

Diagnóstico óptico em Odontologia

Optical Diagnostics in Dentistry

Sebastião Pratavieira*
Cintia Teles de Andrade**
Alessandro Cosci***
Cristina Kurachi****

RESUMO

Este artigo apresenta uma breve revisão dos fenômenos que ocorrem na interação da luz com diferentes tipos de tecidos biológicos, tais como dente e mucosa bucal. Apresentam-se também algumas modernas técnicas e sistemas ópticos que utilizam essas interações e estão disponíveis para auxiliar os profissionais no diagnóstico de neoplasias bucais, cáries, desmineralização dentária, placas bacterianas, dentre outros. Todas essas técnicas são excelentes ferramentas auxiliares de diagnóstico, que tornaram o procedimento mais objetivo e quantitativo e o tratamento mais rápido e eficaz, propiciando maior bem-estar ao paciente. Para os profissionais, o diagnóstico óptico apresenta grande potencial para tornar o diagnóstico mais eficiente.

Unitermos – Diagnóstico; Fluorescência; Neoplasias; Cárie dentária.

ABSTRACT

In this article we present a brief review of the phenomena that occur in the interaction of light with different types of biological tissues such as teeth and oral mucosa. We also present some modern techniques and optical systems that use these interactions and are available to help dentists in the diagnosis of oral cancer, caries, dental demineralization, dental plaque, among others. All these techniques are excellent auxiliary tools for a more objective and quantitative diagnosis. For clinicians, optical diagnostics has the potential to improve the conventional diagnostics in Dentistry.

Key Words – Diagnosis; Fluorescence; Neoplasms; Dental caries.

*Doutorando – Instituto de Física de São Carlos – USP, São Carlos, Brasil.

**Mestranda – Instituto de Física de São Carlos – USP, São Carlos, Brasil.

***Pós-doutorando – Instituto de Física de São Carlos – USP, São Carlos, Brasil.

****Professora doutora – Instituto de Física de São Carlos – USP, São Carlos, Brasil.

Interação luz/tecido

A biofotônica baseia-se na investigação dos fenômenos envolvidos na interação da luz com sistemas biológicos. Essa interação pode tanto ser usada para diagnóstico¹ quanto para tratamento de diversas patologias nos tecidos². O uso da luz visível para esses fins apresenta inúmeras vantagens quando comparado a outras técnicas que se baseiam em outras regiões do espectro eletromagnético (raios X, ressonância magnética nuclear, tomografia computadorizada), tais como maior facilidade de geração e emissão, não ionizante, menor custo e mais segura³.

Por ser mais barato, o uso de técnicas ópticas pode ser mais amplamente disponível à população, principalmente para países de economia emergente. Contudo, os custos operacionais dos sistemas de saúde são uma constante preocupação até para os países mais desenvolvidos. No Brasil, segundo estimativas do Instituto Nacional do Câncer, cerca de 490.000 novos casos de neoplasias foram diagnosticados no ano de 2010⁴. Um diagnóstico precoce aliado a um tratamento simples e minimamente invasivo e com poucos efeitos colaterais são algumas das vantagens que a biofotônica pode oferecer à população.

Na Odontologia é cada vez maior o uso da biofotônica para auxiliar o profissional em seus procedimentos diários. Em procedimentos como fotopolimerização de materiais resinosos, fotocloreamento dental, e em alguns tratamentos da hipersensibilidade dentinária, o uso de fontes de luz já é comum. Entretanto, o uso de técnicas ópticas para o diagnóstico de cáries ou de displasias na cavidade oral ainda é pouco difundido, apesar do relato de diversas pesquisas realizadas e em andamento que mostram a grande capacidade dessa técnica.

Atualmente, um dos maiores desafios da biofotônica é auxiliar no diagnóstico precoce de patologias que acometem os tecidos moles e duros da boca. Hoje em dia, o procedimento padrão para o diagnóstico de alterações em tecidos moles é a inspeção clínica (visualização e palpação), seguida de uma biópsia da lesão suspeita detectada. O diagnóstico precoce do câncer, no entanto, não é simples, uma vez que as lesões neoplásicas nos estágios iniciais são clinicamente semelhantes às lesões benignas, muito mais frequentes. Uma detecção precoce de lesões pré-malignas e tumores malignos aumenta significativamente as chances de sucesso do tratamento, assim como diminui a morbidade associada. A biópsia, por ser um procedimento invasivo, frequentemente gera desconforto para o paciente, não apresentando boa aceitação. Além disso, a escolha do sítio de biópsia é um fator crítico, pois em função de heterogeneidades da lesão, existe a possibilidade de não detecção do câncer, caso a região escolhida não for a mais representativa da lesão. Em uma mesma lesão, diferentes padrões histológicos podem estar presentes, resultando em diagnósticos histológicos de normal a carcinoma. O

resultado histopatológico, com exceção do procedimento de congelamento durante uma cirurgia, somente é obtido após alguns dias. Não é possível uma análise *in situ*, uma vez que depende do processamento laboratorial do tecido.

Da mesma forma, na detecção de cárie dental, a maioria dos profissionais conta apenas com inspeção visual, radiografias e sensibilidade tátil por meio de instrumentos de sondagens para a detecção da lesão. Os métodos atuais não apresentam resolução boa para a detecção de lesões em estágios iniciais. Nesse sentido, técnicas ópticas vêm sendo propostas para auxiliar o profissional em um diagnóstico mais quantitativo e precoce⁵.

O uso da luz como ferramenta de diagnóstico é possível, pois quando incidimos luz em um tecido biológico, seja ele tecido mole (por exemplo: mucosa oral) ou tecido duro (por exemplo: dente), temos a ocorrência dos seguintes fenômenos ópticos: reflexão especular (reflexão de Fresnell), reflexão (ou espalhamento) difusa (RD), absorção, transmissão, fluorescência e fosforescência. Na reflexão especular, a luz não entra no tecido, sendo refletida com o mesmo ângulo de incidência em relação à normal. E como a superfície não é perfeitamente regular, existe também a refletância difusa, ou seja, com diversas direções de espalhamento. Porém, neste caso, também temos uma contribuição dos fótons (luz) que penetraram, ou seja, sofreram espalhamento e saíram do tecido. A RD também depende das características de absorção do tecido, se este possui alta absorção, a luz refletida será menor. A capacidade do tecido de absorver ou espalhar um dado comprimento de onda (cor) da luz depende da sua composição química. Tecidos biológicos, em geral, são considerados meios túrbidos, pois os fótons incidentes sofrem múltiplos espalhamentos antes de serem absorvidos⁶⁻⁷.

As moléculas que absorvem luz são principalmente divididas em duas categorias: os cromóforos que absorvem, porém, não emitem luz, ou seja, transformam a energia luminosa em outra forma de energia, por exemplo: calor; e os fluoróforos, que são moléculas caracterizadas por absorver e depois emitir luz, fenômeno conhecido como fluorescência. Os principais absorvedores não fluorescentes são a hemoglobina oxigenada e não oxigenada; os espalhadores fundamentais são as células, organelas subcelulares e fibras de colágeno que indiretamente afetam a intensidade e a forma do espectro de fluorescência do tecido. Cada fluoróforo e cromóforo têm sua própria característica de interação com a luz. A autofluorescência (AF) ou fluorescência endógena (natural) é produzida pelos fluoróforos presentes no tecido, resultando em um perfil característico de emissão. Esses fluoróforos podem estar localizados na matriz extracelular ou nas células. Os principais fluoróforos endógenos presentes na mucosa oral são triptofano, NADH, FAD, colágeno, elastina e queratina. Já no dente, o principal responsável pela fluorescência é a hidroxiapatita. A fluorescência também pode ser obtida

a partir de fluoróforos exógenos, estes são aplicados no tecido e se aderem a uma determinada estrutura tecidual. Essa técnica é conhecida como fluorescência marcada.

O perfil tanto da AF quanto da RD é alterado por absorção e espalhamento que dependem das características bioquímicas e estruturais do tecido. A presença de uma doença altera a concentração dos cromóforos e fluoróforos, alterando assim as propriedades de absorção e espalhamento do tecido. Outras alterações que ocorrem são na concentração sanguínea, na distribuição do núcleo celular, na quantidade de colágeno e na espessura epitelial. Todos esses fatores resultam em modificações em emissão, absorção e espalhamento dos fótons. A AF é o dado mais importante, pois produz uma informação que pode ser correlacionada com a composição bioquímica do tecido analisado, porém, os efeitos ópticos no tecido tornam sua análise complexa⁸⁻⁹.

As informações derivadas de RD e AF podem ser puramente espectrais, ou seja, focadas na composição química dos tecidos; ou morfológicas, onde imagens são obtidas e com isso discriminamos diferentes áreas do tecido com diferentes propriedades ópticas. No caso da análise espectral se obtém a intensidade da luz refletida ou da fluorescência em função do comprimento de onda emitido, técnicas conhecidas como espectroscopia de refletância e fluorescência, respectivamente. Nestes casos, a luz é entregue e coletada no tecido através de fibras ópticas, caracterizadas por terem alta flexibilidade, que permite fácil acesso a várias regiões da boca. No caso das informações morfológicas, as imagens são obtidas iluminando o tecido com uma fonte de luz monocromática (uma só cor) e detectadas por meio de uma câmera fotográfica. Filtros ópticos e/ou lentes podem ser usados dependendo do tipo de imagem que se deseja. Para o uso em diagnóstico, técnicas ópticas de imagem apresentam maior resolução espacial, o que permite delimitar as bordas da lesão. Já a espectroscopia fornece uma análise pontual do tecido, cuja intensidade é mais facilmente quantificável, porém, ambas as técnicas permitem uma avaliação em tempo real⁸.

Imagens de fluorescência e refletância de tecidos biológicos têm se mostrado uma importante técnica óptica para a detecção de alterações teciduais, com o potencial de se tornar uma importante técnica auxiliar de diagnóstico⁹. As técnicas ópticas são atrativas pelo potencial de discriminação bioquímica e estrutural através de uma análise segura, não invasiva, de resposta rápida e de menor influência do avaliador no resultado final do diagnóstico.

Diagnóstico de neoplasias bucais

Muitas pesquisas têm sido feitas para se realizar a detecção de neoplasias bucais de forma mais rápida e eficiente^{1,10-12}. Na prática, a técnica baseia-se em um aumento do contraste entre tecido sadio, que apresenta fluorescência característica, e a lesão que apresenta fluorescência diferente. Alguns equipamentos estão em testes clínicos no Brasil e outros já são comercializados em alguns países, como Estados Unidos e Canadá. Como exemplo temos o Identafi 3000 da Trimira LLC, Houston, Texas (www.identafi.net), que usa diferentes cores para iluminar a cavidade bucal. Já o VELscope da LED Dental, Burnaby, BC, Canadá (www.velscope.com) utiliza a fluorescência para detectar tecidos alterados. Atualmente, esforços estão sendo concentrados na tentativa de desenvolver rotinas de processamento de imagens que tornem o procedimento mais independente da experiência do profissional da saúde¹³.

Deteção óptica dental

Mais recentemente, o desenvolvimento de equipamentos para detecção da perda mineral do elemento dental através da fluorescência tornou-se uma ferramenta auxiliar do cirurgião-dentista passível de ser utilizada na dentística. Estes equipamentos facilitam um acompanhamento periódico, favorecendo a prevenção ou a intervenção imediata da lesão de cárie inicial, assim como o monitoramento da reversibilidade desta perda mineral

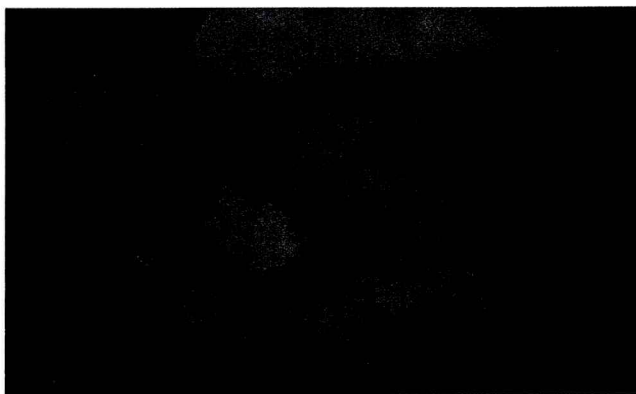
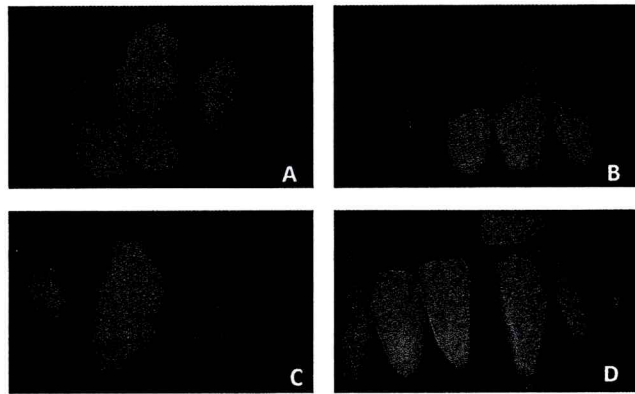


Figura 1

Imagem de fluorescência obtida com o VELscope em borda lateral da língua. Observamos a lesão leucoplásica (área esbranquiçada central) e a região de menor intensidade de fluorescência ao redor.



Figuras 2

Imagens de fluorescência ilustrando. A. Dentes anteriores saudáveis. B. Coroa protética em dente anterior. C. Dente com ponto de hipermineralização. D. Placa bacteriana na região cervical do dente.

com a utilização de substâncias que promovam a remineralização. Diversos estudos já demonstraram a eficiência destes equipamentos na detecção de perda mineral no elemento dental^{5,14-18}.

A detecção de cárie dental é realizada através do rastreamento do grau de desmineralização dentária em função do tempo. E a fluorescência é sensível a essa desmineralização. Para isso, geralmente, a iluminação dos dentes é realizada com uma luz violeta, o dente absorve essa luz e depois emite uma fluorescência de cor verde, característica da hidroxiapatita. A intensidade e a tonalidade desta fluorescência são usadas para avaliar a condição da estrutura dental. No estabelecimento da cárie, a desmineralização promove uma alteração estrutural dos prismas do esmalte e posteriormente alterações bioquímicas ocasionadas por modificações nas concentrações minerais e incorporação de corantes e compostos presentes na boca. Todas essas alterações estruturais e bioquímicas modificam a fluorescência dental.

Para a detecção de cárie existem alguns equipamentos que também estão disponíveis. Um exemplo é o Inspektor Pro QLF (www.inspektor.nl), sistema que utiliza imagens de fluorescência e um processamento de imagens para indicar a existência precoce de cáries e possibilitar o acompanhamento do tratamento.

As Figuras 1 e 2 são exemplos de imagens de fluorescência. Na figura 1, temos um exemplo de uma imagem de fluorescência bucal e, na figura 2, exemplos de imagens de fluorescência do dente.

Nota de esclarecimento

Nós, os autores deste trabalho, não recebemos apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Nós, ou os membros de nossas famílias, não recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não possuímos ações ou investimentos em organizações que também possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Não recebemos honorários de apresentações vindos de organizações que com fins lucrativos possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não estamos empregados pela entidade comercial que patrocinou o estudo e também não possuímos patentes ou *royalties*, nem trabalhamos como testemunha especializada, ou realizamos atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área.

Agradecimentos: agradecemos o apoio financeiro recebido da Fapesp (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo), do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Endereço para correspondência:

Sebastião Pratavieira (Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo)
Av. Trabalhador São-Carlense, 400
13566-591 – São Carlos – SP
prata@ursa.ifsc.usp.br

Referências

1. Betz CS, Mahlmann M, Rick K, Stepp H, Grevers G, Baumgartner R et al. Autofluorescence imaging and spectroscopy of normal and malignant mucosa in patients with head and neck cancer. *Laser Surg. Med* 1999;25:323-34.
2. Inada NM, Kurachi C, Ferreira J, Ribeiro ES, Guimarães OCC, Quintana SM et al. Treatment of vulvar/vaginal by HPV: developed instrumentation and clinical report. *Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering*; 2009. vol. 7380.
3. Kherlopian AR, Song T, Duan Q, Neimark MA, Po MJ, Gohagan JK. A Review Of Imaging Techniques For Systems Biology. *Bmc Systems Biology*; 2008. vol. 2.
4. Inca - Instituto Nacional do Câncer. Rio De Janeiro, 2010. Estimativa 2010. Disponível em: <<http://www1.inca.gov.br/estimativa/2010/>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2012.
5. Figueiredo ACR, Kurachi C, Bagnato VS. Comparison of fluorescence detection of carious dentin for different excitation wavelengths. *Caries Research* 2005;39:393-6.
6. Niemz MH. *Laser-tissue interactions: fundamentals and applications*. 3ª ed. Heidelberg; 2003.
7. Dinth TV. *Biomedical Photonics Handbook*. Washington: Crc Press; 2002.
8. Veld DCG, Witjes MJH, Sterenberg HJ, Odenburg JLN. The status of in vivo autofluorescence spectroscopy and imaging for oral oncology. *Oral Oncology* 2005;41(2):117-31.
9. Pratavieira S, Andrade CT, Salvio AG, Bagnato VS, Kurachi C (2011). Optical imaging as auxiliary tool in skin cancer diagnosis, skin cancers - risk factors, prevention and therapy. *Caterina Am La Porta* (Ed.), Intech, Disponível em: <<http://www.intechopen.com/articles/show/title/optical-imaging-as-auxiliary-tool-in-skin-cancer-diagnosis>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2012.
10. Pavlova I, Williams M, El-Naggar A, Richards-Kortum R, Gillenwater A. Understanding the biological basis of autofluorescence imaging for oral cancer detection: high-resolution fluorescence microscopy in viable tissue. *Clinical Cancer Research* 2008;14(8):2396-404.
11. Roblyer D, Richards-Kortum R, Sokolov K, El-Naggar A, Williams MF, Kurachi C. Multispectral Optical imaging device for in vivo detection of oral neoplasia. *Journal Of Biomedical Optics* 2008;13(2):024019-1 - 024019-11.
12. Lane PM, Gilhuly T, Whitehead P, Zeng HS, Poh CF, Ng S et al. Simple device for the direct visualization of oral-cavity tissue fluorescence. *Journal Of Biomedical Optics* 2006;11(2):024006-1 - 024006-7.
13. Pratavieira S. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de imagem multiespectral para o diagnóstico óptico de lesões neoplásicas [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos; 2010. disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-01042010-131029/C>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2011.
14. Meller C, Heyduck S, Tranaeus C, Splieth A. New in vivo method for measuring caries activity using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Research* 2006;40(2):90-6.
15. Al-Khateeb S, Forsberg CM, Josselin E, Månsson BA. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *American Journal Orthodontofac Orthop* 1998;113:595-602.
16. Aljehani A, Shi XQ, Tranaeus S, Forsberg CM, Månsson BA. Quantification by QLF and laser fluorescence of incipient carious lesions adjacent to fixed orthodontic appliances: an in vitro study. *Caries Research* 2003;37(4):288.
17. Boersma JG, Van Der Veen MH, Pahl-Andersen B. Caries Prevalence after treatment with fixed orthodontic appliances determined with quantitative light-induced fluorescence (QLF). *Caries Res* 2003;37(4):288.
18. Boersma JG, Van Der Veen MH, Lagerweij MD, Bokhout B, Pahl-Andersen B. Caries prevalence measured with QLF after Treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res* 2005;39:41-7.