

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA

DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO ÓPTICO PARA A DETECÇÃO DE LESÕES DE CÁRIE



DIEGO GIROTTO BUSSANELI



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE
ARARAQUARA



DIEGO GIROTTO BUSSANELI

Desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para a detecção de Lesões de Cárie

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rita de Cássia Loiola Cordeiro

Araraquara
-2013-



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE
ARARAQUARA



DIEGO GIROTTTO BUSSANELI

Desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para a detecção de Lesões de Cárie

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas - Área de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rita de Cássia Loiola Cordeiro

Araraquara
-2013-

Bussaneli, Diego Giroto

Desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para detecção de lesões de cárie / Diego Giroto Bussaneli .-- Araraquara: [s.n.], 2013. 71 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro

1. Cárie dentária 2. Fluorescência 3. Radiografia interproximal I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB-8/5646

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

DIEGO GIROTTO BUSSANELI

Desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para a detecção de Lesões de Cárie

Comissão Julgadora

Dissertação para obtenção do Título de Mestre

Presidente e Orientador: Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro

2.Examinador: Profa. Dra. Lourdes Santos-Pinto

3.Examinador: Prof. Dr.Silvio Issao Myaki

Araraquara
18/07/2013

DIEGO GIROTTO BUSSANELI

Dados Curriculares

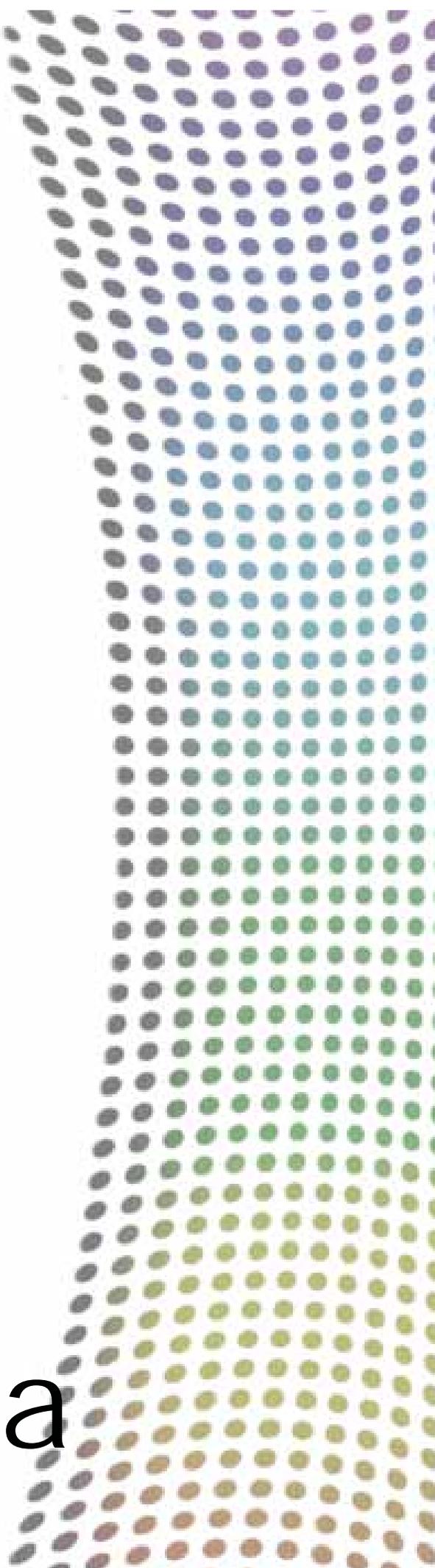
Nascimento 19 de setembro de 1988 - Penápolis/SP

Filiação José Odemir Bussaneli
Iolanda Aparecida Giroto Bussaneli

2006-2010 Curso de Graduação em Odontologia
Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

2011-2013 Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Odontopediatria. Nível Mestrado. Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Associações Sociedade Brasileira de Pesquisa em Odontologia - SBPqO
International Association of Dental Research - IADR



Dedicatória

Dedico este trabalho...

A Deus,

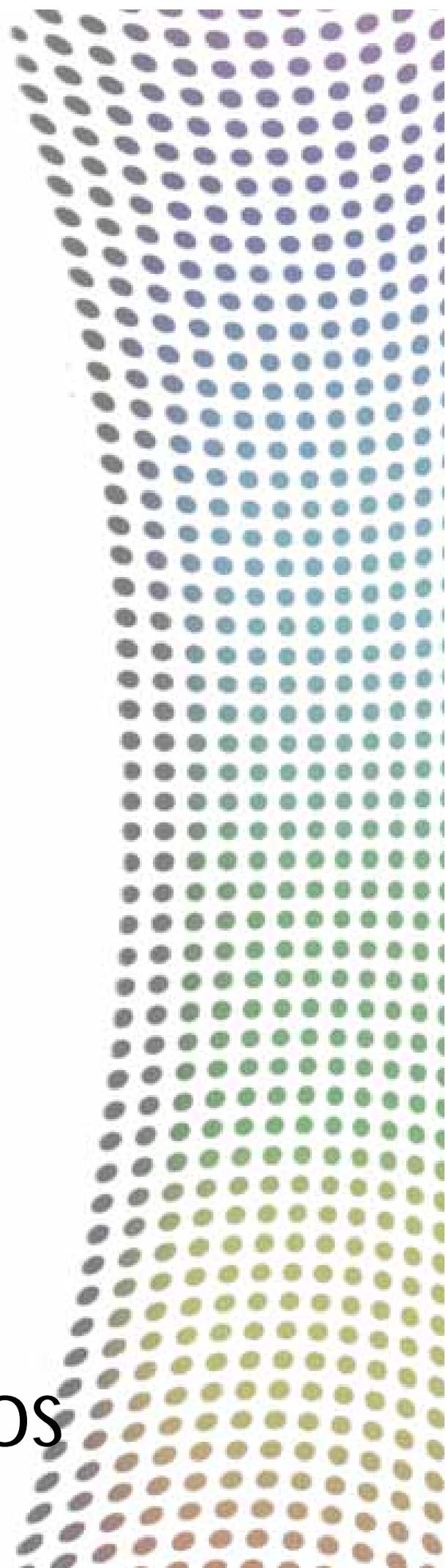
por nunca ter me abandonado nesta jornada, pelo dom da vida, e todas as bênçãos alcançadas.

A meus pais,

que me ensinaram a enfrentar as dificuldades, e não a teme-las; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. Meu caminho só pôde ser trilhado a partir dos passos iniciais ensinados por vocês. Inspiraram-me a certeza de tua presença e a segurança de teus passos guiando os meus. A vocês, pais, não mais que com justiça, dedico esta vitória.

A minha irmã,

pelo companheirismo , ajuda e amor , mesmo a distância.



Agradecimientos

Agradecimentos Especiais

A Rita de Cássia Loiola Cordeiro, minha orientadora, por fazer de meu aprendizado não um trabalho, mas sim um contentamento. Obrigado por afastar o medo das coisas que não compreendia, até que pudesse compreendê-las. Pelo apoio, dedicação, paciência, e principalmente pela amizade. Nenhum dever é mais importante do que a gratidão!

"O professor sábio sabe que
cinquenta e cinco minutos de
trabalho mais cinco minutos de
risada valem o dobro do que
sessenta minutos de trabalho
invariável."
Gilbert Highet

Agradecimentos Especiais

"Construí amigos, enfrentei derrotas, venci obstáculos, bati na porta da vida e disse-lhe: Não tenho medo de vivê-la."

Augusto Cury

Aos meus amigos e companheiros de trabalho, Ana Carolina, Ana Paula, Camila, Fabiano, Juliana, Luana, Liege, Manuel, Rosa, Thalita, e Thamiris, que tornaram a árdua tarefa do aprendizado suave e divertida.

À Prof^a Dr^a Lourdes Santos-Pinto pela dedicação e comprometimento com meu aprendizado, pelo apoio, incentivo e amizade.

Aos meus amigos, Leonardo, Rodrigo, Conrado, Fernando, Júlia, José Paulo e José Francisco, e Stephania pelos momentos de descontração e apoio.

Aos meus tios Noeli e Marcos, que cuidam de mim, como meus pais.

Aos meus avós Olga e Arquimedes que nunca deixaram de zelar por mim, todos os dias.

Agradecimentos

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na presença de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Júlio Cezar Durigan.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na pessoa de sua Diretora Profa. Dra. Andreia Affonso Barreto Montandon e de sua vice diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato.

Ao Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, representados pelo Chefe de Departamento Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins e pelo vice-chefe Prof. Dr. Fábio Cesar Braga de Abreu e Lima.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, coordenado pela Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa e Prof. Dr. Osmir Batista de Oliveira Júnior, pela oportunidade de ser aluno deste tão conceituado programa.

Aos docentes da Disciplina de Odontopediatria, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro, Profa. Dra. Loudes Santos- Pinto, Profa. Dra. Angela Cristina Cilense Zuanon, Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa, Profa. Dra. Fernanda Lourenção Brighenti, Prof. Dr. Fábio César Braga de Abreu e Lima, Prof. Dr. Cyneu Aguiar Pansani, meu muito obrigado pelos ensinamentos clínicos, científicos e amizade.

Aos docentes da Disciplina de Radiologia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Prof. Dr. Marcelo Gonçalves, Profa. Dra. Andréa Gonçalves, e Prof. Dr. Guilherme Monteiro Tosoni, e aos funcionários Edineide e Marcos por me ajudarem na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Sônia Maria Tircailo, Dulce Helena Oliveira, Odete Amaral, Tânia Moreira dos Santos, Antônio Cabrini, Pedro Alves e Diego Cardoso, Cristina e Marcinha pelos serviços prestados, ajuda, e convivência

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação Mara Cândida Munhoz do Amaral, José Alexandre Garcia e Sérgio pela atenção.

Aos **funcionários da biblioteca desta Faculdade** Ceres, Maria Helena, Adriano, Silvia, Marley, Eliane, Inês e Odete pela disposição e atenção que a mim investiram.

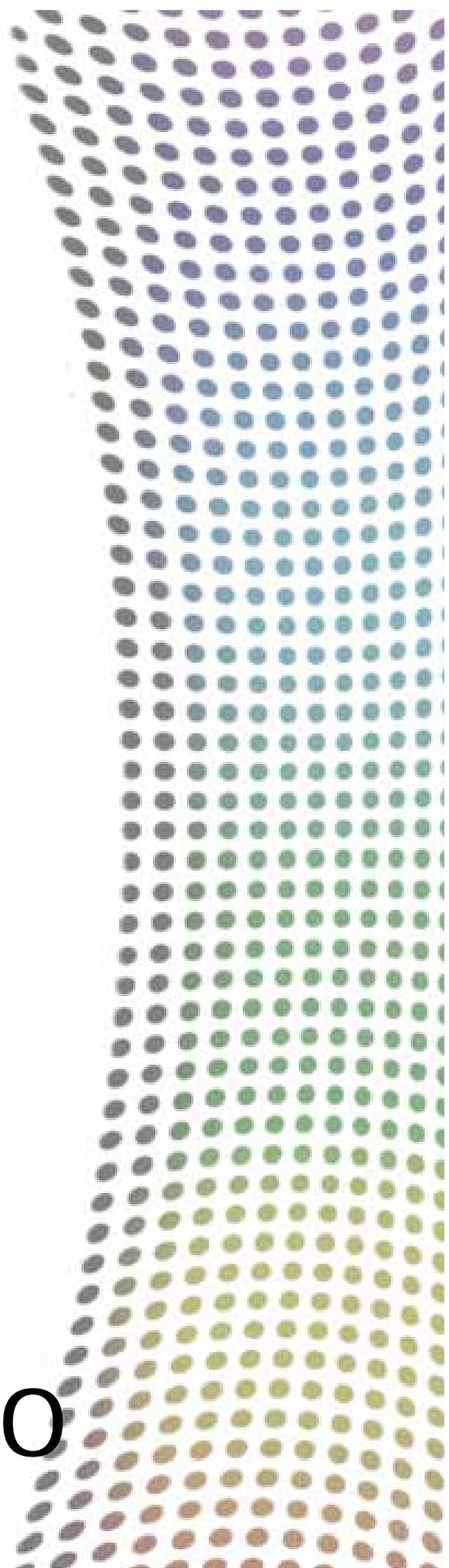
A **CAPES** pelo suporte financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma me apoiaram durante a realização deste trabalho.

"Se pensássemos em todas as sortes que tivemos sem as merecer, não teríamos coragem de nos lamentar."

Jules Reynard

Resumo

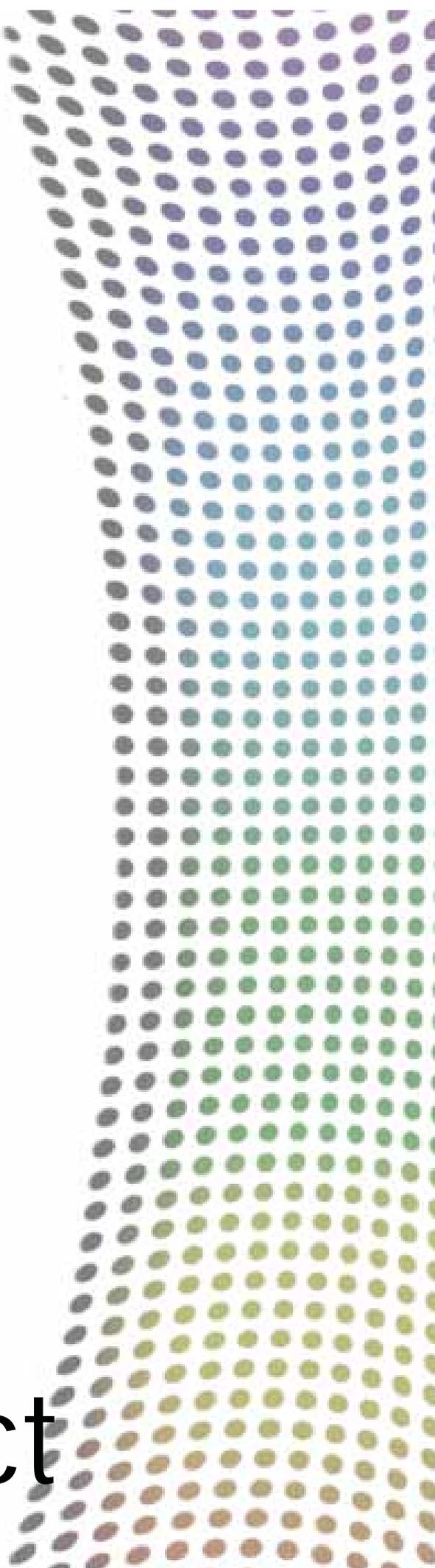


Bussaneli DG. Desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para a detecção de lesões de cárie [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2013.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de sistemas de diagnóstico óptico para detecção de lesões de cárie. No estudo *in vitro*, a viabilidade da transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) para o diagnóstico de lesões iniciais de cárie foi avaliada. Dois examinadores avaliaram 94 sítios na superfície oclusal de molares e pré-molares humanos recém extraídos, classificados com escore 0, 1, 2 ou 3 ICDAS, utilizando um protótipo TI-NIR, a radiografia (RX), o DIAGNOdent Pen (DDPen) e o Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF). Para validação, a análise histológica foi considerada como o padrão ouro. A reprodutibilidade intra e interexaminador foi avaliada com o coeficiente Kappa. Concluiu-se que o desempenho da TI-NIR bom, e constitui-se como uma alternativa válida e confiável para o diagnóstico de lesões iniciais na superfície oclusal de dentes permanentes. No segundo estudo, *in vivo*, o objetivo foi avaliar o desempenho do exame visual com os critérios Nyvad (EV), radiografia interproximal (RX), dispositivo de fluorescência a laser (DIAGNOdent Pen - DDPen) e suas associações no diagnóstico de lesões proximais em dentes decíduos. Para isso, foram selecionadas 45 crianças (n=59 superfícies) de ambos os sexos com idades entre 5 e 9 anos que apresentavam molares decíduos com sinais sugestivos da presença de lesão de cárie ou hígidos. As superfícies foram avaliadas clinicamente e codificadas segundo os critérios Nyvad, e logo depois com o DDPen. O exame radiográfico foi realizado apenas naquelas superfícies codificadas com os escores Nyvad 2, 3, 5 ou 6. Lesões de cárie ativas e/ou com superfície descontinuada foram restauradas, considerando-se a profundidade da lesão como padrão de referência. O desempenho do exame visual, radiográfico e DDPen e suas associações foi bom, porém a utilização dos critérios NYVAD se mostrou suficiente para o diagnóstico de lesões interproximais. Por meio deste trabalho, observou-se que as tecnologias ópticas podem auxiliar no diagnóstico de lesões de cárie.

Palavras-chave: Cárie Dentária, Fluorescência, Radiografia Interproximal



Abstract

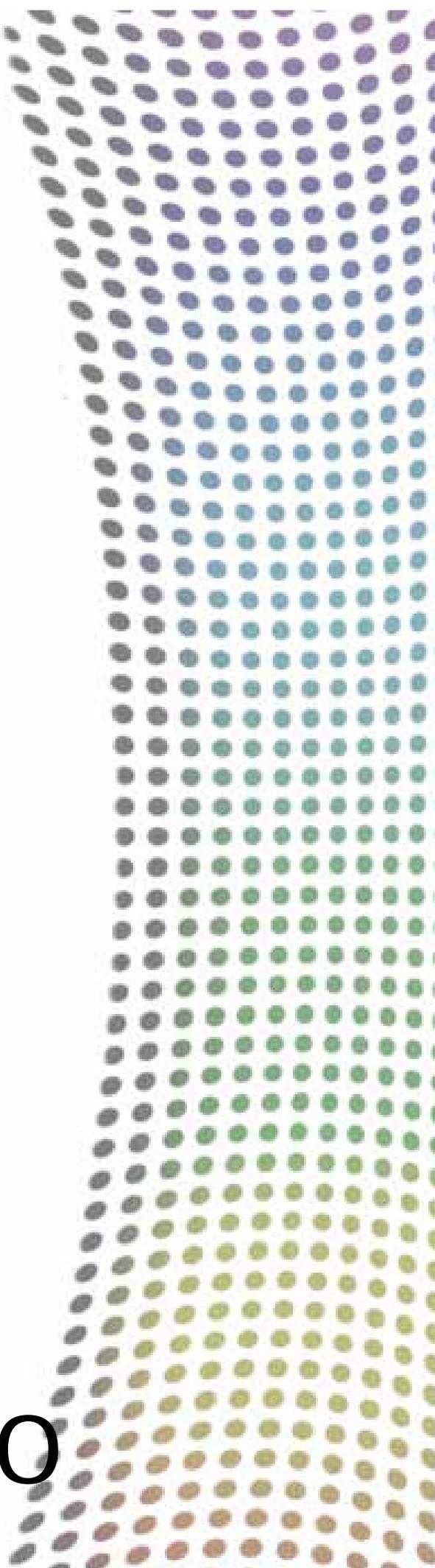
Bussaneli DG. Performance of optical diagnostic systems for detection of caries lesions [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2013.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the performance of optical diagnostic systems for detection of caries lesions. In the in vitro study, the viability of the near infrared laser transillumination (TI-NIR) for diagnosis of incipient carious lesions was evaluated. Two examiners evaluated 94 sites in occlusal surface of molars and premolars freshly extracted, selected with score 0, 1, 2 or 3 ICDAS using the TI-NIR prototype, bitewing radiographs (RX), the DIAGNOdent Pen (DDPen) and Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF). For validation, histological analysis was considered as the gold standard. The performance of TI-NIR was good, and it constitutes as a reliable and valid alternative for the diagnosis of early lesions in the occlusal surface of permanent teeth. In the second study, in vivo, the performance of the visual examination with the criteria Nyvad (EV), radiographs (RX), laser fluorescence device (DIAGNOdent Pen - DDPen) and their associations in the diagnosis of proximal lesions in deciduous teeth was evaluated. Were selected 45 children (n = 59 surfaces) of both sexes aged between 5 and 9 years who had deciduous molars with signs suggestive of the presence of caries or sound. The surfaces were evaluated clinically and scored with the Nyvad criteria, and DDPen. Radiographic examination was performed only on those surfaces scored with Nyvad 2, 3, 5 or 6. Caries active and / or discontinued surface were restored, considering the depth of the lesion as a reference standard. The performance of visual examination, and radiographic DDPen and their associations was good, but the use of the criteria NYVAD proved sufficient for the diagnosis of interproximal lesions. It could be observed that optical technologies appear to contribute positively in the diagnosis process in the diagnosis of caries. However, they should be considered as adjuncts to conventional methods in this process.

Key-words: Dental Caries, Fluorescence, Radiography, Bitewing

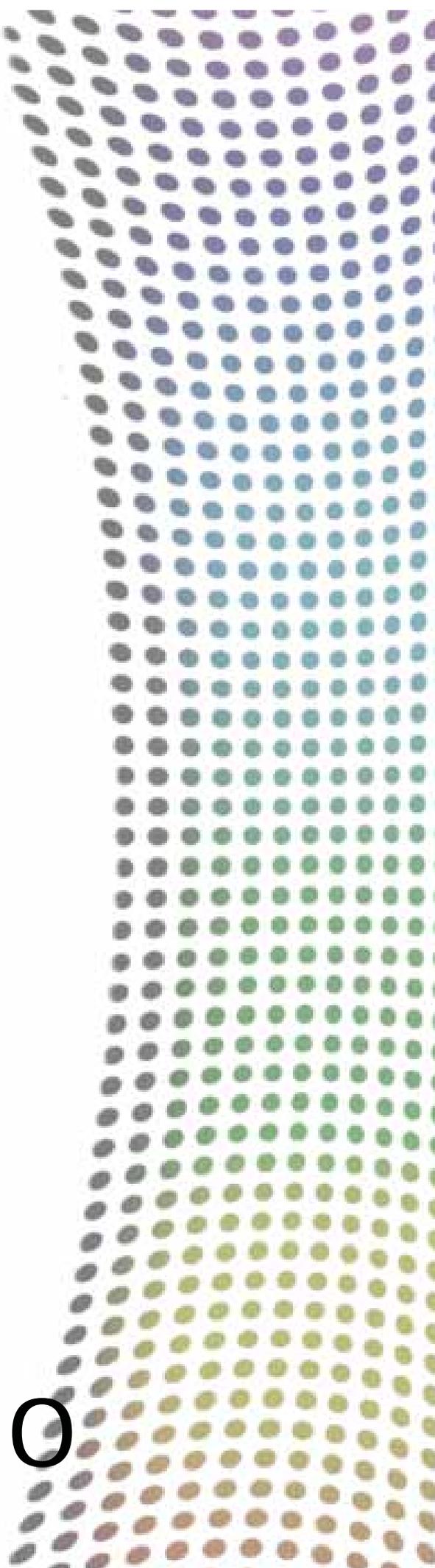
Sumário



Sumário

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 22 |
| PROPOSIÇÃO | 27 |
| CAPÍTULOS | 28 |
| CAPÍTULO 1: Desempenho de uma nova tecnologia de luz infravermelha na detecção de lesões de cárie oclusal. Estudo “IN VITRO” | 30 |
| CAPÍTULO 2: Avaliação de métodos de diagnóstico para detecção de lesões de cárie proximal em dentes decíduos | 45 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 62 |
| REFERÊNCIAS | 64 |
| ANEXO | 70 |

Introdução

A decorative graphic on the right side of the page consists of a grid of small, semi-transparent dots. The dots are arranged in a pattern that tapers towards the top, creating a funnel-like shape. The color of the dots transitions from dark purple at the top to light blue, then green, yellow, and finally orange at the bottom.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da cárie dentária como um processo dinâmico afetado por fatores determinantes e modificadores evoluiu nos últimos anos, nos permitindo adotar estratégias preventivas e remineralizadoras em lesões não cavitadas, que resultam na paralisação do processo de desmineralização e preservação da estrutura dentária e sua função. O fator determinante para esse tipo de abordagem é a capacidade de detecção da lesão de cárie em estágios iniciais e a quantificação do grau de perda mineral, garantindo uma correta intervenção e também o monitoramento dessa lesão ².

Recentemente os padrões da doença se alteraram, graças a progressão mais lenta da lesão de cárie em esmalte e ao uso de fluoretos ³⁵, permitindo uma intervenção preventiva antes da destruição irreversível da estrutura dentária. Uma abordagem preventiva dos estágios iniciais da doença é capaz de interromper sua progressão e reverter a perda mineral sofrida, tornando uma lesão ativa em inativa ¹⁷. Por outro lado, a não detecção dos estágios iniciais da lesão culmina na necessidade de procedimentos operatórios ²⁹. Assim o momento em que diagnóstico é realizado se torna fundamental para a elaboração do plano de tratamento adequado ¹¹.

O diagnóstico precoce requer procedimentos capazes de detectar as primeiras alterações no conteúdo mineral do dente de forma objetiva, que permita a quantificação e acompanhamento dessa perda mineral ao longo do tratamento. O desempenho de um teste diagnóstico é avaliado a partir de sua validade e confiabilidade ³⁷. A validade diz respeito à capacidade do método em medir o que se propõe a medir, tomando como referência um padrão ouro independente, enquanto que a confiabilidade está associada a obtenção de um mesmo resultado em repetidas medições da mesma variável ³².

O exame clínico visual é o mais comumente usado para diagnóstico de lesões de cárie, porém, trabalhos que avaliaram esse sistema salientaram uma validade pobre, com valores baixos de sensibilidade e de moderados a altos de especificidade devido sua natureza subjetiva ^{5, 23, 25, 39, 50}. O grande problema de um diagnóstico impreciso é a possibilidade de sob ou sobretratamento da situação diagnosticada, com consequentes riscos para a saúde bucal do paciente.

A fim de se melhorar o desempenho da inspeção visual, critérios de codificação das características das lesões foram propostos. De acordo com Braga et al.,⁸, a utilização de sistemas visuais detalhados poderia aumentar a sensibilidade e minimizar a subjetividade na interpretação individual das características variáveis da lesão, melhorando assim a reprodutibilidade do exame.

Nyvad et al.,³⁸ em 1999 sugeriram a utilização de critérios de codificação de sinais sugestivos de lesões de cárie enfatizando sua atividade. Esses critérios são baseados na observação de que a atividade da lesão é demonstrada pela textura e brilho da superfície, tanto em lesões cavitadas quanto não cavitadas. A aparência rugosa e opaca traduz atividade enquanto que superfícies lisas e brilhantes caracterizam inatividade. Assim, os escores desse sistema não visam a avaliação da profundidade, mas oferecem parâmetros que sugerem o tipo de abordagem e tratamento das lesões de cárie. Os autores examinaram 300 crianças de 12 a 15 anos de idade e observaram alta confiabilidade e reprodutibilidade, inclusive na detecção de lesões não cavitadas. O desempenho desses critérios em dentes decíduos vem sendo avaliado^{7, 8, 44} e os resultados apontam boa validade na detecção de lesões de cárie.

Em 2002 foi desenvolvido um novo critério de codificação e registro da lesão de cárie, o sistema ICDAS (International Caries Detection & Assessment System), onde as características clínicas observadas são classificadas de acordo com um escore (0-6), variando desde hígido à extensa cavitação envolvendo a dentina. Estudos mostraram sua efetividade e reprodutibilidade na detecção das primeiras alterações no esmalte dentário inclusive em lesões na metade externa do esmalte^{15, 16, 26, 27}.

O exame radiográfico é comumente usado como complementar do exame visual convencional. Entretanto, a sensibilidade do diagnóstico só em aumentada nos casos de lesões em dentina^{23, 42}, não apresentando a mesma efetividade para detecção dos estágios iniciais das lesões em esmalte⁴⁸.

Nos últimos anos muitas pesquisas foram conduzidas para o desenvolvimento de métodos mais precisos para detectar e quantificar lesões de cárie incipientes. Além do diagnóstico acurado, esses métodos devem permitir monitorar a evolução da lesão, estabelecendo um parâmetro de comparação para comprovar a eficácia do tratamento realizado. Idealmente esses métodos deveriam ser capazes de monitorar

lesões em estágio inicial (pré cavidades), reduzir a subjetividade do diagnóstico, e avaliar a atividade da lesão, fornecendo dados objetivos (quantitativos) ²⁹.

Enquanto o exame visual é baseado em aspectos subjetivos, os métodos de diagnóstico auxiliares realizam a mensuração do sinal físico derivado da interação entre a luz e a estrutura dentária, uma vez que o aumento da porosidade provocado pelo processo de desmineralização gera como resultado uma alteração nas propriedades ópticas do tecido afetado ²⁹.

Dois princípios físicos utilizados por esses métodos são a fluorescência e o espalhamento da luz no comprimento de onda infravermelho próximo (near infrared - NIR). A fluorescência é a propriedade cuja energia em um certo comprimento de onda é absorvida e reemitida em comprimentos de onda distintos. Quando excitado por luz com comprimento de onda específico, o tecido cariado emite uma fluorescência diferente, se comparado aos tecidos dentários sadios ²². A desmineralização da superfície dentária resulta em uma perda na autofluorescência, que pode ser quantificada utilizando métodos de detecção baseados na diferença de fluorescência entre o tecido sadio e alterado ⁶. Já o espalhamento é o fenômeno onde a luz incidida sofre alteração de sua trajetória inicial, ao interagir com pequenas partículas ¹⁹. Métodos baseados nesse fenômeno quantificam a diferença no espalhamento que a luz sofre no tecido sadio e desmineralizado.

O primeiro aparelho baseado no fenômeno da fluorescência, o DIAGNOdent 2095 (DD, Kavo, Biberach, Alemanha) foi lançado em 1998, e em 2005 foi introduzida no mercado uma versão compacta e com algumas alterações desse aparelho, denominado DIAGNOdent 2190 ou DIAGNOdent pen (DDpen, Kavo, Biberach, Alemanha). Esse dispositivo permite a indução de fluorescência a laser com o comprimento de onda de 655 nm que capta e traduz a fluorescência reemitida pelos componentes orgânicos dos tecidos cariados em uma escala numérica de 0 a 99, auxiliando na detecção de lesões de cárie tanto na superfície oclusal, como na proximal ^{5, 33, 34}.

O desempenho do DIAGNOdent pen vem sendo avaliado para detecção de lesões oclusais ^{14, 24, 30, 34, 43, 46}, e proximais ^{9, 33, 47}, sendo considerado como uma ferramenta válida para auxiliar no diagnóstico da condição do dente, embora estudos indicam de moderada a alta sensibilidade e especificidade mais baixa ^{1, 12, 41}. A sua utilização como método auxiliar no diagnóstico de lesões de cárie deve estar condicionada a remoção de biofilme, cálculo e restos de alimentos, uma vez que

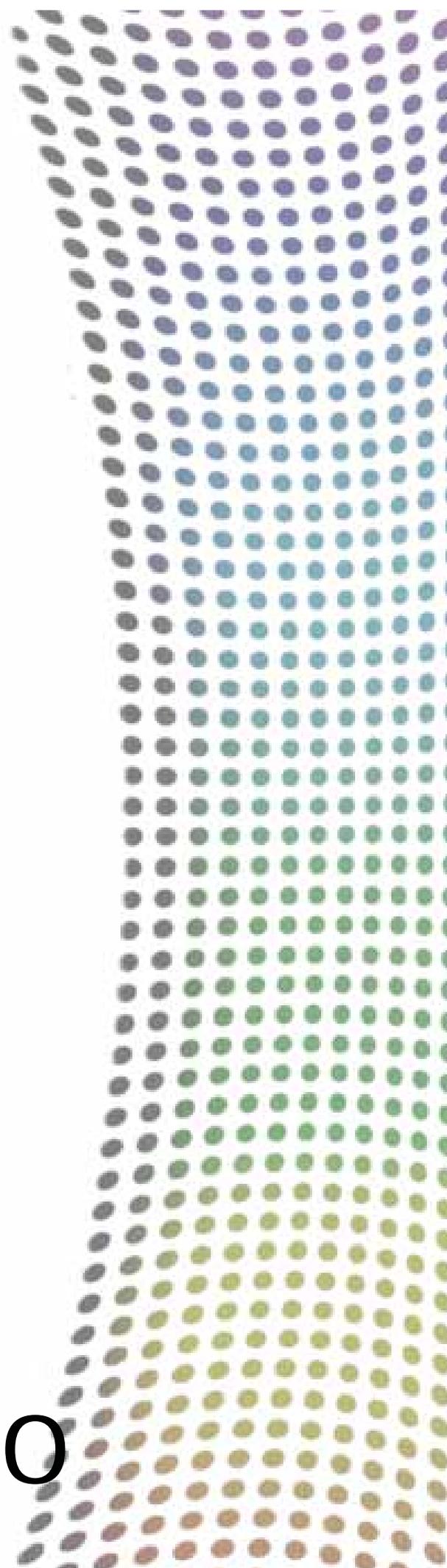
essa matéria orgânica interfere na leitura do aparelho, sendo confundida com o tecido cariado e protoporfirinas resultantes do metabolismo bacteriano ^{20, 36}, causando um aumento na probabilidade de leitura falso-positivo, responsável pelos menores valores de especificidade ²⁹.

Outro método auxiliar na quantificação da perda mineral e detecção de lesão de cárie é o QLF (Quantitative Light-Induced Fluorescence - Inspector Research Systems BV, Amsterdã, Holanda) que consiste em uma câmera intra oral conectada a um computador e a um software, que possibilita a captura e análise das imagens do dente durante o exame clínico. O princípio desse método baseia-se na autofluorescência do esmalte, quando estimulado por uma fonte de luz visível. Dessa forma, o esmalte desmineralizado possui uma fluorescência diferente do esmalte hígido ⁵¹.

Em estudos clínicos ^{21, 31} comparando o desempenho do QLF com o exame visual na detecção de lesões não cavitadas em adolescentes, foi concluído que o QLF é um método sensível e confiável para diagnóstico de lesões não cavitadas, mostrando melhor desempenho do que o exame visual. Apesar de bastante sensível para detecção precoce de lesões de cárie, o QLF sofre interferência de vários fatores de confusão, como pigmentações ⁴⁵, presença de saliva ³, desidratação ⁴⁰, e angulação ⁴, e demanda muito tempo para captura e análise das imagens, o que pode limitar suas aplicações.

Dentre as diversas tecnologias ópticas para detecção precoce da doença cárie, a imagem capturada por transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) está sendo proposta como um aliado no diagnóstico. Essa nova opção utiliza comprimentos de onda mais longos, o que permite penetrar mais profundamente nos tecidos dentários ²⁹. Tem sido demonstrado que o esmalte é altamente transparente no intervalo NIR (750 nm a 1500 nm), devido à fraca dispersão e absorção ^{10, 49}, mas na presença de sítios desmineralizados o número de poros aumenta, atuando como centros espalhadores de luz, tendo um alto contraste em relação ao esmalte sadio ^{10, 13, 18, 28, 49}.

Tendo em vista o desenvolvimento de novas tecnologias para o diagnóstico, e a necessidade de se realizar a detecção de estágios iniciais da lesão de cárie, pergunta-se: As dificuldades no diagnóstico de lesões de cárie podem ser superadas com a utilização desses recursos auxiliares?



Proposição

PROPOSIÇÃO GERAL

Avaliar e comparar o desempenho de recursos auxiliares para o diagnóstico de lesões de cárie.

PROPOSIÇÕES ESPECÍFICAS

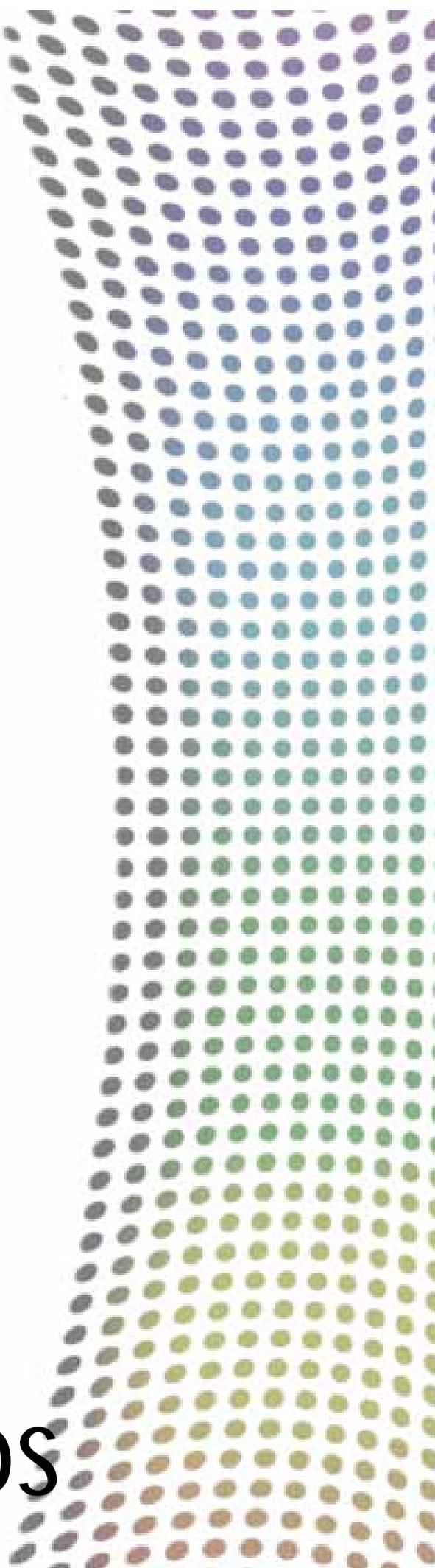
Estudo 1

Avaliar a viabilidade da transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) para o diagnóstico de lesões iniciais de cárie e comparar seu desempenho com o exame radiográfico e métodos de fluorescência.

Estudo 2

Avaliar e comparar o desempenho do exame visual com os critérios Nyvad (EV), radiografia interproximal (RX), dispositivo de fluorescência a laser (DIAGNOdent Pen - DDPen) e suas associações no diagnóstico de lesões proximais em dentes decíduos.

Capítulos



Capítulo 1



Estudo 1

Desempenho de uma nova tecnologia de luz infravermelha na detecção de lesões de cárie oclusal. Estudo "IN VITRO".

Diego Giroto Bussaneli, Manuel Restrepo Restrepo, Thalita Boldieri, Hermes Pretel, Marília Wellichan Mancini, Lourdes Santos-Pinto, Rita de Cássia Loiola Cordeiro

Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara - Univ. Estadual Paulista (UNESP). Rua Humaitá, 14801-903 Araraquara - São Paulo, Brasil

Título Curto

Diagnóstico com Infravermelho Próximo

Palavras-chave

Cárie Dentária, Fluorescência, Radiografia Interproximal

Autor Correspondente:

Rita de Cássia Loiola Cordeiro
Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP
Departamento de Clínica Infantil
Rua Humaitá, 1680, Araraquara/SP - Brasil
CEP: 14801-903. Telefone: +55 (16) 3301-6331
e-mail: ritacord@foar.unesp.br

Desempenho de uma nova tecnologia de luz infravermelha na detecção de lesões de cárie oclusal. Estudo "IN VITRO".

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade da transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) para o diagnóstico de lesões iniciais de cárie e comparar seu desempenho com o exame radiográfico e métodos de fluorescência. Dois examinadores avaliaram 94 sítios na superfície oclusal de molares e pré-molares humanos recém extraídos, classificados com escore 0, 1, 2 ou 3 ICDAS, utilizando o protótipo TI-NIR, composto de laser (808 nm) e câmera infravermelho, a radiografia (RX), o DIAGNOdent Pen (DDPen) e o Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF). Para validação, a análise histológica foi considerada como o padrão ouro. A reprodutibilidade intra e interexaminador foi avaliada com o coeficiente Kappa. Sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC foram calculadas para cada um dos métodos. O Teste McNemar foi aplicado para comparar o desempenho dos métodos. A correlação intraexaminador não apresentou diferença entre os métodos de análise TI-NIR, DDPen e QLF, porém todos esses métodos tiveram diferença em relação ao RX. A reprodutibilidade interexaminador foi excelente para o DDPen e QLF, moderada para o TI-NIR e fraca para o RX. A TI-NIR apresentou bons valores de sensibilidade (0.68), especificidade (0.85), acurácia (0.73) e área sob a curva ROC (0.76), semelhantes aos métodos de fluorescência e diferentes do RX. Podemos concluir que o desempenho da TI-NIR foi bom, e constitui-se como uma alternativa válida e confiável para o diagnóstico de lesões iniciais na superfície oclusal de dentes permanentes.

INTRODUÇÃO

A busca por ferramentas de diagnóstico que permitem a detecção, quantificação e monitoramento das primeiras manifestações da lesão de cárie vem se tornando o objetivo de pesquisadores, uma vez que sua utilização poderia auxiliar no diagnóstico precoce, e conseqüentemente, a possibilidade de implementação de terapias minimamente invasivas. Porém a identificação das primeiras alterações no esmalte nem sempre é uma tarefa fácil, principalmente se levarmos em consideração a natureza subjetiva do exame visual e da interpretação radiográfica.

Diferentes métodos auxiliares utilizam princípios físicos para quantificar as diferenças entre o tecido sadio e desmineralizado, oferecendo dados objetivos. Entre eles, destacam-se aqueles que baseiam-se no fenômeno da fluorescência, como por exemplo o QLF (Quantitative Light-Induced Fluorescence), e o DDPen (Diagnodent Pen), cada um deles com seus benefícios e limitações¹⁻³. Estudos confirmam o potencial desses métodos em auxiliar tanto no diagnóstico, quanto no monitoramento da progressão de lesões de cárie⁴⁻⁹.

A transiluminação da superfície dentária com luz em comprimentos de onda específicos, como por exemplo o infravermelho próximo (TI-NIR - near infrared light), tem se mostrado promissora para a detecção de lesões incipientes, pois permite a diferenciação entre tecido sadio e cariado. Como o esmalte é altamente transparente, a luz NIR baixo espalhamento e absorção nesses comprimentos de onda^{10, 11}, por isso, essa região do espectro eletromagnético é ideal para o desenvolvimento de novos métodos de diagnóstico¹². A maior quantidade de poros e água presentes no espaço intercrystalino do esmalte desmineralizado agem como centros espalhadores de luz, fazendo com que o tecido nessas condições sofra um maior espalhamento e absorção comparado ao tecido sadio. As imagens obtidas permitem diferenciar os diversos graus de desmineralização do dente, sendo que o contraste nas imagens TI-NIR torna-se mais intenso quanto mais evoluída a doença. Quanto maior a perda mineral, maior o espalhamento e mais escura a aparência da lesão na imagem – e maior o contraste NIR correspondente.

Diferentemente dos outros métodos auxiliares, a transiluminação infravermelho próximo (TI-NIR) tem se mostrado capaz de diferenciar a desmineralização das

demais alterações no esmalte, como por exemplo pigmentações, defeitos do desenvolvimento, fluorose, cálculos e trincas, além de possuir potencial para detectar lesões proximais em dentes posteriores¹². Pesquisas recentes tem sugerido a elaboração de protótipos que permitam a captura e análise de imagens, porém cada protótipo funciona com comprimento de onda distinto, sendo que a viabilidade no uso dessa tecnologia ainda deve ser estudada. Assim, propomos avaliar o desempenho de um protótipo que utiliza luz laser com comprimento de onda infravermelho próximo (808 nm), para obter imagens por transiluminação da superfície dentária, e compará-lo com outras ferramentas ópticas para o diagnóstico dos estágios iniciais da lesão de cárie oclusal em dentes permanentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra e Examinadores

Cento e dois dentes humanos permanentes (molares e pré-molares) hígidos ou cariados foram obtidos e limpos^{13 14} imediatamente após extração, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (Processo 55/09). Os espécimes foram congelados a -20 °C, onde foram mantidos em umidade relativa de 100% durante todo o experimento¹⁵. A cada etapa do experimento esses dentes foram degelados, sendo novamente congelados em seguida. Um sítio teste por dente foi selecionado por um pesquisador calibrado que não participou como examinador, baseado na presença de sinais indicativos de lesão de cárie em esmalte (escores de 1 a 3 do ICDAS) ou na ausência de qualquer sinal (escore 0 ICDAS). A superfície oclusal das amostras foi fotografada (aumento 2,8x; Olympus SZ2-ILST, Tokio, Japão) para permitir que os examinadores localizassem o ponto exato a ser avaliado. Para todos os métodos de detecção de cárie, dois examinadores experientes e familiarizados com os métodos em questão realizaram as análises duas vezes, independentemente, com uma semana de intervalo entre os exames. Os dentes foram montados individualmente em um modelo dentário na mesma posição para padronizar os exames e a captura das imagens.

Exame Radiográfico

Radiografias interproximais padronizadas foram realizadas de todos os dentes utilizando-se um posicionador, com distância de 23 cm entre o filme e o cabeçote do aparelho, operando a 70 kVp, 8 mA (Spectro 70X Seletronic (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil) com tempo de exposição de 0,30 segundos e filme único ultra rápido (Kodak Insight, 22 x 35 mm, Kodak, Rochester, USA), processados automaticamente (Dent-X 9000, Dent-X, Emsford, USA) e montados em cartelas identificadas ¹⁶.

As radiografias foram analisadas em negatoscópio com auxílio de uma lupa (aumento ×2; VRX-Fabinject, Taubaté, Brasil) em sala escura, e classificadas de acordo com Rodrigues et al., 2008 ¹⁷ em: ausência de radiolucidez (0), radiolucidez em esmalte (1), radiolucidez na metade externa da dentina (2) e radiolucidez na metade interna da dentina (3).

Exame por Transiluminação por laser infravermelho próximo (TI-NIR)

Foi utilizado um protótipo fabricado pela empresa DMC equipamentos (São Carlos, Brasil), que consiste de uma câmera intraoral, preparada para TI-NIR com transiluminação a laser, entregue por fibra óptica e um emissor de laser de diodo de 200 mW de potência. Esse dispositivo emite um feixe de luz com comprimento de onda de 808 nm ±10 nm por uma fibra óptica, acoplada via conexão SMA. A câmera intraoral deste estudo utiliza um sensor CCD de 1/3 de polegada com 795 x 596 pixels, eficiência quântica de 0,60 (dobro da eficiência dos detectores de Silício convencionais na mesma região) em 800 nm e interface USB 2.0 que permite a filmagem e captura de imagens monocromáticas em tons de cinza em formato bmp (96 dpi, 32-bit). Um filtro óptico passa-alta foi utilizado para filtrar o espectro visível junto a objetiva da câmera. A transiluminação em 808 nm foi realizada através de entrega por uma fibra-óptica de 600 µm e abertura numérica de 0,37 acoplada à peça de mão da câmera (Figura 1).

A potência do laser de transiluminação foi ajustada de modo a minimizar o ruído óptico de *speckles* e otimizar os contrastes TI-NIR nas imagens, sendo utilizadas potências na faixa de 100 a 200 mW, região de saturação do contraste.

As imagens foram capturadas por ambos examinadores, que posicionaram o sensor CCD paralelamente a superfície oclusal, permitindo a incidência da luz pela

fibra óptica por vestibular ou lingual, na região cervical do dente, proporcionando a transiluminação da superfície oclusal (Figura 2). Previamente ao procedimento de análise, todas as imagens foram processadas por um filtro digital (filtro de Kuan) utilizando um software desenvolvido especialmente para o protótipo com o objetivo de remover o ruído óptico de *speckles*, resultado da iluminação monocromática coerente (radiação laser).

O ruído óptico de *speckles*, oriundo do fato das imagens serem formadas através de iluminação com luz coerente, foi minimizado por técnica óptica pré-captura e filtro digital pós-captura para remoção de ruído residual através de um *software* de processamento de imagens TI-NIR especialmente desenvolvido para o protótipo.

O limite de resolução do protótipo foi avaliado através do procedimento de obtenção da função MTF (*modulation transfer function*), obtida através da função ESF (*edge spread function*), como sendo aproximadamente 83 μ m (11,97 lp/mm).

O contraste médio foi determinado através da fórmula $C = (IE - IL) / IE$ ($0 \leq C \leq 1$)¹⁸, onde IE corresponde a intensidade média dos pixels em escala de tons de cinza no intervalo (0,255) na região de esmalte saudável imediatamente adjacente à lesão considerada, sendo IL a intensidade média na região da lesão. Para cada imagem TI-NIR capturada por cada examinador, foram tomados 10 (dez) perfis de intensidade na região da lesão e 10 (dez) perfis fora da lesão, junto a região de esmalte sadio adjacente utilizando-se a ferramenta para traçado de perfil transversal, com direção e dimensão fixas do software ImageJ (National Institute of Health, Bethesda, USA). A partir destas medidas, foram calculadas as intensidades de contraste (valor médio \pm desvio padrão). Finalmente, a partir destes valores de IE e IL foram calculados os contrastes para as supostas lesões nos sítios demarcados, utilizando-se a expressão acima. Os contrastes foram calculados através do software Excel (versão 2010) e, a partir destes valores foi determinado o contraste médio para cada dente para cada um dos examinadores.

Exame com dispositivo de fluorescência a laser DIAGNOdent 2190

As medidas foram realizadas com o dispositivo de fluorescência a laser (DIAGNOdent 2190, KaVo Biberach, Alemanha)⁹ equipado com a ponta cilíndrica de safira, para a detecção de cáries em fossas e fissuras. O aparelho foi calibrado

contra um padrão cerâmico e depois também contra uma superfície lisa hígida do próprio dente em análise, de acordo com as recomendações do fabricante. Esse procedimento foi repetido para cada superfície analisada. Após secagem de 3 segundos, a ponta foi posicionado perpendicular à superfície oclusal, realizando movimentos exploratórios em toda extensão do sítio teste, e o maior valor observado (peak) foi anotado. Para análise estatística, os valores “peak” foram categorizados de acordo com Diniz et al., 2009²⁰ em: 0-14: sadio, 15-21: lesão em esmalte, 22-37: lesão na metade externa da dentina, e >38: lesão profunda em dentina.

Exame com Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF)

Os exames com QLF²¹ (Inspektor Dental Care BV, Amsterdam, Holanda) foram realizados em um ambiente com iluminação reduzida, e a peça de mão do aparelho posicionada paralelamente a superfície oclusal. A imagem foi capturada e analisada pelo software InspektorTM Pro (versão 2.0.0.32, Inspektor Dental Care BV, Amsterdam, Holanda), delimitando-se o sítio teste. A redução dos valores de fluorescência foi determinada pela diferença em percentual entre a área sadia e a desmineralizada de cada sítio teste, e o valor ΔF obtido foi anotado, considerando-se um limiar de 5%, ou seja, variações de fluorescência entre esmalte sadio e desmineralizado menores que 5% foram ignoradas.

Os valores de ΔF foram adaptados de Alammari et al., 2013²² sendo caracterizados em: de -0.5 a -10: sadio, -10.5 a -35: lesão de cárie em esmalte, e de -35.5 a -45 lesão cavitada com dentina visível.

Validação

Para a validação dos resultados, os dentes foram cortados longitudinalmente no sentido vestibulo-lingual, próximo ao sitio teste analisado, com o auxílio de uma máquina de cortes (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). O fragmento que apresentou lesão com maior profundidade foi lixado com lixas d'água de granulação decrescente de 400, 600, 1200 e 2000 até atingir o centro sítio teste que foi analisado em um microscópio óptico (magnificação de 10x, Olympus, SZ2-ILST, Tóquio, Japão). Os sítios foram categorizados de acordo com a profundidade da lesão de cárie em: dente hígido (0), lesão de cárie em esmalte (1), lesão de cárie na limite amelodentinário (2), ou lesão em dentina (3).

Análise estatística

Os dados foram dicotomizados de forma que qualquer escore maior que 1 representasse a presença da doença. O ponto de corte que determinou a divisão entre saúde e doença para o método TI-NIR, foi determinado com base na curva ROC obtida no confronto dos valores contínuos de contraste com padrão ouro histológico, onde escores maiores de 1 já refletiriam a condição de doença. Os demais métodos já possuíam pontos de corte estabelecidos.

A reprodutibilidade inter e intra-examinadores dos dados foi avaliada através do coeficiente Cohen Kappa. Os resultados foram classificados de acordo com Landis²³.

Sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC (Az) foram calculadas no software SPSS v. 16.0 (SPSS inc., Chicago, USA) para cada método de detecção da lesão de cárie. O teste McNemar ($p < 0.05$) foi utilizado para comparar os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia entre os métodos obtidos.

RESULTADOS

Dos 102 dentes inicialmente incluídos, 8 espécimes (6 molares e 2 pré-molares) foram excluídos, pois não foi possível calcular o contraste das imagens de transiluminação NIR. Assim, a amostra final foi constituída por 94 dentes. A análise histológica demonstrou que 30% estavam hígidos, 32% apresentaram lesões em esmalte, 19% na junção amelodentinária, e 19% em dentina.

Os valores de reprodutibilidade intra e interexaminador são mostrados na Tabela 1. A concordância intraexaminador foi quase perfeita para a TI-NIR, QLF e DDpen e fraca para o Rx. A reprodutibilidade interexaminador foi excelente para o DDpen e QLF, moderada para a TI-NIR e fraca para RX.

Os números de casos verdadeiros positivos, verdadeiros negativos, falsos positivos e falsos negativos para os métodos, são mostrados na Tabela 2. Na Tabela 3 estão apresentados os valores de especificidade, sensibilidade, acurácia e área sob a curva ROC para os diferentes métodos, sendo o desempenho do protótipo com tecnologia TI-NIR foi bom, e semelhante ao QLF e ao DDpen. O exame radiográfico obteve menores valores de sensibilidade, acurácia e área sob a curva

ROC (teste McNemar, $p < 0.05$) quando comparado aos demais métodos.

DISCUSSÃO

Considerando a cárie como o resultado de atividades metabólicas que ocorrem no biofilme acumulado na superfície dentária, o clínico não consegue diagnosticar o processo da doença propriamente dito, mas pode examinar as conseqüências da atividade microbiana, quando busca pelos sinais da doença que se desenvolvem em função dela na forma de lesões cariosas. Diferentes técnicas tem sido desenvolvidas para auxiliar na detecção de lesões de cárie, que é o ponto de partida para estabelecer um adequado tratamento. A identificação das primeiras alterações no esmalte é dificultada pela sensibilidade dos exames visual e radiográfico^{1,24}, o que justifica o desenvolvimento de novos métodos auxiliares, possibilitando o diagnóstico precoce, além de oferecer resultados confiáveis.

Este estudo avaliou a viabilidade da transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) para o diagnóstico de lesões iniciais de cárie, e comparou seu desempenho com o exame radiográfico e métodos de fluorescência. Embora cada examinador tenha obtido uma concordância quase perfeita (0.90 e 0.88), a reprodutibilidade interexaminador foi moderada (0.58). Este último valor pode ter sido influenciado pela ausência de software específico com recursos padronizados na seleção das áreas hígidas e desmineralizadas para o cálculo do contraste, sendo essa demarcação realizada de maneira manual e a critério de cada examinador, favorecendo a concordância intraexaminador. É válido notar que o novo método proposto, apresentou maiores valores de reprodutibilidade que o exame radiográfico. Isso também foi reportado por Maia et al., 2004²⁵, que atribui a subjetividade nas análises das radiografias como fator responsável pela menor concordância. Entretanto, quando comparado aos métodos de fluorescência, a TI-NIR apresentou menores valores de reprodutibilidade interexaminadores e o DDPen os maiores valores. Acreditamos que esses resultados estejam relacionados a pouca susceptibilidade de viés por parte do examinador, uma vez que o dispositivo a laser quantifica os produtos bacterianos da lesão de maneira direta, mostrando um valor numérico no display do aparelho, sem a necessidade de captura e análise de imagens. Embora o QLF necessite da utilização de um software de processamento

de imagens, suas ferramentas específicas possibilitam uma análise confiável, precisa e reprodutível. Bons resultados de concordância intra e interexaminador utilizando métodos de fluorescência foram reportados por vários autores ^{7, 26-28} corroborando com nossos achados. Dessa forma, esses métodos estariam indicados para o monitoramento da progressão da lesão ^{29, 30}, permitindo a avaliação de medidas terapêuticas.

A tecnologia com laser infravermelho próximo vem se tornando uma alternativa aos métodos de fluorescência, porém estudos que avaliam e comparam essas tecnologias ainda são escassos. Embora cada um desses dispositivos utilizem princípios físicos distintos, a variável resposta sempre será a mensuração das alterações do tecido dentário em função da presença ou ausência da lesão. Assim, a comparação entre eles permitiu avaliar o desempenho e confiabilidade do novo método em relação ao padrão ouro e demais métodos disponíveis.

Ao analisar o número de verdadeiros positivos e falsos negativos do TI-NIR, QLF e DDPen (Tabela 2), notamos que quase um terço dos sítios realmente doentes não foram diagnosticados pelos métodos, indicando que eles podem não ser tão sensíveis para os estágios iniciais da lesão (Tabela 3). Essa relação não foi observada para a ausência da doença, uma vez que a proporção de falso positivo foi baixa. Assim podemos dizer, que o TI-NIR estaria mais indicado para confirmar a ausência da lesão, devido aos elevados valores de especificidade, porém nossos resultados evidenciaram um bom desempenho na detecção de lesões iniciais de cárie, com valores de acurácia e área sob a curva ROC semelhantes aos dos métodos de fluorescência.

Algumas limitações do protótipo TI-NIR foram identificadas. A incidência não homogênea da luz NIR no dente, causou imagens saturadas que impossibilitaram a análise em 8 espécimens. O espalhamento da luz pelos tecidos dentais duros é altamente anisotrópico, devido à complexidade morfológica das estruturas dentais e de sua estrutura em escalas nano e micrométricas. Além disso, a fonte de luz coerente utilizada (laser), em função de sua reflexão e espalhamento no meio difusor, ou seja, o dente, contribuiu para a dispersão da iluminação ¹⁰. Foram também observadas dificuldades de identificação do sítio selecionado nas imagens capturadas devido a distância focal reduzida da câmera. Tem sido sugerido que a utilização de sistemas de iluminação mais homogêneos pode melhorar a qualidade

das imagens, e conseqüentemente o desempenho do método ³¹. O uso de sensor de imagem com mais alta resolução (número de elementos de imagem, pixels) e maior eficiência quântica aumentaria os contrastes observados nas imagens. O desenvolvimento de software específico para a captura e processamento das imagens possibilita uma análise mais precisa e confiável. Uma vez que neste estudo foi utilizado um protótipo, as ferramentas eram limitadas especialmente para a captura da segunda imagem e seleção de áreas, tarefas realizadas de maneira manual, podendo ter influenciado os resultados deste trabalho.

Considerando as limitações dos métodos disponíveis, o uso da tecnologia TI-NIR parece ser uma alternativa viável para pesquisa e prática clínica na odontologia. Além de identificar estágios iniciais da lesão de cárie, permite uma avaliação morfológica detalhada da superfície do esmalte com relação a integridade de restaurações e presença de lesões secundárias, e se mostra promissora para utilização no diagnóstico de lesões proximais. A principal vantagem no método é poder proporcionar a iluminação de diferentes áreas da superfície dental, bem como avaliar a imagem em tempo real.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que o desempenho da TI-NIR foi superior à radiografia e semelhante aos métodos de fluorescência. Assim constitui-se como uma alternativa válida para o diagnóstico de lesões iniciais na superfície oclusal de dentes permanentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (PIPE-FAPESP 2010/50479-2), e a DMC equipamentos.

REFERÊNCIAS

1. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *J Dent Educ* 2001;65(10):960-8.
2. Hall A, Girkin JM. A review of potential new diagnostic modalities for caries lesions. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C89-94.
3. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent* 2006;34(10):727-39.
4. Gomez J, Zakian C, Salsone S, et al. In vitro performance of different methods in detecting occlusal caries lesions. *J Dent* 2013;41(2):180-6.
5. Ferreira Zandona A, Santiago E, Eckert G, et al. Use of ICDAS combined with quantitative light-induced fluorescence as a caries detection method. *Caries Res* 2010;44(3):317-22.
6. Kuhnisch J, Ifland S, Tranaeus S, et al. In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. *Acta Odontol Scand* 2007;65(3):183-8.
7. De Benedetto MS, Morais CC, Novaes TF, et al. Comparing the reliability of a new fluorescence camera with conventional laser fluorescence devices in detecting caries lesions in occlusal and smooth surfaces of primary teeth. *Lasers Med Sci* 2011;26(2):157-62.
8. Huth KC, Neuhaus KW, Gyax M, et al. Clinical performance of a new laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions in permanent molars. *J Dent* 2008;36(12):1033-40.
9. Diniz MB, Boldieri T, Rodrigues JA, et al. The performance of conventional and fluorescence-based methods for occlusal caries detection: an in vivo study with histologic validation. *J Am Dent Assoc* 2012;143(4):339-50.
10. Darling CL, Huynh GD, Fried D. Light scattering properties of natural and artificially demineralized dental enamel at 1310 nm. *J Biomed Opt* 2006;11(3):34023.
11. Buhler C, Ngaotheppitak P, Fried D. Imaging of occlusal dental caries (decay) with near-IR light at 1310-nm. *Opt Express* 2005;13(2):573-82.
12. Fried D, Featherstone JD, Darling CL, et al. Early caries imaging and monitoring with near-infrared light. *Dent Clin North Am* 2005;49(4):771-93, vi.
13. Diniz MB, Sciasci P, Rodrigues JA, Lussi A, Cordeiro RC. Influence of different professional prophylactic methods on fluorescence measurements for detection of occlusal caries. *Caries Res* 2011;45(3):264-8.
14. Souza JF, Boldieri T, Diniz MB, et al. Traditional and novel methods for occlusal caries detection: performance on primary teeth. *Lasers Med Sci* 2013;28(1):287-95.
15. Francescut P, Zimmerli B, Lussi A. Influence of different storage methods on laser fluorescence values: a two-year study. *Caries Res* 2006;40(3):181-5.
16. Diniz MB, Lima LM, Eckert G, et al. In vitro evaluation of ICDAS and radiographic examination of occlusal surfaces and their association with treatment decisions. *Oper Dent* 2011;36(2):133-42.

17. Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res* 2008;42(4):297-304.
18. Jones R, Huynh G, Jones G, Fried D. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay. *Opt Express* 2003;11(18):2259-65.
19. Lussi A, Hack A, Hug I, et al. Detection of approximal caries with a new laser fluorescence device. *Caries Res* 2006;40(2):97-103.
20. Diniz MB, Rodrigues JA, de Paula AB, Cordeiro Rde C. In vivo evaluation of laser fluorescence performance using different cut-off limits for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci* 2009;24(3):295-300.
21. de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Westerling H, et al. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995;29(1):2-7.
22. Alammari MR, Smith PW, de Josselin de Jong E, Higham SM. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): A tool for early occlusal dental caries detection and supporting decision making in vivo. *J Dent* 2013;41(2):127-32.
23. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33(1):159-74.
24. Ewoldsen N, Koka S. There are no clearly superior methods for diagnosing, predicting, and noninvasively treating dental caries. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10(1):16-7.
25. Maia AM, Karlsson L, Margulis W, Gomes AS. Evaluation of two imaging techniques: near-infrared transillumination and dental radiographs for the detection of early approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40(7):429-33.
26. Pretty IA, Hall AF, Smith PW, Edgar WM, Higham SM. The intra- and inter-examiner reliability of quantitative light-induced fluorescence (QLF) analyses. *Br Dent J* 2002;193(2):105-9.
27. Kuhnisch J, Bucher K, Henschel V, Hickel R. Reproducibility of DIAGNOdent 2095 and DIAGNOdent Pen measurements: results from an in vitro study on occlusal sites. *Eur J Oral Sci* 2007;115(3):206-11.
28. Kuhnisch J, Heinrich-Weltzien R. Quantitative light-induced fluorescence (QLF)-a literature review. *Int J Comput Dent* 2004;7(4):325-38.
29. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent* 2006;34(7):467-71.
30. Bamzahim M, Shi XQ, Angmar-Mansson B. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: in vitro comparison. *Acta Odontol Scand* 2002;60(6):360-4.
31. Fried D, Staninec M, Darling CL, et al. In vivo Near-IR Imaging of Occlusal Lesions at 1310-nm. *Proc Soc Photo Opt Instrum Eng* 2011;7884(78840B).

TABELAS

Tabela 1 - Valores Kappa inter e intraexaminador para os métodos avaliados. Araraquara, 2013.

| Método | Intra Ex A | Intra Ex B | Inter |
|--------|------------|------------|-------|
| TI-NIR | 0.900 | 0.889 | 0.585 |
| QLF | 0.943 | 0.920 | 0.737 |
| DDPen | 0.846 | 0.833 | 0.817 |
| RX | 0.422 | 0.379 | 0.353 |

Tabela 2 - Número e porcentagem (%) de verdadeiro positivo (VP), verdadeiro negativo (VN), falso positivo (FP) e falso negativo (FN) para os métodos. Araraquara, 2013

| Método | VP | VN | FP | FN |
|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
| TI-NIR | 45 (47.8) | 24 (25.5) | 4 (4.2) | 21 (22.5) |
| QLF | 46 (48.9) | 23 (24.4) | 5 (5.3) | 20 (21.4) |
| DDPen | 44 (46.8) | 24 (25.5) | 4 (4.2) | 22 (23.1) |
| Raios X | 9 (9.5) | 26 (27.6) | 2 (2.1) | 57 (60.8) |

Tabela 3 - Especificidade, Sensibilidade, acurácia e Área sob a curva ROC para os diferentes métodos estudados. Araraquara, 2013

| Método | Sensibilidade | Especificidade | Acurácia | Área sob a curva |
|-----------|---------------|----------------|----------|------------------------|
| TI-NIR | 0.681 | 0.857 | 0.734 | 0.769 (0.667 – 0.872) |
| QLF | 0.696 | 0.832 | 0.762 | 0.757 (0.651 – 0.863) |
| DDPe n | 0.662 | 0.821 | 0.723 | 0.759 (0.656 – 0.863) |
| RX | 0.138* | 0.862 | 0.372* | 0.534* (0.408 – 0.659) |

* Representa diferença dos demais métodos, dentro do mesmo parâmetro avaliado. (teste de McNemar, $p < 0.05$)

FIGURAS

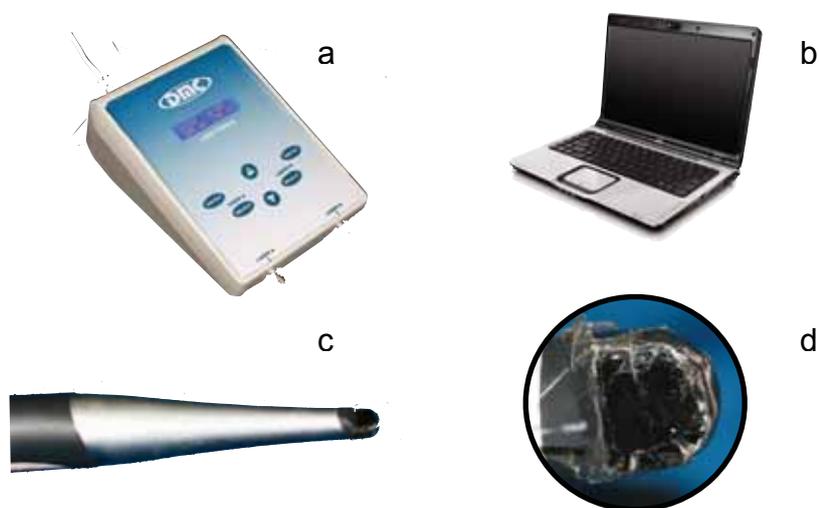


Figura 1. Componentes do sistema de transiluminação por laser infravermelho próximo utilizado neste estudo: a.) emissor laser de diodo de 200 mW, b.) microcomputador, c.) câmera com sensor CCD de 96 dpi, 32-bit, d.) extremidade da câmera evidenciando o filtro do espectro visível e a fibra óptica.

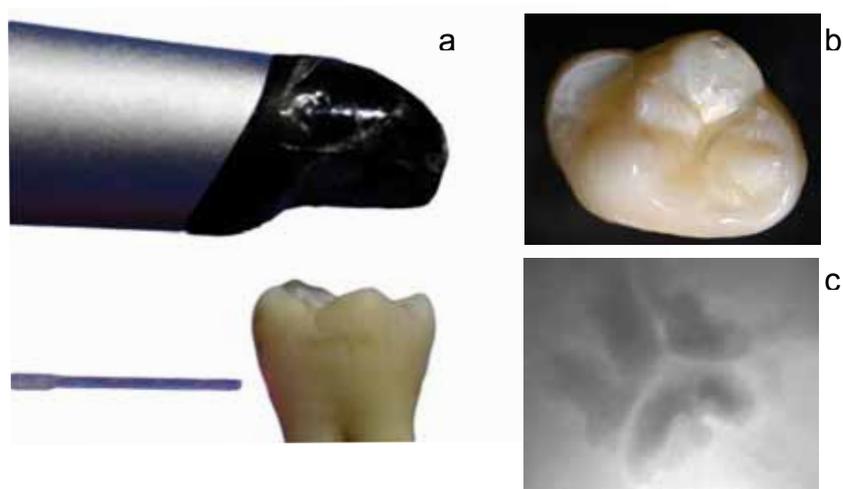
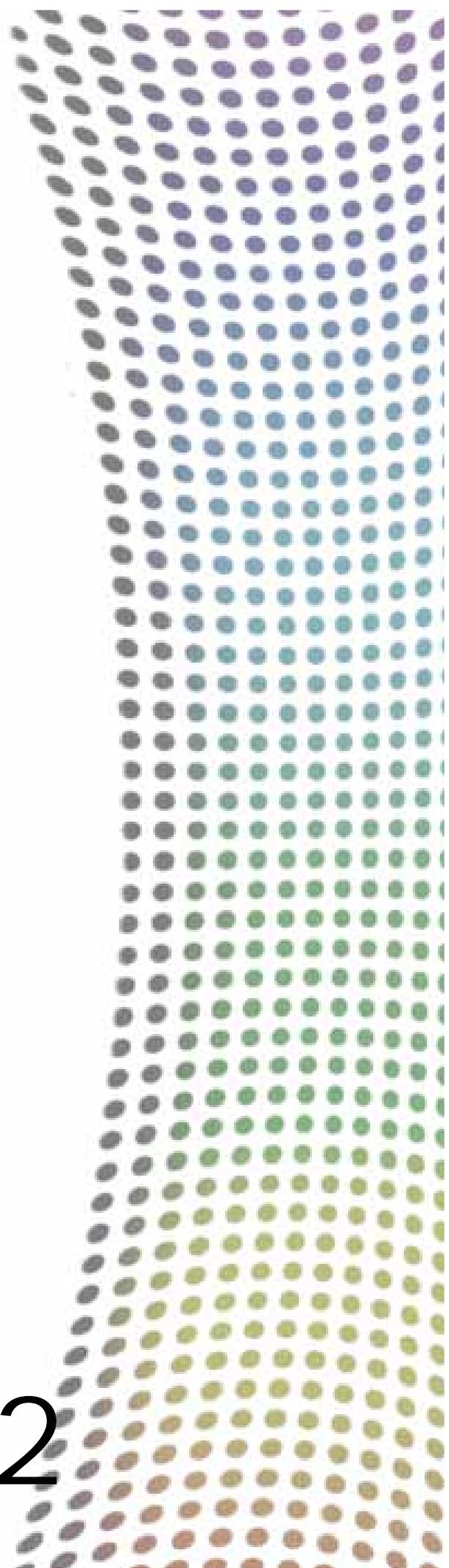


Figura 2. a.) câmera intraoral paralela à face oclusal do dente, com a fibra óptica posicionada na região cervical, b.) aspecto clínico de um dente com lesão de mancha branca, c.) imagem obtida com TI-NIR do mesmo dente anterior, nota-se o contraste entre áreas híginas e desmineralizadas.

Capítulo 2



Estudo 2

Avaliação de Métodos de Diagnóstico para detecção de lesões de cárie proximal em dentes decíduos.

Diego Giroto Bussaneli, Manuel Restrepo Restrepo, Thalita Boldieri, Thais Hildebrand Albertoni, Lourdes Santos-Pinto, Rita de Cássia Loiola Cordeiro

Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara - Univ. Estadual Paulista (UNESP). Rua Humaitá, 14801-903 Araraquara - São Paulo, Brasil

Título Curto

Diagnóstico da lesão de cárie proximal

Palavras-chave

Cárie Dentária, Fluorescência, Radiografia Interproximal

Autor Correspondente:

Rita de Cássia Loiola Cordeiro
Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP
Departamento de Clínica Infantil
Rua Humaitá, 1680, Araraquara/SP - Brasil
CEP: 14801-903. Telefone: +55 (16) 3301-6331
e-mail: ritacord@foar.unesp.br

Avaliação de Métodos de Diagnóstico para detecção de Lesões de cárie proximal em dentes decíduos.

RESUMO

O objetivo deste estudo clínico foi avaliar e comparar o desempenho do exame visual com os critérios Nyvad (EV), radiografia interproximal (RX), dispositivo de fluorescência a laser (DIAGNOdent Pen - DDPen) e suas associações no diagnóstico de lesões proximais em dentes decíduos. Para isso, foram selecionadas 45 crianças (n=59 superfícies) de ambos os sexos com idades entre 5 e 9 anos que apresentavam molares decíduos com sinais sugestivos da presença de lesão de cárie ou hígidos. As superfícies foram avaliadas clinicamente e codificadas segundo os critérios Nyvad, e logo depois com o DDPen. O exame radiográfico foi realizado apenas naquelas superfícies codificadas com os escores Nyvad 2, 3, 5 ou 6. Lesões de cárie ativas e/ou com superfície descontinuada foram restauradas, considerando-se a profundidade da lesão como padrão de referência. Sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC foram calculadas para cada técnica e suas associações. O exame visual com os critérios Nyvad apresentou os maiores valores de especificidade, acurácia e área sob a curva ROC. O DDPen apresentou maiores valores de sensibilidade. O uso dos métodos combinados aumentou apenas especificidade em relação aos métodos isolados. O desempenho do exame visual, radiográfico e DDPen e suas associações foi bom, mas a utilização dos critérios NYVAD se mostrou suficiente para o diagnóstico de lesões interproximais.

INTRODUÇÃO

A inspeção visual direta das lesões de cárie na superfície proximal é dificultada pelo ponto de contato ^{1,2}, o que torna o diagnóstico desse tipo de lesão desafiador para o clínico. Por essa razão o exame clínico/visual tem sido frequentemente complementado por radiografias interproximais ^{3,4}. Porém a imagem radiográfica subestima a profundidade da lesão, e é incapaz de detectar lesões em esmalte, além de ser um método sensível à técnica e que inevitavelmente expõe o paciente a radiação ionizante ¹. Frente a abordagem preventiva que a odontologia moderna preconiza, o desenvolvimento de sistemas e ferramentas visuais que auxiliem na detecção das primeiras alterações no esmalte é fundamental.

A codificação dos sinais sugestivos de lesão de cárie proposta por Nyvad ⁵ leva em consideração a natureza dinâmica da doença, avaliando sua atividade. Assim, os escores desse sistema não visam a avaliação da profundidade da lesão, mas sim de parâmetros que podem alterar a abordagem e tratamento das lesões de cárie, sendo que lesões ativas e cavitadas exigem tratamento operatório, enquanto que lesões ativas mas sem cavitação podem receber tratamento preventivo ⁶. O desempenho desse critério vem sendo avaliado em dentes decíduos ⁷⁻⁹ e permanentes ⁵ e os resultados mostram boa validade e confiabilidade na detecção de lesões de cárie.

Além do diagnóstico, as ferramentas auxiliares devem permitir o monitoramento da progressão da lesão, fornecendo dados objetivos que representem a condição do dente. O Diagnodent Pen 2190 é um dispositivo que quantifica o processo carioso através da indução da fluorescência a laser. Estudos clínicos ^{1,10,11} e laboratoriais ¹²⁻¹⁴ em dentes decíduos avaliaram a capacidade do aparelho em detectar lesões proximais, sendo os resultados controversos.

Poucos estudos utilizaram em sua metodologia os critérios visuais Nyvad associados ao Diagnodent Pen como auxiliar no diagnóstico de lesões de cárie proximal ^{15,16}, e essa associação ainda não foi estudada em superfícies proximais de dentes decíduos. Por isso propomos avaliar e comparar o desempenho dos critérios NYVAD com radiografias interproximais e o Diagnodent Pen e suas associações no diagnóstico de lesões de cárie proximal.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP (processo 30/11 - Anexo 1). O consentimento escrito foi assinado pelos responsáveis legais das crianças antes do início do estudo.

Seleção da amostra

Foram selecionadas 45 crianças com idade entre 5 e 9 anos, de ambos os sexos, que procuraram a Clínica de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP para tratamento. Para serem incluídos no estudo, os pacientes deveriam apresentar molares e/ou caninos decíduos em contato proximal hígidos ou cariados, permitindo avaliação das superfícies mesial e distal de primeiros molares decíduos, e mesial de segundos molares. Dentes que apresentassem restaurações, cárie oclusal, presença de hipoplasias e avançado estágio de rizólise não foram incluídos. Foram selecionados no máximo 3 superfícies por criança de forma que a amostra final do estudo foi composta de 59 superfícies de contato.

Exame Visual (EV)

Previamente a todos os exames, as superfícies proximais foram criteriosamente limpas com escova de Robinson em baixa rotação e pasta profilática, e fita dental, garantindo a remoção da placa do sítio selecionado. Os exames foram realizados em cadeira odontológica com auxílio da luz do refletor, seringa tríplice, espelho bucal plano e explorador. Os critérios preconizados por Nyvad 1999⁵ foram utilizados para a inspeção visual das superfícies: (0) hígido, (1) lesão ativa com superfície intacta, (2) lesão ativa com superfície descontinuada, (3) lesão ativa cavitada, (4) lesão inativa com superfície intacta, (5) lesão inativa com superfície descontinuada e (6) lesão inativa cavitada. A sonda exploradora utilizada para avaliação da textura da superfície foi deslizada gentilmente sobre a área investigada. Também foram avaliadas as papilas interdentais das faces selecionadas quanto à ausência (0) ou presença (1) de gengivite, e a ausência (0) ou presença (1) de transparência na superfície oclusal com origem na face proximal do dente.

Exame com dispositivo de Fluorescência a Laser (DDPen)

As análises foram realizadas com o DIAGNOdent pen 2190 (Kavo, Biberach, Alemanha) e a ponta tipo 1 para superfícies proximais foi utilizada de acordo com as recomendações do fabricante. O aparelho foi calibrado contra um padrão cerâmico e depois também contra uma superfície lisa hígida do próprio dente em análise. Esse procedimento foi repetido para cada superfície analisada. Após secagem de 3 segundos, a ponta foi inserida abaixo da superfície de contato, tanto na superfície vestibular como na palatina/lingual, realizando movimentos exploratórios até que o maior valor “peak” fosse obtido. A avaliação do sítio foi realizada por vestibular e por palatino/lingual, onde o maior valor obtido foi anotado¹³. A presença ou ausência de lesão de cárie foi determinada utilizando os pontos de corte sugeridos por Diniz et al., 2009¹⁷, sendo categorizados em scores da seguinte forma: 0-14: dente hígido, 15-21 lesão em esmalte, 22-37 lesão na metade externa da dentina, e maior que 38 lesão em dentina.

Exame Radiográfico (RX)

Radiografias interproximais posteriores foram realizadas apenas naqueles sítios que apresentavam sombreamento ou cavitações (scores Nyvad 2, 3, 5 e 6) utilizando-se filmes Kodak Insight (22 x 35 mm, Kodak, Rochester, Minnesota, USA) e um aparelho de raios X Spectro 70 X Seletronic (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil) operando a 60 kVp e 10 mA, com tempo de exposição de 0,50 segundos. Para facilitar a exposição padronizada, suportes de filmes com orientação para angulação vertical e horizontal foram utilizados. O processamento dos filmes foi realizado em processadora automática (9000, DENT-X, USA). As imagens foram analisadas com iluminação ambiente reduzida em negatoscópio (Fabinjet dental, São Paulo, Brasil), e classificadas de acordo com os critérios propostos por Ekstrand et al., 1997¹⁸ em: (0) ausência de radiolucidez, (1) radiolucidez na metade externa do esmalte, (2) radiolucidez na metade interna do esmalte, (3) radiolucidez na metade externa da dentina, e (4) radiolucidez na metade interna da dentina. Os sítios sem indicação de exame radiográfico foram classificados como sadios (código 0).

Validação

As superfícies com sinais de cárie (escores Nyvad 2, 3 ou 6, e/ou escores radiográfico 2, 3 ou 4) foram restauradas, sendo o tecido cariado removido, e a profundidade da cavidade classificada em: (2) cavidade em esmalte, (3) cavidade em dentina ou (4) cavidade profunda em dentina. As superfícies que apresentaram lesões ativas sem perda de estrutura (escore Nyvad 1) receberam tratamento não operatório com verniz fluoretado, e foram classificadas com o escore 1. Pacientes com sítios hígidos (escore Nyvad 0), sem necessidade de nenhum tipo de tratamento, receberam apenas cuidados preventivos, e foram classificados com o código 0.

Análise Estatística

Para a análise estatística, foi utilizado o software estatístico SPSS v. 16.0 (SPSS inc., Chicago, USA). Os dados das superfícies proximais foram dicotomizadas em dois pontos de corte, de acordo com o padrão ouro, sendo que em D1 foram consideradas lesões em esmalte e dentina (0 = sadio, e 1, 2, 3 e 4 = doente), e D2, apenas lesões em dentina (0, 1 e 2 = sadio e 3 e 4 = doente). Quando os métodos foram associados, a superfície foi classificada como doente apenas se todos os métodos obtiveram resultados positivos para a presença da lesão ¹⁹.

A sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC (Az) foram calculadas para os métodos e suas associações. A comparação dos valores de sensibilidade e especificidade entre métodos foi realizada com a análise de variância (teste de McNemar, α erro de 0.05). A correlação entre os métodos radiográfico e de fluorescência com o exame visual foi realizada através do coeficiente de correlação de Spearman (IC 95%). A concordância entre gengivite e transparência oclusal com a presença da lesão de cárie foi calculada com o teste Kappa a 5%.

RESULTADOS

A prevalência de lesões de cárie da amostra avaliada foi de 77.9%. As superfícies mais frequentemente acometidas pela doença foram a mesial do segundo molar decíduo (35.5%), e a distal do primeiro molar decíduo (33.3%).

Os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC

dos métodos isolados, e suas associações para lesões em esmalte e dentina (D1), e apenas em dentina (D2) são mostrados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. Quando os métodos foram avaliados isoladamente tanto para D1 quanto para D2, o EV apresentou os maiores valores de especificidade, acurácia e área sob a curva ROC, enquanto que seus valores de sensibilidade foram superados apenas pelo DDpen.

Em D1, observa-se maiores valores de sensibilidade dos métodos utilizados isoladamente que de suas respectivas associações, e um aumento nos valores de especificidade na associação entre métodos de diagnóstico, sendo superior quando os três métodos foram associados (1.00).

Para lesões em dentina (D2), tanto o EV como o DDpen apresentaram valores de sensibilidade maiores que Rx, sendo que a associação EV+DDpen apresentou maiores valores que as demais associações. Já a especificidade, foi considerada excelente quando foram associados os três métodos ou o EV + DDpen (1.00).

Para acurácia e área sob a curva ROC, os valores foram maiores para os EV e sua associação com o DDpen, tanto para D1 quanto D2.

Os valores de correlação entre EV e Rx foram de 0.774, de 0.678 para EV e DDpen, e de 0.548 para Rx e DD (Spearman, $p < 0.001$). A concordância entre a presença de lesão proximal de cárie e gengivite ou transparência oclusal foi estatisticamente significativa apenas para gengivite (Kappa, $p = 0.024$).

DISCUSSÃO

Diferentes métodos têm sido propostos como auxiliares no diagnóstico da condição da superfície proximal, apresentando controvérsias sobre qual seria a técnica ou critério mais apropriado para a detecção de lesões nessa superfície.

Os resultados deste estudo clínico mostraram bom desempenho dos métodos utilizados, tanto na detecção de lesões em esmalte como em dentina. O exame radiográfico é o método mais comumente utilizado, apresentando bom desempenho apenas para lesões em dentina^{20, 21}. Para esse tipo de lesão, neste estudo, a radiografia apresentou especificidade elevada (0.926), enquanto em D1 a capacidade do método em diagnosticar a ausência da lesão diminuiu (0.615). Isso pode ser atribuído ao desempenho do método, que está diretamente relacionado a severidade da lesão, conteúdo mineral comprometido e ao contraste entre a área

hígida e o tecido cariado ²², subestimando a extensão da lesão ³. Em nossa metodologia, o exame radiográfico foi realizado quando as superfícies foram codificadas com escore Nyvad 2, 3, 5 e 6. Acreditamos que isso possa ter favorecido o desempenho do exame radiográfico, uma vez que este exame só foi realizado quando perdas de estrutura eram detectadas clinicamente. Caso o exame radiográfico tivesse sido realizado em todas as superfícies, menores valores de sensibilidade, e conseqüentemente de acurácia e área sob a curva ROC teriam sido obtidos. Isso fica claro nas superfícies que apresentaram escores Nyvad 1, ou seja, estavam doentes, e seriam diagnosticadas como sadias pelo exame radiográfico, representando um falso-negativo.

A combinação do exame clínico com o radiográfico não resultou em uma melhora na capacidade em diagnosticar a presença de lesão, quando comparado com os resultados do exame clínico somente, tanto em D1 quanto em D2, sugerindo que o exame radiográfico tenha influenciado negativamente no desempenho do exame visual. Assim, radiografias bitewing para a detecção de lesões de cárie proximais estariam indicadas em casos de suspeita da presença de lesão, avaliação da profundidade e proximidade com a polpa ^{23, 24}, mas não como técnica principal para estabelecer o diagnóstico.

Não há dúvidas de que o exame visual seja a técnica mais utilizada para detecção de lesões de cárie. Neste estudo, os critérios NYVAD contribuíram com o excelente desempenho do exame visual para o diagnóstico de lesões de cárie proximal, tanto em esmalte quanto em dentina (Tabelas 1 e 2). Esses critérios são descritos de forma clara, e permitem a diferenciação entre lesões cavitadas e não cavitadas, ativas e inativas, e características da superfície, além de ser uma estratégia confiável e precisa para detecção de lesões iniciais ^{5, 9, 13, 25} e dessa forma minimizam a interpretação subjetiva e cooperam para melhorar a sensibilidade desse exame ²³.

Neste estudo, o DDPen apresentou os maiores valores de sensibilidade, tanto em D1 quanto em D2, embora sem grandes diferenças com o EV. Bader et al., ²⁶ afirmam em sua revisão sistemática que o DIAGNOdent apresenta sempre maiores valores de sensibilidade, e menores valores de especificidade. As maiores diferenças entre esses métodos foram em relação a especificidade. Sendo assim, como a superfície proximal apresenta grande quantidade de placa, devido a

dificuldade de higienização mesmo após profilaxia, as leituras podem resultar em falsos-positivos ²⁷.

A associação de técnicas para o estabelecimento do diagnóstico tem sido um assunto controverso. Diferentes autores sugerem que a associação de métodos diagnósticos pode aumentar o desempenho do exame clínico visual ²⁸⁻³¹, levando a uma melhor tomada de decisão quanto ao diagnóstico e tratamento. Entretanto, Baelum³² afirma que o uso de métodos auxiliares ao exame visual envolve suposições, uma vez que baseiam-se em fenômenos físicos, que não refletem adequadamente as características da superfície e atividade da lesão, sugerindo que o uso de mais de uma ferramenta não leva necessariamente a melhores decisões diagnósticas.

O uso concomitante do DDpen com o exame visual, resultou no aumento da especificidade, sem alteração nos valores de sensibilidade, acurácia e área sob a curva ROC, tanto em D1 quanto em D2, demonstrando ser uma associação válida para tomada de decisões. Contudo, o bom desempenho do DDpen sozinho não justifica seu uso sem um adequado exame clínico prévio, pois autores ^{26,33} sugerem que isso pode aumentar substancialmente o número de tratamentos invasivos, resultando muitas vezes num sobretratamento, e reduzir a frequência de diagnósticos corretos. Nossos resultados e suas interpretações concordam com os de Attrill e Ashley ³⁴, quando afirmam que o desempenho da associação exame visual + DDpen é semelhante ao do exame visual após um adequado treinamento.

Apesar do uso do EV+Rx+DDpen ter apresentado bom desempenho, tanto para D1 como para D2, não apresentou melhores resultados quando comparado ao método visual apenas. Pelo contrário, no que diz respeito a presença da lesão, a associação se mostrou menos sensível, e mais específica, sem diferenças nos valores de acurácia e área sob a curva ROC. Os nossos resultados concordam com as conclusões de Pereira et al., ³³ e de Mendes et al., ¹⁰, que também não obtiveram melhoras na precisão do diagnóstico quando associaram diferentes métodos.

Embora as associações tenham melhorado os valores de especificidade, esse fato não representou uma melhora global no diagnóstico de lesões proximais, uma vez que valores de acurácia e área sob a curva ROC dos métodos associados não foram discrepantes em relação aos métodos sozinhos. O tipo de estratégia utilizada para avaliação das associações considerou como doente apenas os casos onde todos os métodos foram concordantes (sequencial). Essa forma de análise está mais

indicada na avaliação do desempenho de métodos em populações com alta prevalência de cárie ¹⁰, como a avaliada neste estudo clínico, e conseqüentemente, essa abordagem aumentou os valores de especificidade, enquanto diminuiu os de sensibilidade.

Algumas considerações sobre a metodologia e interpretações dos resultados deste estudo devem ser feitas. Destaca-se o elevado desempenho obtido com os métodos utilizados, especialmente com os critérios Nyvad. Salientamos que o exame clínico dos pacientes foi realizado por um avaliador que possuía treinamento diferenciado e conhecimento dos processos relacionados a doença cárie. Assim, acredita-se que cursos de graduação devem investir esforços no ensino e calibração de critérios visuais, uma vez que, como demonstrado neste trabalho e na literatura, sua correta utilização é suficiente para o estabelecimento do diagnóstico, e conseqüentemente a decisão de tratamento. Além disso, considerar a acurácia como medida de validade do método pode ser problemático quando a prevalência da amostra estudada for muito divergente de 50%, ou quando os valores de sensibilidade e especificidade forem discrepantes ^{35, 36}. Mesmo que a prevalência encontrada neste estudo tenha sido alta (77.9%), notamos a similaridade entre os valores de acurácia e a área sob a curva ROC, e pequena discrepância entre sensibilidade e especificidade. Considerando que a aplicação de testes matemáticos tem limitações em estudo clínicos, a análise estatística comparando os valores de sensibilidade, especificidade, e acurácia entre os métodos e suas associações não foi realizada pois o teste de McNemar é dependente da proporção entre casos positivos e negativos ³⁷. Sugere-se ao leitor uma completa interpretação dos valores apresentados, levando-se em conta o que cada um dos parâmetros medidos representa. Somente uma avaliação generalizada pode indicar o real desempenho diagnóstico dos métodos abordados neste estudo, ao passo que valores de p isolados poderiam levar a conclusões sem tanta relevância clínica.

CONCLUSÃO

Apesar do bom desempenho do exame visual, do exame radiográfico e do DDpen e suas associações, a utilização do exame visual com os critérios NYVAD se mostrou suficiente para o diagnóstico de lesões de cárie interproximais.

REFERÊNCIAS

1. Novaes TF, Matos R, Braga MM, et al. Performance of a pen-type laser fluorescence device and conventional methods in detecting approximal caries lesions in primary teeth--in vivo study. *Caries Res* 2009;43(1):36-42.
2. Ekstrand KR, Luna LE, Promisiero L, et al. The reliability and accuracy of two methods for proximal caries detection and depth on directly visible proximal surfaces: an in vitro study. *Caries Res* 2011;45(2):93-9.
3. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent* 2002;62(4):201-13.
4. Feldens CA, Tovo MF, Kramer PF, et al. An in vitro study of the correlation between clinical and radiographic examinations of proximal carious lesions in primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2003;27(2):143-7.
5. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res* 1999;33(4):252-60.
6. Nyvad B. Diagnosis versus detection of caries. *Caries Res* 2004;38(3):192-8.
7. Sellos MC, Soviero VM. Reliability of the Nyvad criteria for caries assessment in primary teeth. *Eur J Oral Sci* 2011;119(3):225-31.
8. Braga MM, Ekstrand KR, Martignon S, et al. Clinical performance of two visual scoring systems in detecting and assessing activity status of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res* 2010;44(3):300-8.
9. Braga MM, Mendes FM, Martignon S, Ricketts DN, Ekstrand KR. In vitro comparison of Nyvad's system and ICDAS-II with Lesion Activity Assessment for evaluation of severity and activity of occlusal caries lesions in primary teeth. *Caries Res* 2009;43(5):405-12.
10. Mendes FM, Novaes TF, Matos R, et al. Radiographic and laser fluorescence methods have no benefits for detecting caries in primary teeth. *Caries Res* 2012;46(6):536-43.

11. Chen J, Qin M, Ma W, Ge L. A clinical study of a laser fluorescence device for the detection of approximal caries in primary molars. *Int J Paediatr Dent* 2012;22(2):132-8.
12. Celiberti P, Leamari VM, Imperato JC, Braga MM, Mendes FM. In vitro ability of a laser fluorescence device in quantifying approximal caries lesions in primary molars. *J Dent* 2010;38(8):666-70.
13. Braga MM, Morais CC, Nakama RC, et al. In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(4):e35-41.
14. Chawla N, Messer LB, Adams GG, Manton DJ. An in vitro comparison of detection methods for approximal carious lesions in primary molars. *Caries Res* 2012;46(2):161-9.
15. Braga MM, de Benedetto MS, Imperato JC, Mendes FM. New methodology to assess activity status of occlusal caries in primary teeth using laser fluorescence device. *J Biomed Opt* 2010;15(4):047005.
16. Seppa L, Anttonen V, Niinimaa A, Hausen H. Relationship between laser fluorescence values and visual evaluation of fissure caries in schoolchildren - a field study. *Int J Paediatr Dent* 2012;22(6):467-72.
17. Diniz MB, Rodrigues JA, de Paula AB, Cordeiro Rde C. In vivo evaluation of laser fluorescence performance using different cut-off limits for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci* 2009;24(3):295-300.
18. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Res* 1997;31(3):224-31.
19. Gordis L. Assessing the validity and reliability of diagnostic and screening tests; in: *Epidemiology*. Philadelphia, Saunders. 2009:85-108.
20. Weiss EI, Tzohar A, Kaffe I, et al. Interpretation of bitewing radiographs. Part 2. Evaluation of the size of approximal lesions and need for treatment. *J Dent* 1996;24(6):385-8.
21. Diniz MB, Rodrigues JA, Neuhaus KW, Cordeiro RC, Lussi A. Influence of examiner's clinical experience on the reproducibility and accuracy of radiographic

examination in detecting occlusal caries. *Clin Oral Investig* 2010;14(5):515-23.

22. Maia AM, Karlsson L, Margulis W, Gomes AS. Evaluation of two imaging techniques: near-infrared transillumination and dental radiographs for the detection of early approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40(7):429-33.

23. Braga MM, Mendes FM, Ekstrand KR. Detection activity assessment and diagnosis of dental caries lesions. *Dent Clin North Am* 2010;54(3):479-93.

24. Hintze H. Screening with conventional and digital bite-wing radiography compared to clinical examination alone for caries detection in low-risk children. *Caries Res* 1993;27(6):499-504.

25. Ekstrand KR. Improving clinical visual detection--potential for caries clinical trials. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C67-71.

26. Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc* 2004;135(10):1413-26.

27. Mendes FM, Hissadomi M, Imperato JC. Effects of drying time and the presence of plaque on the in vitro performance of laser fluorescence in occlusal caries of primary teeth. *Caries Res* 2004;38(2):104-8.

28. Chu CH, Lo EC, You DS. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers Med Sci* 2010;25(3):355-62.

29. Kavvadia K, Lagouvardos P, Apostolopoulou D. Combined validity of DIAGNOdent and visual examination for in vitro detection of occlusal caries in primary molars. *Lasers Med Sci* 2012;27(2):313-9.

30. Souza-Zaroni WC, Ciccone JC, Souza-Gabriel AE, et al. Validity and reproducibility of different combinations of methods for occlusal caries detection: an in vitro comparison. *Caries Res* 2006;40(3):194-201.

31. Valera FB, Pessan JP, Valera RC, Mondelli J, Percinoto C. Comparison of visual inspection, radiographic examination, laser fluorescence and their combinations on treatment decisions for occlusal surfaces. *Am J Dent* 2008;21(1):25-9.

32. Baelum V. What is an appropriate caries diagnosis? *Acta Odontol Scand* 2010;68(2):65-79.

33. Pereira AC, Eggertsson H, Martinez-Mier EA, et al. Validity of caries detection on occlusal surfaces and treatment decisions based on results from multiple caries-detection methods. *Eur J Oral Sci* 2009;117(1):51-7.
34. Attrill DC, Ashley PF. Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *Br Dent J* 2001;190(8):440-3.
35. Alberg AJ, Park JW, Hager BW, Brock MV, Diener-West M. The use of "overall accuracy" to evaluate the validity of screening or diagnostic tests. *J Gen Intern Med* 2004;19(5 Pt 1):460-5.
36. Neuhaus KW, Rodrigues JA, Hug I, Stich H, Lussi A. Performance of laser fluorescence devices, visual and radiographic examination for the detection of occlusal caries in primary molars. *Clin Oral Investig* 2011;15(5):635-41.
37. Trajman A, Luiz RR. McNemar chi2 test revisited: comparing sensitivity and specificity of diagnostic examinations. *Scand J Clin Lab Invest* 2008;68(1):77-80.

TABELAS

Tabela 1 - Sensibilidade, Especificidade, Acurácia e Área sob a curva ROC dos métodos diagnósticos para lesões em esmalte e dentina (D1). Araraquara, 2013.

| Métodos associados | Sensibilidade | Especificidade | Acurácia | ROC |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------|
| EV | 0.957 | 0.846 | 0.940 | 0.901 |
| RX | 0.761 | 0.615 | 0.729 | 0.688 |
| DDPen | 0.978 | 0.626 | 0.898 | 0.797 |
| EV + RX | 0.717 | 0.919 | 0.763 | 0.820 |
| EV + DDpen | 0.935 | 0.923 | 0.932 | 0.929 |
| NY+RX+DDpen | 0.728 | 1.000 | 0.779 | 0.859 |

Tabela 2 - Sensibilidade, Especificidade, Acurácia e Área sob a curva ROC dos métodos diagnósticos para lesões em dentina (D2). Araraquara, 2013

| Método Diagnóstico | Sensibilidade | Especificidade | Acurácia | ROC |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------|
| EV | 0.938 | 0.963 | 0.949 | 0.950 |
| RX | 0.781 | 0.926 | 0.856 | 0.854 |
| DDPen | 0.969 | 0.704 | 0.847 | 0.836 |
| EV + RX | 0.750 | 0.923 | 0.873 | 0.856 |
| EV + DDpen | 0.942 | 1.000 | 0.966 | 0.969 |
| NY+RX+DDpen | 0.750 | 1.000 | 0.864 | 0.875 |

Considerações Finais



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da redução significativa na prevalência da cárie dentária em todo o mundo, este problema continua sendo questão de interesse para a prática clínica. Dispositivos de diagnóstico têm sido desenvolvidos com pretensões de detectar os primeiros sinais de desmineralização do esmalte, proporcionando assim, a oportunidade de intervir com opções terapêuticas a fim de paralisar a lesão, incentivar a remineralização e evitar a necessidade de intervenção restauradora. Estudos laboratoriais são indispensáveis na avaliação de uma nova ferramenta, e têm a vantagem de manter algumas variáveis sob controle, mas por outro lado podem apresentar limitações na aplicação de seus resultados, enquanto que estudos in vivo são ideais na avaliação do desempenho clínico do método.

A viabilidade da tecnologia de transiluminação com laser infravermelho próximo (TI-NIR) foi comprovada neste trabalho. Assim como na idealização dos demais métodos auxiliares, o protótipo deste estudo necessita de ajustes e adequações antes de serem conduzidos trabalhos clínicos. É importante ressaltar que por mais preciso e confiável que esses métodos possam se tornar, o exame clínico criterioso nunca pode ser negligenciado, de maneira que é a única forma disponível hoje para avaliar a atividade da lesão.

O desempenho do exame visual sozinho, ou em associação a outros métodos auxiliares, foi avaliado no segundo capítulo deste trabalho. Encontramos que o exame radiográfico e o DIAGNOdent Pen não apresentam benefícios em relação ao exame visual apenas, que se mostrou suficiente para o diagnóstico de lesões de cárie proximal em dentes decíduos,

Apesar do bom desempenho do protótipo de TI-NIR, seus resultados ainda não possibilita sua aplicação de forma direta na prática clínica. É válido notar também que a indicação do exame radiográfico para a detecção de lesões de cárie deve ser realizada com cautela.

Referências



REFERÊNCIAS*

1. Abalos C, Herrera M, Jimenez-Planas A, Llamas R: Performance of laser fluorescence for detection of occlusal dentinal caries lesions in permanent molars. An in vivo study with total validation of the sample. *Caries Res.* 2009; 43(2): 137-41.
2. al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Mansson B, de Josselin de Jong E, Sundstrom G, Exterkate RA, Oliveby A. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res.* 1997; 11(4): 502-6.
3. Amaechi BT, Higham SM. Quantitative light-induced fluorescence: A potential tool for general dental assessment. *J Biomed Opt.* 2002; 7(1): 7-13.
4. Ando M, Eckert GJ, Stookey GK, Zero DT. Effect of imaging geometry on evaluating natural white-spot lesions using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res.* 2004; 38(1): 39-44.
5. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent.* 2002; 62(4): 201-13.
6. Borisova E, Uzunov T, Avramov L. Laser-induced autofluorescence study of caries model in vitro. *Lasers Med Sci.* 2006; 21(1): 34-41.
7. Braga MM, Ekstrand KR, Martignon S, Imparato JC, Ricketts DN, Mendes FM. Clinical performance of two visual scoring systems in detecting and assessing activity status of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res.* 2010; 44(3): 300-8.
8. Braga MM, Mendes FM, Martignon S, Ricketts DN, Ekstrand KR. In vitro comparison of nyvad's system and icdas-ii with lesion activity assessment for evaluation of severity and activity of occlusal caries lesions in primary teeth. *Caries Res.* 2009a; 43(5): 405-12.
9. Braga MM, Morais CC, Nakama RC, Leamari VM, Siqueira WL, Mendes FM. In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009b; 108(4): 35-41.
10. Buhler C, Ngaotheppitak P, Fried D. Imaging of occlusal dental caries (decay) with near-ir light at 1310-nm. *Opt Express.* 2005; 13(2): 573-82.
11. Choo-Smith LP, Dong CC, Cleghorn B, Hewko M. Shedding new light on early caries detection. *J Can Dent Assoc.* 2008; 74(10): 913-8.

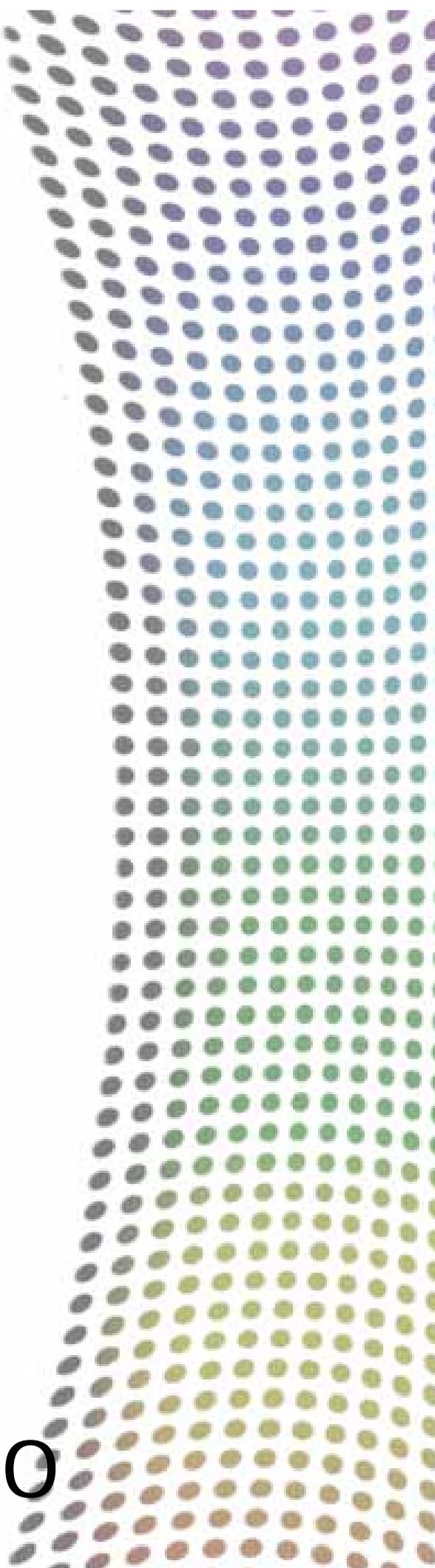
*De acordo com o manual da FOAr/UNESP, adaptadas das normas Vancouver. Disponível no site: <http://www.foar.unesp.br/#!/biblioteca/manual>

12. Chu CH, Lo EC, You DS. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers Med Sci* 2010; 25(3): 355-62.
13. Darling CL, Huynh GD, Fried D. Light scattering properties of natural and artificially demineralized dental enamel at 1310 nm. *J Biomed Opt.* 2006; 11(3): 34023.
14. Diniz MB, Boldieri T, Rodrigues JA, Santos-Pinto L, Lussi A, Cordeiro RC. The performance of conventional and fluorescence-based methods for occlusal caries detection: An in vivo study with histologic validation. *J Am Dent Assoc.* 2012; 143(4): 339-50.
15. Diniz MB, Rodrigues JA, Hug I, Cordeiro Rde C, Lussi A. Reproducibility and accuracy of the icdas-ii for occlusal caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2009; 37(5): 399-404.
16. Ekstrand KR, Martignon S, Ricketts DJ, Qvist V: Detection and activity assessment of primary coronal caries lesions. A methodologic study. *Oper Dent.* 2007; 32(3): 225-35.
17. Featherstone JD: Dental caries. A dynamic disease process. *Aust Dent J.* 2008; 53(3): 286-91.
18. Fried D, Featherstone JD, Darling CL, Jones RS, Ngaotheppitak P, Buhler CM. Early caries imaging and monitoring with near-infrared light. *Dent Clin North Am.* 2005; 49(4): 771-93.
19. Hall A, Girkin JM. A review of potential new diagnostic modalities for caries lesions. *J Dent Res.* 2004; 83 (Spec No C): C89-94.
20. Hamilton JC, Gregory WA, Valentine JB. Diagnodent measurements and correlation with the depth and volume of minimally invasive cavity preparations. *Oper Dent.* 2006; 31(3): 291-6.
21. Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, Iffland S, Tranaeus S, Angmar-Mansson B, Stosser L. Detection of initial caries lesions on smooth surfaces by quantitative light-induced fluorescence and visual examination: An in vivo comparison. *Eur J Oral Sci.* 2005; 113(6): 494-8.
22. Hibst RP, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: basic and clinical investigations. *Med Laser Appl.* 2001; 16(3): 205-13.
23. Hopcraft MS, Morgan MV. Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a young adult population. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2005; 33(3): 212-8.

24. Huth KC, Neuhaus KW, Gygax M, Bucher K, Crispin A, Paschos E, Hickel R, Lussi A. Clinical performance of a new laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions in permanent molars. *J Dent.* 2008; 36(12): 1033-40.
25. Ismail AI. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1997; 25(1): 13-23.
26. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB. The international caries detection and assessment system (icdas). An integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007; 35(3): 170-8.
27. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzl-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the icdas-ii for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res.* 2008; 42(2): 79-87.
28. Jones R, Huynh G, Jones G, Fried D. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay. *Opt Express.* 2003; 11(18): 2259-65.
29. Karlsson L. Caries detection methods based on changes in optical properties between healthy and carious tissue. *Int J Dent.* 2010; 2010: 270729: [Epub 2010 Mar 28].
30. Krause F, Jepsen S, Braun A. Comparison of two laser fluorescence devices for the detection of occlusal caries in vivo. *Eur J Oral Sci.* 2007; 115(4): 252-6.
31. Kuhnisch J, Iffland S, Tranaeus S, Hickel R, Stosser L, Heinrich-Weltzien R. In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. *Acta Odontol Scand.* 2007; 65(3): 183-8.
32. Last JM. A dictionary of epidemiology. Oxford: Oxford University Press; 1995.
33. Lussi A, Hack A, Hug I, Heckenberger H, Megert B, Stich H. Detection of approximal caries with a new laser fluorescence device. *Caries Res* 2006; 40(2): 97-103.
34. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent.* 2006; 34(7): 467-71.
35. Mejare I, Stenlund H, Zelezny-Holmlund C. Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood: a prospective 15-year cohort study in Sweden. *Caries Res.* 2004; 38(2): 130-41.
36. Neves AA, Coutinho E, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does diagnodent provide a reliable caries-removal endpoint? *J Dent.* 2011; 39(5): 351-60.
37. Nyvad B. Diagnosis versus detection of caries. *Caries Res.* 2004; 38(3): 192-8.

38. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res.* 1999; 33(4): 252-60.
39. Pine CM, ten Bosch JJ. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. *Caries Res.* 1996; 30(6): 381-8.
40. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The effect of dehydration on quantitative light-induced fluorescence analysis of early enamel demineralization. *J Oral Rehabil.* 2004; 31(2): 179-84.
41. Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RH, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *J Dent.* 2006; 34(2): 89-96.
42. Ricketts DN, Ekstrand KR, Kidd EA, Larsen T. Relating visual and radiographic ranked scoring systems for occlusal caries detection to histological and microbiological evidence. *Oper Dent.* 2002; 27(3): 231-7.
43. Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and icdas ii on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res.* 2008; 42(4): 297-304.
44. Sellos MC, Soviero VM. Reliability of the nyvad criteria for caries assessment in primary teeth. *Eur J Oral Sci.* 2011; 119(3): 225-31.
45. Shi XQ, Tranaeus S, Angmar-Mansson B. Comparison of qlf and diagnodent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res.* 2001; 35(1): 21-6.
46. Souza JF, Boldieri T, Diniz MB, Rodrigues JA, Lussi A, Cordeiro RC. Traditional and novel methods for occlusal caries detection: Performance on primary teeth. *Lasers Med Sci.* 2013; 28(1): 287-95.
47. Virajsilp V, Thearmontree A, Aryatawong S, Paiboonwarachat D. Comparison of proximal caries detection in primary teeth between laser fluorescence and bitewing radiography. *Pediatr Dent.* 2005; 27(6): 493-9.
48. Wenzel A, Fejerskov O. Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars. *Caries Res.* 1992; 26(3): 188-94.
49. Wu J, Fried D. High contrast near-infrared polarized reflectance images of demineralization on tooth buccal and occlusal surfaces at $\lambda = 1310\text{-nm}$. *Lasers Surg Med.* 2009; 41(3): 208-13.
50. Yang J, Dutra V. Utility of radiology, laser fluorescence, and transillumination. *Dent Clin North Am.* 2005; 49(7): 739-52.

51. Zandona AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. J Am Dent Assoc. 2006; 137(12): 1675-84.



Anexo

Anexo 1 – Certificado do Comitê de ética em pesquisa

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA




Comitê de Ética em Pesquisa

Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**PERFORMANCE DE MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE LESÕES DE CÁRIE PROXIMAIS EM MOLARES DECÍDUOS. ESTUDO IN VIVO**" sob o protocolo nº 30/11, de responsabilidade do Pesquisador (a) **RIJA DE CÁSSIA LOIOLA CORDEIRO** está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAr, com validade de 02 (dois) anos, quando será avaliado o relatório final da pesquisa.

Certify that the research project titled "**PERFORMANCE OF METHODS FOR APPROXIMAL CARIES DETECTION IN PRIMARY MOLARS. AN IN VIVO STUDY**", protocol number 30/11, under **Dr RIJA DE CÁSSIA LOIOLA CORDEIRO** responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethic Committee, FOAr-UNESP. Approval is granted for 02 (two) years when the final review of this study will occur.

Araraquara, 08 de julho de 2011.

UM S Nagle
Prof. Dr MAURÍCIO MEIRELLES NAGLE
Coordenador

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)
Araraquara, 18 de julho de 2013
Diego Giroto Bussaneli