

DETECÇÃO DE EROÇÃO DENTAL UTILIZANDO ANÁLISE DO ESPALHAMENTO DE LUZ COERENTE – SPECKLE

Koshoji, N.H., Bussadori, S.K., Bortoletto, C.C., Mendes A.S., Martins J.S., Prates, R. A., Oliveira M.T. e Deana, A.M.

UNINOVE, São Paulo, Brasil

e-mail: amdeana@uninove.br

Resumo: A erosão dental é uma lesão cervical não cariosa que provoca o desgaste progressivo da estrutura dentária através de processos químicos que não envolvem ação bacteriana. Sua origem esta relacionada a hábitos alimentares ou doenças sistêmicas, que envolve o contato do dente com substâncias que apresentam pH muito baixo. Este trabalho tem por objetivo demonstrar uma nova metodologia que quantifique essa lesão através de padrões de espalhamento de luz coerente sobre a superfície dentária utilizando a Teoria Estatística.

Através dessa metodologia, pode-se observar que a medida que o tempo de ataque de uma substância sobre um tecido dental aumenta, a diferença relativa do mapa de contraste (LASCA) da região sadia com a região lesionada também evolui.

Os grupos submetidos a 10 min, 20 min, 30 min e 40 min de ataque apresentaram, respectivamente, os seguintes aumentos percentuais de contraste: 19,5(68)%, 33,9 (65)%, 41,6(51)% e 39,6(45)%. A pequena queda no contraste relativo do grupo de 30 min para 40 min não é significativa ($p=0,6934$).

Palavras-chave: Erosão dental, laser, speckle.

Abstract: *Dental erosion is a non-carious cervical lesion that causes the progressive wear of the tooth structure by chemical processes not involving bacterial action. Its origin is related to eating habits or systemic diseases involving the tooth contact with substances that have very low pH. This work aims to demonstrate a novel methodology that quantifies the injury through scattering patterns of coherent light on the tooth surface using the Statistical Theory.*

This technique shows a correlation between the acid each duration and the laser speckle contrast map (LASCA). The experimental groups presented a relative contrast between the eroded and sound tissue of 19,5(68)%, 33,9 (65)%, 41,6(51)% e 39,6(45)% for 10 min, 20 min, 30 min and 40 min of acid eaching, respectively. The small decay from 30 min to 40 min is not statistically significant ($p = 0,6934$).

Keywords: *Dental erosion, laser, speckle.*

Introdução

O desgaste dental pode ser considerado como um

processo natural causado pelo atrito da mastigação e escovação e pelo consumo de alimentos ácidos. Este processo passa a ser considerado patológico quando o grau de destruição do dente compromete a estética e a funcionalidade dos dentes e surge sensibilidade dentária, desde um leve desconforto até a impossibilidade de ingestão de determinadas substâncias [1].

Dentre diversas patologias que podem acometer o tecido, a erosão dental ganhou destaque e importância nos últimos anos, não só na população mais idosa, como também em crianças e adultos, devido ao ritmo da vida moderna, que tem influencia na substituição de alimentos frescos por alimento industrializados contendo acidulantes e conservantes. Há uma estreita relação do aumento da erosão dental com a ingestão de alimentos e bebidas consideradas ácidas [2,3,4] e, além do mais, é possível observar também, uma relação da erosão com algumas doenças sistêmicas, como por exemplo, refluxo, bulimia, vômitos decorrentes por alcoolismo [2,5-7], pois o suco gástrico é uma substância ácida que possui pH baixo.

A desmineralização da estrutura dentária é usualmente causada por substância ácida com pH inferior ao crítico para o esmalte (5,5) e dentina (4,5) que pode dissolver os cristais de hidroxiapatita [7,8]. Dentre os principais sintomas, tem como destaque a dor, a descoloração, a transparência, a formação de rachaduras e a formação de pequenas indentações, o que faz com que a estrutura microscópica do tecido dental sofra alterações em sua superfície.

Alguns estudos na literatura [2-9] buscam prevenção das lesões de erosão. Como a perda do tecido dental é irreversível, o diagnóstico precoce minimiza os danos e assume importante papel nas decisões do cirurgião-dentista.

Speckle - Segundo Goodman (1984), *speckle* é um fenômeno que pode ser descrito estatisticamente. Os métodos para a análise e interpretação das imagens baseiam-se em informações obtidas por meio de estatísticas de primeira e segunda ordem das intensidades de brilho da imagem capturada. Para simplificar a análise, Goodman desenvolve um modelo na estatística de primeira ordem, que descreve os granulados óticos, por meio da média, variância e desvio padrão das intensidades [10].

A equação (1) representa a equação da intensidade média $\langle I \rangle$:

$$\langle I \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (1)$$

Onde I é a intensidade e $\langle I \rangle$ a intensidade média.

O desvio padrão da intensidade do espalhamento óptico é obtido pela equação (2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \langle I \rangle)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Onde n é o tamanho amostral, ou seja, $n = M \times N$ pixel de uma imagem.

Para ampliar a diferença entre as regiões sadias e lesionadas, foi utilizada uma técnica bastante comum em *speckle* dinâmico, o método LASCA [11,12]. Este método consiste em calcular o contraste da imagem, dado pela seguinte equação (3):

$$C = \frac{\sigma}{\langle I \rangle} \quad (3)$$

Neste trabalho foi utilizada a análise estatística de imagens que contém informações de padrões de espalhamento óptico sobre uma superfície do tecido dental, iluminada por luz coerente, denominado *speckle*. O *speckle* é formado por um conjunto de granulados ópticos claros e escuros oriundos da reflexão difusa e retroespalhamento de luz coerente sobre uma determinada superfície [12,13]. O estudo do padrão dos granulados ópticos em tecidos biológicos apresenta um potencial para o diagnóstico médico, pois o padrão *speckle* apresenta mudança em seu comportamento dependendo da rugosidade da superfície iluminada. Sendo dessa forma, possível, encontrar uma associação entre padrão de espalhamento óptico e a desmineralização, acometido pela erosão dental.

Materiais e métodos

Amostras - Foram obtidos 32 fragmentos da superfície vestibular de incisivos bovinos e inseridos em pequenas porta-amostras. Em cada porta-amostras foram incluídos dois fragmentos de aproximadamente 6x6 mm em tudo de PVC com resina acrílica, deixando exposto o esmalte dental de maneira plana e paralela. Cada amostra foi polida durante 60 segundos, utilizando-se lixas d'água com diferentes granulometrias (400, 600, 1000 e 1200) e, em seguida, disco de feltro associado à pasta diamantada para polimento. Cada fragmento foi dividido em duas partes, sendo uma parte protegida por duas camadas de esmalte de unha, classificada como região sadia (grupo controle) e, a outra, exposta e submetida a processos de corrosão químico, classificada como região lesionada.

Para a realizar o desafio erosivo, as amostras foram divididas em 4 grupos e imersas em 30 ml de refrigerante à base de cola (pH com aproximadamente

2,5), e em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C). A imersão ocorreu duas vezes ao dia, durante 7 dias consecutivos, seguindo a condição experimental:

- Grupo 1 (n=8) = 10 minutos;
- Grupo 2 (n=8) = 20 minutos;
- Grupo 3 (n=8) = 30 minutos;
- Grupo 4 (n=8) = 40 minutos.

Após cada desafio, as amostras foram lavadas durante 20 segundos em água deionizada e secas em temperatura ambiente, para então serem armazenadas em umidade, até a realização do desafio seguinte [14-17].

Ao término do desafio, as superfícies das amostras foram submetidas à avaliação por imagem *speckle* [18]. Cada amostra foi iluminada com um laser He-Ne com comprimento de onda de 633 nm (vermelho). O laser ficou disposto a uma distância de aproximadamente 76 cm da amostra e no caminho óptico foi posicionada uma lente para expandir seu feixe de modo que sua área pudesse abranger uma maior área da amostra.

A imagem irradiada foi capturada por uma câmera CCD colorida com captação das imagens em RGB.

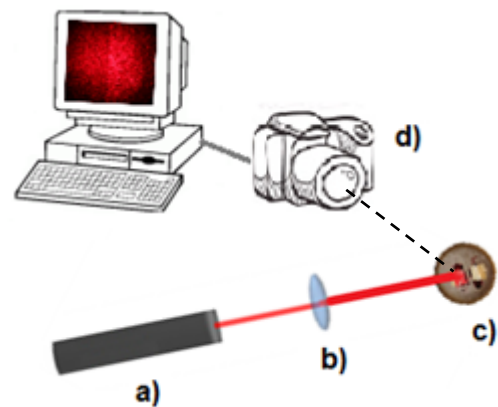


Figura 1: Diagrama esquemático do arranjo experimental: (a) Laser HeNe com comprimento de onda 633nm; (b) lente com foco $f = 40$ cm; (c) amostras; (d) câmera Canon T1.

Conforme mostra o esquema da figura 2, as imagens obtidas foram redimensionadas por em uma matriz de 700x700 pixels contendo a região lesionada, situada na metade esquerda da imagem, e a região sadia, na metade direita. De cada fragmento (figura 2a) obteve-se uma imagem oriunda de uma fonte de luz branca (figura 2b) e uma imagem iluminada com uma fonte de luz coerente (figura 2c).

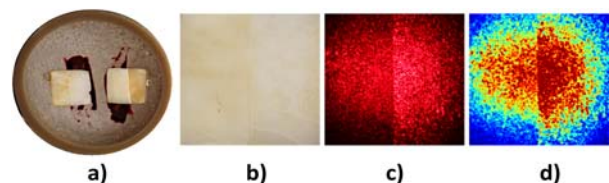


Figura 2: Procedimento para obtenção e análise das imagens *speckle*: (a) amostra; (b) imagem sob luz branca;

ca; (c) imagem sob luz coerente; (d) imagem com falsas cores.

A imagem composta de luz coerente foi processada por um algoritmo desenvolvido neste projeto de modo a quantificar o granulado óptico das regiões sadia e doente. Esta imagem composta de 700x700 pixels foi dividida em pequenas regiões de tamanho 4x4 pixels, de modo a obter a calcular sua intensidade média, gerando uma nova imagem de 175x175 pixels de falsas cores (figura 2d).

Resultados e Discussão

Em todas as 32 amostras, obteve-se a intensidade média do conjunto de pixel e seu desvio padrão, e de forma geral, percebeu-se que o valor da intensidade média da região lesionada é menor que na região sadia (figura 3). No cálculo do desvio padrão, nota-se também que o valor do desvio padrão da região lesionada é ligeiramente maior do que na região sadia.

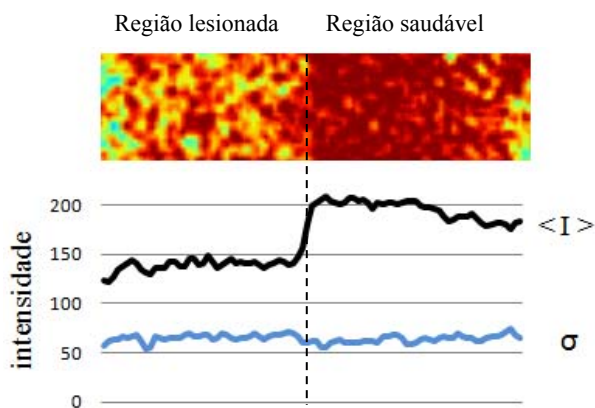


Figura 3: Média das intensidades e seu desvio padrão da região lesionada e região saudável.

Utilizando cálculo do contraste pelo método LASCA, verificou-se que o contraste da região sadia é menor que o contraste na região lesionada portanto, no mapa de LASCA da figura 4, pode-se observar as diferentes tonalidades apresentada entre as regiões.

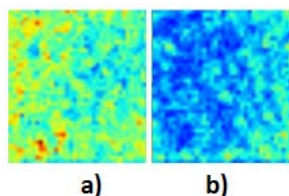


Figura 4: Mapa de LASCA típico: (a) região lesionada; (b) região saudável

O contraste relativo entre a região sadia e a lesionada foi determinado de acordo com (4):

$$1 - \frac{\langle R. Sadia \rangle}{\langle R. Lesão \rangle} \quad (4)$$

A Tabela 1 mostra a média do contraste relativo de cada grupo:

Tabela 1: Contraste relativo em cada grupo.

Ataque (min)	Contraste relativo RS/RL (EP)
10	0,195 (68) ^{a, b}
20	0,339 (65)
30	0,416 (51) ^a
40	0,396 (45) ^b

a: $p = 0,0184$

b: $p = 0,0263$

Da tabela 1, pode-se observar que a medida que o tempo de ataque evolui, ocorre um aumento na diferença relativa da região sadia com a lesionada.

O contraste relativo do grupo submetida a 10 min de ataque foi de 19,5(68%). Ao nível de significância $\alpha=0,05$, há diferença estatisticamente significativa entre este grupo e a região sadia ($p=0,0123$), demonstrando que a análise do mapa de LASCA do tecido dental é sensível suficiente para detectar mudanças sutis da microestrutura dental provocadas pelo processo erosivo.

Aumentando-se o tempo de ataque ácido, há uma evolução no contraste relativo para 33,9(65%), 41,6(51%) e 39,6(45%), respectivamente, para 20 min, 30 min e 40 min de ataque, demonstrando uma correlação entre o processo erosivo e o mapa de LASCA. A pequena queda no contraste relativo observado de 30 para 40 min não é significativa ($p=0,6934$).

Conclusão

Este estudo procurou demonstrar, pela primeira vez, que é possível quantificar a progressão da erosão do tecido dental, de forma não destrutiva e não invasiva, utilizando a análise de padrão *speckle*.

Com a aplicação da estatística de primeira ordem nas imagens oriundas do retroespalhamento da luz coerente aplicado sobre a superfície do esmalte dental, foi possível detectar a erosão com base em suas propriedades ópticas. Verificando, dessa forma, uma correlação existente entre o padrão de espalhamento óptico e a desmineralização ocorrida nessa superfície.

Referências

- [1] Zero DT, Lussi A. Behavioral Factors. In: Lussi A, Dental Erosion: From diagnosis to therapy. Monogr Oral Sci. Basel, Karger. 2006; 20(7):100-105.

- [2] Castelan A, Guedes APA, Santos PH. Erosão dental e suas implicações sobre a saúde bucal. RFO. 2010 jan-abr, 15 (1):83-86.
- [3] Sobral MAP, Luz MAAC, Gama-Teixeira A, Garonne-Neto N. Influência da dieta líquida ácida no desenvolvimento de erosão dental. Pesq. Odont. Bras. 2000 out-dez; 14(4):406-410.
- [4] Zero DT, Lussi A. Erosion-chemical and biological factors of importance to the dental practitioner. Int Dent J. 2005. 55(4):285-290.
- [5] Barbosa LPB, Prado JR RR, Mendes RF. Lesões cervicais não cariosas: etiologia e opções de tratamento restaurador. Rev Dent Online. 2009 jan-mar; 8(18):5-10.
- [6] Hoepfner MG, Massarollo S, Bremm LL. Considerações clínicas das lesões cervicais não cariosas. Publ UEPG Ci. Biol. Saúde. Ponta Grossa. 2007 set-dez;13(3/4):81-86
- [7] Barron RP, Carmichael RP, Marcon MA, Sandor GK. Dental erosion in gastroesophageal reflux disease. J Can Dent Assoc. 2003;69:84-9.
- [8] Grippo JO, Simring M, Schreiner S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions. J Am Dent Assoc. 2004;135:1109-18; quiz 63-5.
- [9] Moraes MCD. Análise in vitro da progressão de lesões de erosão em dentina após irradiação com laser de Nd:YAG e flúor através de Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Dissertação. Mestrado Profissionalizante Laser em Odontologia, USP-IPEN 2012.
- [10] Goodman JW. Statistical Properties of Laser Speckle Patterns. In: Dainty, J.C. (ed). Laser speckle and related phenomena. Berlin: Springer-Verlag, 1984. P. 9-75.
- [11] Briers JD, Webster S. Laser speckle contrast analysis (LASCA): a non-scanning, full-field technique for monitoring capillary blood flow. J. Biom. Opt. v.1, n.2, Apr. 1996. P.174-179.
- [12] Silva RE. Estudo das propriedades do biospeckle e suas aplicações. Dissertação. Instituto de Física da Universidade de São Paulo. 2007.
- [13] Rabal HJ, Braga JR RA, Trivi M, Rabelo GF. Dynamic laser Speckle and applications. New York: CRC, 2008. v. 1, 282p.
- [14] Schluter N, Hara A, Shellis RP, Ganss C. Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine. Caries Res. 2011; 45(Suppl 1):13-23
- [15] Shellis RP, Ganss C, Ren Y, Zero DT, Lussi A. Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. Caries Res 2011; 45(1) 69-77
- [16] Brevik SC, Lussi A, Rakhmatullina. A new optical detection method to assess the erosion inhibition by in vitro salivary pellicle layer. Journal of Dentistry 2013; 41: 428-435;
- [17] Cheng ZJ, Wang XM, Cui FZ, Ge F, Yan JX. The enamel softening and loss during early erosion studied by AFM, SEM and nanoindentation. Biomed Mater. 2009; 4: 1-7
- [18] Deana AM, Jesus SHC, Koshiji NH, Busadori SK, Oliveira MT. Detection of early carious lesions using contrast enhancement with coherent light scattering (speckle imaging). Laser Physics, 23, p.075607, 2013