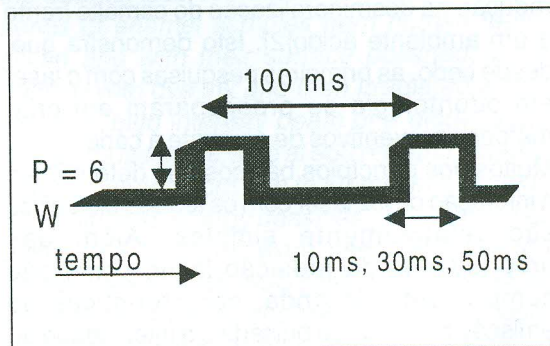


Fig. 2 - Regime de operação do laser de diodo apresentando duração de pulso de 10 ms até 50 ms.

Quando a luz laser incide em um tecido biológico ela pode ser refletida, absorvida e transmitida, o que em certas ocasiões pode levar a danos térmicos irreversíveis. Para diminuir a transmissão e aumentar a eficiência de absorção da radiação laser pela superfície do esmalte foi utilizado um corante à base de tinta nanquim, espalhado até uma das metades da amostra a ser irradiada. A outra metade serviu de controle para comparação com a área não irradiada. Após cada irradiação, as amostras foram condicionadas novamente em solução de soro

fisiológico até a preparação para o MEV. Este procedimento manteve o grau de hidratação do esmalte adquirido no início do experimento.

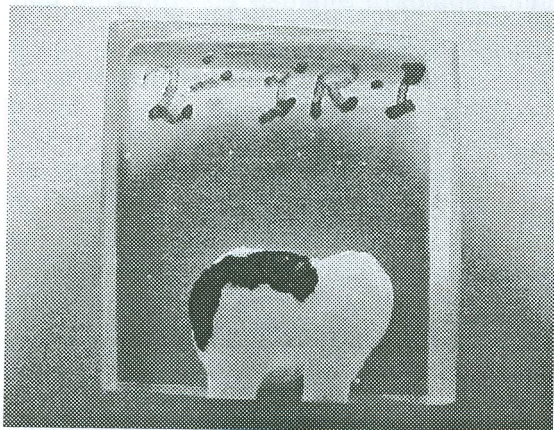


Fig.3 - Amostra incluída em resina.

RESULTADOS

As amostras observadas através do MEV mostraram áreas de ressolidificação no esmalte dentário em conformidade com o decréscimo da duração temporal do pulso, mantendo-se uma potência pico de 6W. As alterações morfológicas apresentadas nas amostras de esmalte irradiadas pelo laser de diodo sugerem áreas de fusão.

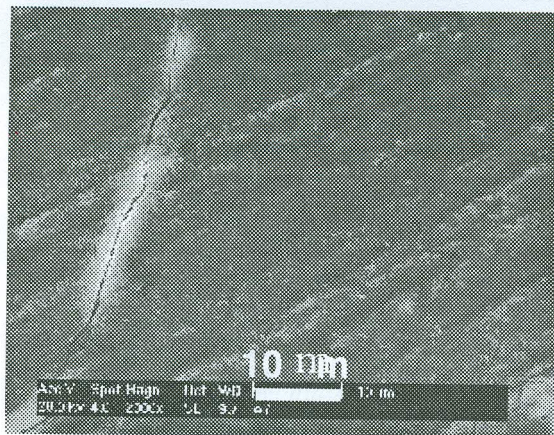


Fig. 4. - Amostra de esmalte não irradiado

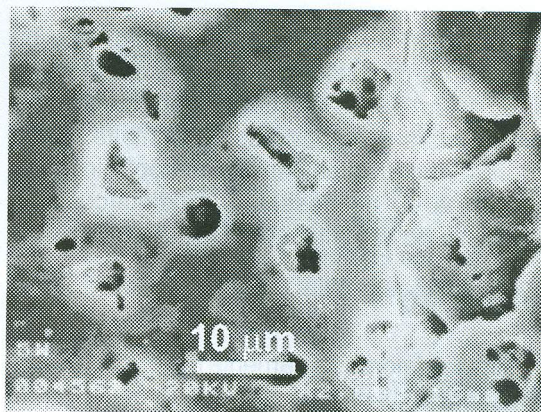


Fig. 5 - Amostra 1 : 287 J/cm²

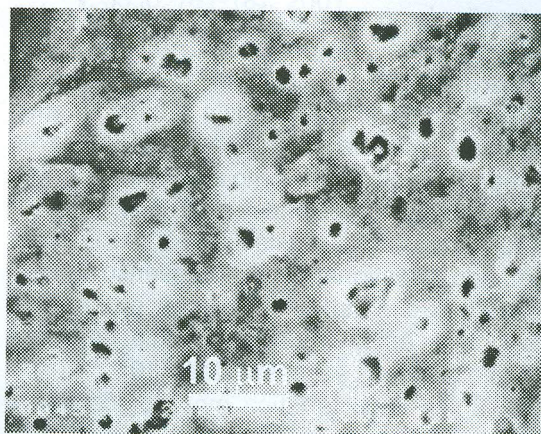


Fig. 6- Amostra 2 : 172 J/cm²

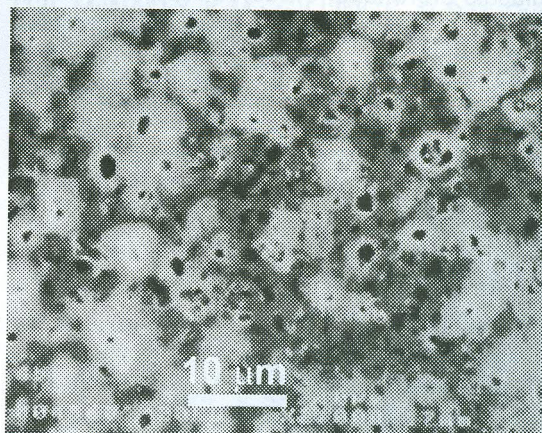


Fig. 7 - Amostra 3 : 57 J/cm²

Pode-se notar uma alteração da rugosidade da superfície, pela diminuição no diâmetro dos poros em decorrência do decréscimo da duração do pulso laser de 50 ms (Fig. 5) para 30 ms (Fig.

6) e 10 ms (Fig. 7), ou seja fluência. Não há sinais de carbonização ou ablação aparente do tecido e nem danos estruturais significantes, tais como trincas e rachaduras do esmalte. Uma amostra não irradiada serviu de controle, onde se comparou as possíveis modificações na superfície do esmalte, como mostra a figura 4.

DISCUSSÃO

Um dos fatores diretamente relacionados com a incidência da cárie estaria na composição do dente. A maioria dos estudos se refere à fração inorgânica do dente e, apenas recentemente foram desenvolvidas técnicas para permitir a detecção de pequenas diferenças de aspectos físicos ou de componentes químicos que poderiam estar relacionados com a suscetibilidade ou resistência à cárie. Alguns pesquisadores relacionam características de má formação do esmalte, como a hipoplasia, como um dos fatores predisponentes à cárie; contudo, os resultados no qual esta hipótese foi baseada têm sido questionados e o consenso atual é aceitar que existiriam poucas evidências disponíveis em favor deste princípio, embora o mesmo não deva ser desprezado[10].

A única característica morfológica que é admitida e que pode servir como fator predisponente à cárie é a presença de fissuras oclusais profundas, ou de sulcos palatinos ou linguais como no caso dos incisivos e caninos. Essas fissuras tendem a reter alimentos, bactérias, e resíduos e, como são comuns os defeitos nas bases das fissuras, a cárie pode se desenvolver velozmente nestas áreas. Os planos inclinados, ao contrário, com a constância do atrito, tornam-se achatados, fornecendo menos oportunidades de retenção de alimentos nas fissuras e a predisposição à cárie pode ser diminuída.

Desde de a década de sessenta até os dias de hoje, pesquisas revelaram o efeito da terapia laser em tecidos duros dentais, mais especificamente esmalte e dentina, com o intuito de modificar a estrutura morfológica destes tecidos[11-14]. O aspecto mais importante desta alteração é o aumento da resistência do esmalte aos ácidos após a irradiação com diferentes tipos de lasers[4].

O primeiro estudo clínico utilizando a radiação laser com finalidades preventivas foi realizado por

Stern & Sognaes em 1974, onde foi utilizado um laser de rubi com uma densidade de energia de 500 J/cm² a 2000 J/cm² em esmalte dentário [2]. Estes primeiros estudos envolvendo a aplicação do laser em odontologia tiveram pouca preocupação em relação aos efeitos térmicos provocados nos tecidos duros dentais, assim como nos materiais restauradores. Lamentavelmente, os resultados destas pesquisas envolvendo o laser de rubi se mostraram bastante desfavoráveis, já que altas temperaturas provocavam trincas e rachaduras na superfície irradiada. Provavelmente isto se deu pela interação destrutiva do comprimento de onda de 694nm do laser de rubi em relação ao esmalte e à dentina[1].

Sucessivos trabalhos surgiram desde então, onde diferentes tipos de lasers, entre eles o CO₂ (10,3mm), Nd:YAG (1064nm) e Er:YAG (2,94mm) foram utilizados no sentido de modificar a estrutura do esmalte. Os resultados comprovaram efeitos semelhantes onde o esmalte sofreu uma ressolidificação após atingir a temperatura de fusão da hidroxiapatita (900°C a 1200°C) e provocar microexplosões[4,11,13].

Nos resultados apresentados, levando-se em consideração a barra de escala de 10mm utilizada na microscopia, pode-se fazer uma comparação entre os diversos diâmetros dos poros na superfície do esmalte irradiado. Isto se deu em decorrência da diminuição da largura temporal do pulso laser aplicado nas diferentes amostras. Os resultados se mostraram bastante semelhantes àqueles encontrados com o laser de Nd:YAG em aplicações em tecidos duros dentais. Porém, existem grandes diferenças no modo de agir entre os lasers pulsados utilizados até então e o laser de diodo. Enquanto nos lasers pulsados a energia fornecida em cada pulso está atrelada a uma potência e duração de pulso fixas, o laser de diodo permite que a duração do pulso seja adaptada e otimizada ao processo. Teoricamente isto acarretaria menor dissipação do calor em torno da estrutura dentária e melhor distribuição do efeito desejado.

Uma consequência deste modo de operar dos lasers pulsados convencionais, é que a fusão dos cristais de hidroxiapatita sempre está acompanhada de uma evaporação de material em consideráveis quantidades. Com o laser de diodo foi possível minimizar a evaporação conforme visto nos resultados analisados por MEV.

CONCLUSÃO

As alterações morfológicas apresentadas nas amostras de esmalte irradiadas pelo laser de diodo de alta potência sugerem áreas de fusão seguida de ressolidificação. Pode-se notar uma diminuição da rugosidade, assim como uma alteração no diâmetro dos poros na superfície das amostras em decorrência do decréscimo dos parâmetros de irradiação. Não há presença de danos térmicos ou trincas aparentes que pudessem ser detectadas pelo exame de Microscopia Eletrônica de Varredura.

Com o correto controle dos parâmetros de irradiação do laser de diodo 960nm, será possível dar uma alta especificidade na aplicação em tecidos duros dentais, abrindo-se assim uma nova fonte de pesquisas.

REFERÊNCIAS

- [1] MISERENDINO, L.J.; PICK, R.M. *Lasers in Dentistry*. Quintessence Publishing Co, Chicago, 1995.
- [2] STERN, R.H.; SOGNAES, R.F. Laser beam effect on dental hard tissues. *J. Dent. Res.*, V. 43, p. 861-873, 1964.
- [3] KOORT, H.J; FRENTZEN M.; "Laser Effects on Dental Hard Tissues". In: *Lasers in Dentistry*, Quintessence Publishing Co, Chicago, 1995.
- [4] CECCHINI, R.C.; PELINO, J.E.; ZECELL, D.M.; MELLO, J.B.; CARDOSO, A.O.; SALVADOR, V.L.; EDUARDO, C.P. Acid resistance of enamel treated with Nd:YAG laser associated with fluoride and exposed to a *S. mutans* culture media. In: *proceedings of 6th International Congress on Lasers in Dentistry*. Maui, Hawaii: Jul. 1998. p. 53-57.
- [5] HESS, A.J. Scanning Electron Microscopic Study of Laser-Induced Morphological Changes of Coated Enamel Surface. *Lasers Surg. Med.* V. 10, p. 458-462, 1990.
- [6] OHO, T. MORIOKA, T.- A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res.*, V. 24, p. 86-92, Jul. 1990.
- [7] HOLDSWORTH, A.R.; BAKER, H.J. Assessment of micro-lenses for diode bar collimation. In: *proceedings of Photonics West*. San Jose, California: SPIE 3000. Aug. 1997.
- [8] WETTER, N.U. Three-fold effective brightness increase of laser diode bar emission by assessment and correction of diode array curvature. *Opt. Laser Technol.*, V. 33, p. 181-187, 2001.
- [9] YAMAMOTO, H.; SATO, K. Prevention of dental caries by Nd:YAG laser. *J. Dent. Res.*, V. 59, p. 2171 - 2177, Feb. 1980.
- [10] DOUGLASS, C.W. Risk Assessment in Dentistry. *J. Dent. Educ.*, V. 62, n. 10, p.756-761, 1998.
- [11] FEATHERSTONE, J.D.B.; BARRETT, N.A.K. Rational choice of laser conditions for inhibition of caries progression. *Lasers in Dentistry, Proceedings*. SPIE 2394, 1995. p.57-67.
- [12] McNALLY, K.M.; GILLINGS, R.D.B. Dye-assisted Diode Laser of Carious Enamel and Dentine. *Australian Dent. J.*, V. 44, n. 3, p.169-175, 1999.
- [13] MORITZ, A. Procedures for enamel and dentine conditioning: A comparison of conventional and innovative methods. *J. Esth. Dent.*, V. 10, n. 2, p. 84-93, 1998.
- [14] MYERS, T.D.; MYERS, W.D. The use of a laser for debriement of incipient caries. *J. Prosth. Dent.*, V. 53, n. 6, p.776-779, Nov. 1985.