

VIABILIDADE DE USO DA TRANSLUMINAÇÃO DENTAL PARA VISUALIZAÇÃO DE CANAIS INTRARADICULARES EM DENTES HUMANOS

C. L. Grandisoli*, F. D. Alves de Souza*, P. A. da Ana*, D. M. Zezzel** e E. C. Lins*

* Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas/UFABC, Santo André, Brasil.

** Centro de Lasers e Aplicações/IPEN, São Paulo, Brasil.

cristine.leticia@aluno.ufabc.edu.br

Abstract: In the routine of dental clinics the verification of pulp tissue's vitality is a significant evidence of a permanent damage. Dental Transillumination is a technique based on capturing infrared radiation transmitted through tooth tissues with the aim to reveal internal structures of tooth. Our proposal is study the application of Dental Transillumination on diagnoses the health of pulpar tissue. Here we present initial results which reveal the viability for using Dental Transillumination to imaging the pulp chamber and root canals. In this study sound incisive and molar human teeth were used to capture images of the near infrared radiation (900nm-1700nm) transmitted through specimens. The experimental setup is based on a halogen lamp and a FPA camera (InGaAs sensor). Results reveal the viability to visualize canals and pulp chamber when a broad source of infrared radiation has been used. Positive results are more frequently for incisive teeth than molar due to the width of specimen. The results lead us to conclude that increasing the amount of ballistic photons it is possible to visualize the canals. The amount of ballistic photos detected could be increased by using a broad infrared light source or extending the exposure time of the InGaAs sensor. Special attention should be given to the geometry of light source to improve the image capturing.

Palavras-chave: Diagnóstico óptico, Transiluminação dental, Imagens espectrais, Canais radiculares.

Introdução

No dia-a-dia da clínica odontológica uma das informações de maior relevância a respeito da saúde de um elemento dental é a vitalidade do seu tecido pulpar. A polpa dental é o tecido mais interno do dente, revestida pela dentina e mais externamente pelo esmalte (parte coronária) ou pelo cemento (parte radicular). Ela é formada por tecido conjuntivo frouxo e é rica em nervos, fibras e vasos sanguíneos. Por sua composição a polpa é considerada um tecido mole (soft tissue) e sua função principal é garantir a formação de dentina (dentinogênese) durante toda a vida do indivíduo. Como

funções complementares a polpa tem atividade nutritiva e sensorial. Uma vez que a polpa do dente é diagnosticada não-vital por consequência de infecções, traumas ou patologias endodônticas, o procedimento clínico sugere a realização de tratamento com remoção total do tecido degradado, desinfecção do tecido restante e reparo dental para re-isolar o tecido mole de patógenos externos [1-6].

Em geral o protocolo clínico para verificar a vitalidade pulpar sugere ao cirurgião-dentista a análise da sensibilidade e do fluxo sanguíneo da polpa através de testes clínicos bem determinados, os quais serão associados com o histórico de dor local do paciente para determinar a saúde pulpar. Enquanto a sensibilidade da polpa informa ao clínico a capacidade do dente em conduzir estímulos nervosos, o fluxo sanguíneo, a qual é a principal fonte de oxigenação e nutrição dos fibroblastos, garante a sua atividade funcional [1]. As principais técnicas utilizadas para aferir o fluxo sanguíneo da polpa são a Oximetria de Pulso (OP) e a Fluxometria Laser Doppler (FLD). A FLD mede a velocidade das partículas contidas nos vasos sanguíneos através do espalhamento de radiação vermelha ou infravermelha e dessa forma indica indiretamente a existência de um fluxo sanguíneo na polpa [2,3]. Já a OP é uma técnica tradicional que revela a quantidade percentual de oxigênio saturado na corrente sanguínea através da medida de absorção de radiação vermelha e/ou infravermelha pela hemoglobina (Hb) e pela oxihemoglobina (HbO₂) [4-6]. Infelizmente o resultado de ambas as técnicas apresentam dependência com a espessura do esmalte e da dentina, com a presença de pigmentos ou restaurações na coroa e principalmente com o posicionamento da ponta de prova sobre o dente, o que aumenta a taxa de falsos diagnósticos [1-6].

No caso da sensibilidade, os testes mais usuais para acessar a atividade nervosa da polpa são os de temperatura e o de condução elétrica. Nos testes de temperatura o clínico submete o dente a variações térmicas, sensibilizando-o ao quente e frio e induzindo estímulos nervosos no paciente. O tipo de sensibilidade relatada pelo paciente informa ao clínico o tipo de fibra nervosa que está atuando e lhe fornece a certificação da atividade nervosa do dente [1-2]. Já no teste de

condução elétrica o clínico submete o elemento estudado a um estímulo elétrico induzido por uma ponta de prova com referência no próprio dente ou em algum tecido mole adjacente. Novamente a resposta do paciente ao estímulo reflete a atividade nervosa do dente, pois o estímulo elétrico busca ativar fibras nervosas intactas na polpa [1-6]. Em ambos os casos a eficiência do resultado do teste é comprometida pela interpretação subjetiva do paciente ao estímulo induzido. A literatura científica relata que há um aumento significativo de falsos diagnósticos quando jovens ou pacientes ansiosos são testados e antecipam a sensibilidade do estímulo nervoso mesmo sem ele ter sido induzido; ou quando há materiais metálicos em contato com os tecidos internos (como restaurações e pinos radiculares) que conduzem o estímulo elétrico no lugar das fibras nervosas; ou quando dentes traumatizados apresentam alguma ruptura nervosa causado por ferimento, mas o fluxo sanguíneo permanece intacto; ou até mesmo quando o paciente possui alguma desordem psicológica ou está sobre efeito alcoólico, o que altera o seu limite de sensibilidade ao estímulo nervoso [1-3, 6]. Algumas outras limitações dos testes de sensibilidade são o efeito de drogas, a influência etária, a reprodutibilidade dos testes e o efeito do desenvolvimento dental [1].

Gopikrishna, Pradeep e Venkateshbabu [1] acreditam que um teste de ação nervosa com resposta objetiva minimizaria a quantidade de falsos diagnósticos da saúde pulpar; Ingle e Beveridge [7] acreditam que testes de sensibilidade podem ser considerados objetivos, porém outros autores discordam dessa opinião devido à subjetividade da interpretação do paciente ao sentir o estímulo induzido [1-6, 8-9]. Por esse ponto de vista é possível concluir que os testes de sensibilidade são facilmente aplicados no dia-a-dia clínico, porém não são objetivos, enquanto que os testes de fluxo sanguíneo são objetivos, porém sua instrumentação ainda não é adequada ao uso clínico efetivo.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de sistemas ópticos capazes de formar imagens com resolução espectral tem possibilitado maior precisão nos diagnósticos de doenças. Essa modalidade de imagem que combina a técnica de espectroscopia com a formação de imagens digitais é denominada imagem espectral e permite o estudo das propriedades ópticas das amostras (como a reflexão, a transmissão ou a fluorescência emitida) com resolução espacial e espectral ao mesmo tempo [10]. Como as técnicas tradicionais de formação de imagens consideram a detecção de todas as radiações que interagem com a amostra no mesmo instante de tempo, sem a resolução espectral, essa técnica apresenta vantagens, pois permite a análise da interação entre a amostra e um pequeno conjunto de radiações considerando um amplo campo de visão. As imagens espectrais são particularmente usuais em estudos de ciência básica, onde não se conhece qual banda espectral permite o diagnóstico mais preciso de uma doença estudada; após esta avaliação, um instrumento dedicado pode ser confeccionado e empregado [11].

Estudos recentes têm mostrado que as imagens espectrais com radiações da região do infravermelho próximo podem ser exploradas com sucesso para fins de diagnóstico nos tecidos dentais, pois nessa região do espectro há a menor absorção de radiação por parte dos tecidos e imagens das estruturas internas podem ser reveladas [11-13]. A Transiluminação Dental (TD) é uma técnica de formação de imagens baseada transmissão de radiação infravermelha através do dente e tem sido aplicada com sucesso em diagnósticos clínicos de patologias dentais como a cárie [12-15]. Porém ainda não existem resultados publicados na literatura que confrontem a viabilidade do uso da TD no diagnóstico da saúde pulpar. Apesar disso, há dados na literatura que dão indícios da viabilidade dessa aplicação, desde que a instrumentação utilizada esteja ajustada para tal diagnóstico.

Dessa forma, neste artigo apresentamos um estudo inicial de viabilidade de diagnóstico de tecidos internos aos canais radiculares dentais utilizando a TD. Para isso, testamos a viabilidade de visualizar os canais radiculares e a câmara pulpar de dentes humanos íntegros. Este estudo é a primeira parte de uma investigação mais ampla, para uso de TD no diagnóstico do status pulpar de dentes humanos, mas que já apresenta resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade do estudo.

Materiais e Métodos

Preparação das amostras – Para fazer o estudo dentes íntegros incisivos e molares humanos foram escolhidos como espécimes. Todos os dentes foram adquiridos em clínicas odontológicas especializadas. Os dentes foram limpos e aqueles que não apresentavam sintomas de patologias foram selecionados. A Figura 1 apresenta o conjunto de amostras utilizadas no estudo, composto por dois dentes incisivos e dois molares. Os incisivos tem largura variando entre 5 e 7 mm e espessura variando entre 4 e 6 mm. Já os molares possuíam cerca de 14 mm de espessura entre a face vestibular e a lingual; um dos espécimes molares foi cortado com uma cortadeira metalográfica Isomet 1000 (Beuhler, Inc. EUA) com a intenção de minimizar a influência de fótons espalhados pela dentina nas imagens capturadas.



Figura 1: Espécimes do estudo das imagens da TD. Em destaque, dentes incisivos e molares íntegros.

Montagem para captura das imagens da TD – A montagem do experimento segue o esquema apresentado na Figura 2. A figura mostra que para esse experimento uma câmera FPA (*Field Plane Array*) com sensor de InGaAs modelo Xeva 1.7-320 (Xenics, Inc., Bélgica) foi utilizada (Equipamento gentilmente cedido pela empresa REM Ind., representante da Xenics no Brasil). No experimento também foi utilizada uma lâmpada halógena HL-2000 (Ocean Optics, EUA), a qual emite 7 W de radiação entre 360nm e 2µm.

Como não havia nenhum elemento de seleção espectral nessa montagem, de forma a maximizar a quantidade de fótons detectados, o limitante espectral da detecção foi o próprio sensor de InGaAs, a qual captura fótons entre 900nm e 1.7µm. Apesar da câmera permitir o controle do tempo de exposição do sensor, optamos por compor todas as imagens da TD com a exposição ativada apenas em 20 milissegundos. Com a fonte de iluminação banda larga e de alta intensidade, esse tempo de exposição foi suficiente para formar as imagens desejadas.

Ainda completam a montagem polarizadores lineares para evitar a saturação do sensor e lentes para concentrar a radiação da fonte sobre a amostra. Uma alternativa a esta montagem é feita considerando o uso de uma fibra óptica na saída da fonte NIR a qual guia a luz da fonte diretamente sobre a amostra. Neste caso a iluminação pode ser considerada pontual sobre a amostra e concentrada sobre o tecido alvo; isso evita o uso de polarizadores e lentes na frente da fonte NIR e na frente da câmera FPA, pois minimiza o risco de saturação das imagens de transiluminação. A aquisição das imagens foi feita com o próprio software da câmera.

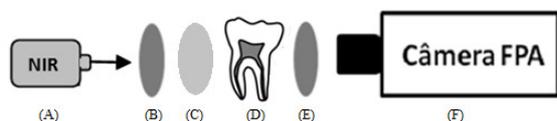


Figura. 2. Esquema da montagem experimental, revelando os principais componentes e o caminho óptico para formação das imagens espectrais. (A) – Fonte de radiação; (B) e (E) – Polarizadores lineares; (C) – Lentes; (D) – Espécime; (F) – Câmera FPA.

Resultados

Os resultados mais significativos do experimento são apresentados na Figura 3, que mostra as imagens da transiluminação dos dentes incisivos (Figura 3A a Figura 3H), bem como os melhores resultados para os dentes molares (Figura 3I a Figura 3L). Como é possível notar, um processamento das imagens da transiluminação é apresentado em conjunto com a sua imagem original para melhor revelar o contraste das radiações transiluminadas. Um detalhe importante é que a iluminação da lâmpada foi guiada até a amostra por uma fibra óptica, o que limitou a área de iluminação da mesma. A distância da fibra à amostra também foi

ajustada para compor a melhor imagem que revelasse a transiluminação do canal radicular ou câmara pulpar.

Para as imagens dos dentes incisivos, tanto na parte superior do dente (coroa) quanto na inferior (raiz) é possível verificar uma região de tonalidades claras (tons de branco) concentradas ao centro da amostra e tonalidades de cor cinza na vizinhança da mesma. Já para os dentes molares a visualização dos canais não é tão fácil. Fica fácil de ver na Figura 3J que há mais radiação na região da dentina e do esmalte, mas os canais radiculares e a câmara pulpar não são visualizados de forma significativa. O mesmo ocorre na Figura 3L.

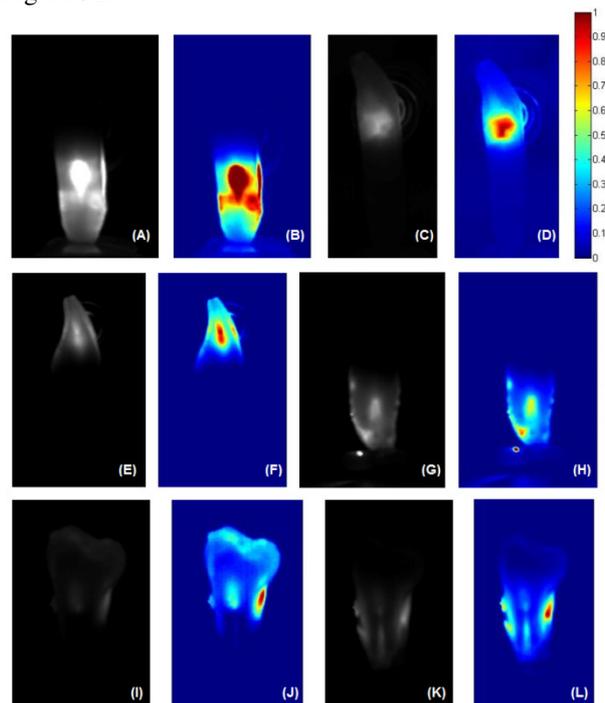


Figura 3: Resultados do experimento de transiluminação com imagens para os dentes íntegros. (A), (C), (E) e (G) são as imagens originais da transiluminação para dentes incisivos, enquanto as imagens (B), (D), (F) e (H) apresenta um processamento sobre as mesmas imagens para aumentar o contraste. As imagens (I) e (K) são imagens originais da transiluminação em um dente molar, enquanto as imagens (J) e (L) apresenta o processamento dessas mesmas.

Discussão

De fato, para os dentes incisivos, a presença do canal radicular aumenta o número de fotos balísticos (não espalhados) que atravessam a amostra e por isso revela um contraste significativo nessa região. Esse dado pode ser melhor revelado pela Figura 3E e pela Figura 3G, porém a Figura 3A e a Figura 3C também comprovam tal informação. Esse comportamento ocorre por causa da baixa espessura dos dentes incisivos (entre 4 mm e 6 mm), o qual fica ainda menor na região onde estão localizados os canais radiculares

Como a espessura dos dentes molares é muito maior que a dos dentes incisivos, era esperado a dificuldade em visualizar os canais radiculares ou a câmara pulpar. Mesmo assim, é possível visualizar muito bem a região da dentina dos molares, e talvez um melhor processamento sobre as imagens possa revelar os canais de forma mais significativa.

Um fato que precisa ser mencionado, é que todas as imagens forma feitas com tempo de exposição de 20 milissegundos, e segundo o fabricante esse valor pode chegar a 400 segundos. Um novo estudo deve envolver o aumento da exposição do sensor, associado com outros elementos ópticos para evitar a saturação do sensor de InGaAs.

Outro fato importante é que a geometria da iluminação (saída de luz da fibra óptica) é determinante sobre a formação da imagem. Uma nova instrumentação deve ser proposta para melhorar a formação das imagens.

Conclusão

A conclusão deste experimento inicial é a prova da viabilidade da transiluminação com radiação infravermelha para formação de imagens dos canais radiculares. Neste caso a instrumentação deve ser dedicada ao objetivo de formação de imagens da câmara pulpar e dos canais radiculares, considerando uma intensidade de radiação significativa para a formação das imagens. O experimento ainda revelou a necessidade de cuidado com a espessura da amostra, de forma que a calibração do sistema deve estar relacionada com a espessura do espécime. Por fim o experimento revelou que a forma de iluminação das amostras também deve ser considerada, pois deve haver o máximo de confinamento de radiação infravermelha sobre a região da dentina e menos radiação atravessando a região do esmalte. Uma alternativa de sucesso é o uso de fibras ópticas, que guiam a radiação diretamente ao ponto desejado de iluminação.

O nosso próximo passo neste estudo é a realização de um experimento que visa discriminar um tecido pulpar sadio de um tecido pulpar degradado. Neste caso, segundo o desenho do nosso experimento, espécimes oriundos de consultórios odontológicos serão levados ao laboratório após exodontia para a captura das imagens de transiluminação e realização de um estudo de espectroscopia de absorção e histologia (padrão ouro) dos tecidos pulpares dos espécimes.

Agradecimentos

À equipe de Ensaios Não-Destrutivos da empresa REM, liderados pela Eng. Lívia Scuracchio, pelo empréstimo da câmera FPA com sensor de InGaAs.

Referências

- [1] Gopikrishna, V., Pradeep, G., Aenkateshabu, N. Assessment of pulp vitality: a review. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2009; Vol. 19, p. 3-15.
- [2] De Paula, E., De Oliveira, F. T., de. *Avaliação da fluxometria laser Doppler como teste da vitalidade pulpar*. 2004. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências, área de concentração: Tecnologia Nuclear - Materiais, do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares.
- [3] De Moraes, M. P. *Fluxometria laser Doppler da polpa dental após clareamento com laser de diodo*. 2006. Dissertação de mestrado profissional do Programa de Pós-Graduação em Ciências, área de concentração: Laser em Odontologia, do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares.
- [4] Jafarzadeh, H., Rosenberg, P. A. Pulse Oximetry: Review of a Potential Aid in *Endodontic Diagnosis*. *Journal of Endodontics*. 2009, Vol. 35, p. 329-333.
- [5] Abrão, C. V. *A oximetria de pulso como recurso auxiliar na determinação da vitalidade pulpar de dentes permanentemente traumatizados*. 2006. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração: Endodontia, da Universidade de São Paulo.
- [6] Kataoka, S. H. H. *A oximetria de pulso como recurso na determinação da vitalidade pulpar em pacientes submetidos à radioterapia para tumores malignos intraorais de orofaringe*. 2010. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração: Endodontia, da Universidade de São Paulo.
- [7] Ingle J. I., Beveridge J. E. *Endodontics*, 2nd edn. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1976.
- [8] Ehrmann E. H. Pulp testers and pulp testing with particular reference to the use of dry ice. *Aust Dent J*, 1977, Vol. 22, p. 272-279.
- [9] Mumford J. M. *Toothache and Orofacial Pain*, 2nd edn. *Edinburgh: Churchill Livingstone*, 1976.
- [10] Vo-dihn, T. *Biomedical Photonics Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 2003.
- [11] Jones, R. S., Huynh, G. D., Jones, G. C., Fried, D. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay. *Optics Express*, 2003, Vol. 11, No. 18, p. 2259-2265.
- [12] Bühler, C. M., Ngotheppitak, P., Fried, D. Imaging of occlusal dental caries (decay) with near-IR light at 1310-nm. *Optics Express*, 2005, Vol. 13, No. 2, p. 573-582.
- [13] Karlsson, L., Maia, A. M. A., Kyotoku, B. B. C., Tranæus, S., Gomes, A. S. L., Margulis, W. Near-infrared transillumination of teeth: measurement of a system performance *Journal of Biomedical Optics*, 2010, Vol. 15, No. 3, p. 036001.
- [14] Fried, D., Glena, R. E., Featherstone, J. D. B., Seka, W. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and near-infrared wavelengths. *Applied Optics*, 1995, Vol. 34, No. 7, p. 1278-1285.
- [15] van der Meer, F. J., Faber, D. J., Aalders, M. C. G., Poot, A. A., Vermes, I., van Leeuwen, T. G. Apoptosis- and necrosis-induced changes in light attenuation measured by optical coherence tomography. *Lasers in medical science*, 2010, Vol. 25, No. 2, p. 259-267.