

APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA COMO MÉTODO AUXILIAR DE DIAGNÓSTICO NÃO INVASIVO NA PERIODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA

APPLICATION OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY AS AN AUXILIARY NON-INVASIVE DIAGNOSTIC METHOD IN PERIODONTICS: LITERATURE REVIEW

Andressa Cristina da Silva Queiroz¹; Cecília Vilela Vasconcelos Barros de Almeida²; Renata Cimões³.

1. Discente do curso de Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife-PE, Brasil.
2. Doutoranda em Odontologia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, Brasil.
3. Docente do curso de Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife-PE, Brasil.

Palavras-chave:

Tomografia de Coerência Óptica; Periodontia; Diagnóstico.

RESUMO

O exame clínico, a sondagem periodontal e a radiografia são os três principais métodos de avaliação de saúde oral usados pelo cirurgião-dentista. Com isso, foi elaborado uma Revisão de Literatura com pesquisa no banco de dados da PubMed, Wiley Online Library e Google Acadêmico, com lapso temporal de 1998 a 2021, com o objetivo de avaliar a aplicação da TCO como possível método auxiliar no diagnóstico de doença periodontal. A partir de 1998, a TCO passa a ser estudada como possível método de diagnóstico não invasivo na Odontologia. Entre os benefícios referentes à Periodontia, tem sido relatado: a possibilidade de visualizar estruturas importantes do periodonto, fazer sondagem periodontal, diferenciar fenótipo gengival, detectar presença de cálculo supra e subgengival, além da observação de microestrutura e vascularização gengival, auxiliando no diagnóstico e acompanhamento do tratamento periodontal. Portanto, a TCO é uma tecnologia emergente de bio-imagem que gera imagens estruturais bi e tridimensionais em alta resolução dos tecidos duros e moles do periodonto. Entretanto, mais estudos são necessários para superar as limitações da técnica e desenvolver sistemas de baixo custo para impulsionar seu uso em ambiente clínico.

Keywords:

Tomography, Optical Coherence; Periodontics; Diagnosis.

ABSTRACT

Physical examination, periodontal probing and radiography are the three main methods of assessing oral health used by the dentist. Thereby, a Literature review was prepared based on research in the database of PubMed, Wiley Online Library and Google Academic, with time lapse from 1998 to 2021, with the objective of evaluating the application of OCT as a possible auxiliary method in the diagnosis of periodontal disease. Since 1998, the OCT has been studied as a possible non-invasive diagnostic method in Dentistry. Among the benefits related to Periodontics, it has been reported: the possibility of viewing important structures of the periodontium, periodontal probing, differentiating gingival phenotype, detecting the presence of supra and subgingival calculus, in addition to the observation of gingival microstructure and vascularization, helping in the diagnosis and monitoring of periodontal treatment. Therefore, the OCT is an emerging bio-imaging technology that generates high resolution bi and three-dimensional structural images of the hard and soft tissues of the periodontium. However, further studies are needed to overcome the limitations of the technique and develop low-cost systems to boost its use in a clinical setting.

Autor correspondente:

Renata Cimões.
Av. Prof. Moraes Rego, 1235.
Email: renata.cimoes@globo.com
Telefone: (81) 98831-0501

INTRODUÇÃO

Em 2018, foi lançado o Proceedings do Workshop Mundial para Classificação das Doenças e Condições Periodontais e Peri-implantares, reagrupando as condições periodontais em três grandes grupos: Saúde Periodontal, Condições e doenças Gengivais; Periodontite; e manifestações Periodontais de Doenças ou condições sistêmicas^{1,2}. E para

realizar a avaliação dessas condições periodontais, o cirurgião-dentista conta com uma série de parâmetros que fazem parte do exame de rotina como a sondagem periodontal para determinar a profundidade de sondagem (PS) e do nível de inserção clínica (NIC)³. Esses profissionais avaliam a saúde bucal de um paciente por três principais meios: exame clínico, sondagem periodontal e imagem radiográfica⁴.

Já em relação às radiografias, a doença periodontal não é identificada até que ocorra perda óssea significativa, portanto estas não conseguem distinguir a doença ativa da inativa. As radiografias intra-oral e a panorâmica geram imagens bidimensionais, dessa forma, as superfícies vestibular e lingual ficam obscurecidas e apenas o nível ósseo das superfícies proximais pode ser avaliado. Ademais, emitem radiação ionizante prejudicial e não fornecem informações sobre o estado dos tecidos moles de interesse para o diagnóstico^{4,5}.

Ao longo da história, a Odontologia tem feito esforços para limitar os danos provocados pelas principais doenças presentes na cavidade bucal: cárie dentária e doença periodontal⁶. Nesse sentido, métodos não invasivos de diagnóstico precoce têm tido destaque nos estudos clínicos. Modernos métodos ópticos de imagiologia como microscopia de varredura a laser, endoscopia, microscopia, microscopia de fluorescência e, mais recentemente, tomografia de coerência óptica (TCO) já foram investigados^{7,8}.

A TCO é reconhecida como uma das mais importantes modalidades de imagem em Biofotônica, fornecendo "biópsias ópticas" com resolução espacial micrométrica e poucos milímetros de profundidade de penetração⁹. Em 1998, foram publicados os primeiros estudos sobre uso de TCO na Odontologia como método capaz de avaliar de tecidos moles e duros através de formação de imagens com precisão⁴. E quando comparada às técnicas de reprodução de imagem comumente usadas na Odontologia, TCO apresenta-se vantajosa pela adequada visualização de tecidos moles (em contraste com a radiografia) e pela ausência de qualquer tipo de radiação prejudicial ao paciente (diferentemente da radiografia e da tomografia computadorizada)⁸. Assim, esse trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura para avaliar a aplicação da TCO como novo método de diagnóstico de doença periodontal.

METODOLOGIA

Esse trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura nas bases de dados da PubMed, Wiley Online Library e Google Acadêmico, com lapso temporal de 1998 a 2021. As palavras-chave utilizadas foram "Tomografia de Coerência Óptica", "Odontologia" e "Periodontia" e suas correspondentes em inglês "Optical Coherence Tomography", "Dentistry" e "Periodontics".

Somando-se todos os achados das bases de dados escolhidas, foram encontrados: 2930 artigos no Google Acadêmico, 303 na Wiley Online Library e 27 artigos no banco de dados da PubMed. Após a leitura dos títulos dos trabalhos, foram excluídos os que não respondiam ao objetivo do presente estudo, isto é, de revisar a literatura sobre a aplicação da TCO como método auxiliar no diagnóstico de doença periodontal.

Diante disso, os critérios de inclusão para a seleção dos artigos, foram: artigos completos disponíveis; Idioma: inglês, português e espanhol; lapso temporal: 1998-2021; artigos de revisão de literatura; estudos laboratoriais e clínicos. Foram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão: artigos duplicados nas bases de dados e estudos que relatam o uso da TCO em outras áreas da Medicina e Odontologia, sem abordar seu uso na Periodontia.

Neste contexto, os artigos foram lidos, selecionados e agrupados em seis categorias: a) Tomografia de Coerência Óptica; b) Evolução dos estudos da TCO na Periodontia; c) Estudos *in vitro* e *in vivo*; d) Limitações da TCO; e) Comprimento de onda; f) TCO como exame clínico de imagem.

RESULTADOS

Após a aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão, 21 artigos foram selecionados para leitura dos resumos, dos quais apenas 15 se enquadram no tema proposto e foram selecionados para a leitura integral. Os estudos selecionados encontram-se explanados de forma resumida na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da Revisão de Literatura Científica.

Título/ Autor (Ano)	Resumo
1- Dental OCT Conston et al. (1998)	Este estudo apresentou as primeiras imagens de TCO <i>in vivo</i> de tecido dentário humano. A profundidade média das imagens variou de 3 mm em tecidos duros a 1,5 mm em tecidos moles. Além disso, discutiu a aplicação deste sistema de imagem para odontologia e ilustrou o potencial desse sistema de TCO odontológico como auxílio no diagnóstico de doenças periodontais, detecção de cáries e avaliação de restaurações dentárias.
2- In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity Feldchtein et al. (1998)	Nesse artigo, a TCO reproduziu imagens estruturais <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> de tecidos duros e moles da cavidade oral. Foi possível diferenciar mucosas queratinizadas e não queratinizadas com alta resolução.
3- Optical Coherence Tomography: A new Imaging Technology for Dentistry Otis et al. (2000)	O estudo utilizou de sistema protótipo de TCO para fazer imagens odontológicas de adultos saudáveis em um ambiente clínico. Essas imagens de TCO representaram tecidos orais duros e moles em alta resolução. As imagens exibiram detalhes microestruturais que não podem ser obtidos com as modalidades de imagem da época.

continua...

Tabela 1 – Continuação

Título/ Autor (Ano)	Resumo
4- An Update on Novel Non-Invasive Approaches for Periodontal Diagnosis Xiang et al. (2010)	Essa revisão da literatura propõe que modalidades não invasivas de imagem, como a TCO e a ultrassom, podem ser empregadas para medir com precisão as profundidades de sondagem e avaliar o status de inserção periodontal. Esses métodos poderiam substituir os exames clínicos tracionais para o diagnóstico de periodontite ou servir como ferramentas complementares de diagnóstico.
5- New developments in tools for periodontal diagnosis Agrawal et al. (2012)	Este estudo de revisão relata o desenvolvimento de novas ferramentas de diagnóstico, entre eles a TCO, sonda ultrassonográfica, análise de proteoma, entre outras, que junto com os exames clínicos e radiográficos convencionais, poderiam fornecer métodos mais precisos de diagnóstico de periodontite.
6-Non-Invasive Periodontal Probing Through Fourier Domain Optical Coherence Tomography Mota et al. (2015)	O estudo avaliou 5 maxilares suínos através da análise de imagens geradas por dois sistemas de TCO, um operando no comprimento de onda de 903 nm e o outro com 1325 nm. Através da análise de imagens, foi possível identificar gengiva livre e gengiva inserida, deposição de cálculo supra e subgingival. Ademais, a espessura gengival e a profundidade de sulco gengival foram medidas de forma não invasiva, variando de 0,8 mm a 4 mm. Por fim, observou-se que o sistema operando 1325 nm apresentou melhor desempenho na reprodução das imagens.
7- In vivo assessment of periodontal structures and measurement of gingival sulcus with Optical Coherence Tomography: a pilot study Fernandes et al. (2017)	Neste estudo piloto, as imagens capturadas pela TCO permitiram avaliar as medidas da profundidade do sulco gengival, posteriormente comparadas com as sondas tradicionais. No total, 445 locais da face vestibular de dentes de 23 indivíduos periodicamente saudáveis foram medidos por três instrumentos: sonda manual Carolina do Norte, sonda automatizada Florida e TCO a 1325 nm. A profundidade média do sulco medida por TCO foi de $0,85 \pm 0,27$ mm a $0,87 \pm 0,28$ mm, inferior aos valores obtidos por sondagem manual e automatizada. Desconforto e dor foram prevalentes nas sondas tradicionais, que são métodos invasivos.
8- Improved accuracy in periodontal pocket depth measurement using optical coherence tomography Kim et al. (2017)	Imagens de bolsas periodontais em um modelo suíno foram adquiridas pela TCO. Foi determinado a resolução axial para medir a profundidade exata da bolsa periodontal usando um método de calibração. A profundidade média da bolsa periodontal medida por TCO foi de $3,10 \pm 0,15$ mm, $4,11 \pm 0,17$ mm, $5,09 \pm 0,17$ mm e $6,05 \pm 0,21$ mm para cada modelo de bolsa periodontal. Esses valores foram semelhantes aos obtidos por sondagem periodontal manual.
9-Observation and determination of periodontal tissue profile using optical coherence tomography Kakizaki et al. (2017)	Dois experimentos foram realizados: experimento 1, foram determinados índices de refração de água purificada na gengiva porcina e na gengiva humana, com a TCO à 1330 nm para a análise de tecidos periodontais. No experimento 2, o exame da TCO foi realizado na face vestibular de dentes anteriores inferiores em 30 voluntários asiáticos com gengiva saudável. Nas imagens da TCO foi possível verificar a espessura do tecido gengival, epitelial e conjuntivo, determinar a posição da crista óssea alveolar e o espaço biológico.
10-Comparisons of the diagnostic accuracies of optical coherence tomography, micro-computed tomography, and histology in periodontal disease: an ex vivo study Park et al. (2017)	Imagens de estruturas periodontais caninas <i>ex vivo</i> foram obtidas usando TCO. As medições de profundidade biológica feitas usando a TCO foram comparadas com as medições feitas em seções histológicas preparadas nos mesmos locais. Comparações visuais foram feitas entre as seções da OCT, micro-TC e histológica para avaliar se os detalhes anatômicos foram precisamente revelados pela TCO. Contorno do tecido periodontal, sulco gengival e presença de cálculo supragengival e subgingival foram visualizados usando essa TCO.
11- In vivo imaging of human oral hard and soft tissues by polarization-sensitive optical coherence tomography Walther et al. (2017)	Este estudo piloto observou imagens de restaurações de resina composta, defeitos de mineralização em pré-molares, bem como mucosa oral gengival, lingual e labial realizadas <i>in vivo</i> na região anterior da cavidade oral de dois voluntários. A polarização de imagens alcançada com a TCO-PS, melhorou os resultados das imagens obtidas dos tecidos orais humanos investigados em comparação com a TCO convencional.
12- A non-invasive imaging and measurement using optical coherence tomography angiography for the assessment of gingiva: An in vivo study Le et al. (2018)	Este estudo propõe uma técnica de imagem tridimensional (3D), utilizando a TCO, para realizar imagens <i>in situ</i> da gengiva humana. 10 voluntários foram recrutados e imagens dos tecidos gengivais da região vestibular dos incisivos superiores foram obtidas por SS-TCO e por meio de angiografia de TCO (OCTA). A microestrutura e vasculatura do tecido gengival foram observadas por meio dessas técnicas.

continua...

Título/ Autor (Ano)	Resumo
13- In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum Tsubokawa et al. (2018)	Este estudo avaliou a eficácia da tomografia de coerência óptica de SS-TCO na detecção de cálculo e cimento radicular durante terapia periodontal. Imagens foram capturadas pela TCO antes e após a remoção do cálculo subgingival de dentes extraídos e comparado com cortes histológicos. <i>In vitro</i> , o cálculo foi claramente detectado como uma estrutura amorfa branco-cinza na superfície da raiz, que desapareceu após a remoção e o cimento como uma fina camada cinza-escura. Clinicamente, o cálculo supragengival e o cimento podiam ser detectados claramente com a TCO e os cálculos subgingivais na área cervical vestibular da região anterior de dentes pré-molares foram identificados.
14- Optical coherence tomography follow-up of patients treated from periodontal disease Fernandes et al. (2019)	Este estudo clínico representa um passo importante para o uso clínico da TCO na prática odontológica, acompanhando pacientes tratados com doença periodontal (DP), com a avaliação ocorrendo em 3 estágios: 0, 30, 60 e 90 dias. 147 sítios dentais vestibulares de 14 pacientes diagnosticados com DP foram avaliados antes e após o tratamento, usando uma TCO de fonte varrida e duas sondas periodontais (sonda da Flórida e Carolina do Norte) para comparação. O estudo evidenciou a capacidade da TCO na identificação de estruturas periodontais e alterações, sendo um complemento não invasivo importante ou mesmo uma alternativa para sondas periodontais para acompanhamento do tratamento.
15- Disease activation maps for subgingival dental calculus identification based on intelligent dental optical coherence tomography Hsiao et al. (2021)	55 dentes extraídos foram analisados quanto a presença de cálculo subgingival. Esta pesquisa propõe uma nova abordagem para fornecer uma orientação intuitiva, para detectar automaticamente a presença desse cálculo e para identificar o local da lesão em imagens de tomografia de coerência óptica. Tudo isso com base no modelo de rede neural convencional e na técnica de mapas de ativação de classe. O estudo alcançou boas visualizações de cálculo dentário em B-scan e em vista volumétrica. A detecção do cálculo dentário, o biomarcador da periodontite, é feito automaticamente pelo algoritmo de aprendizado profundo, sendo mais objetivo e economizando tempo.

DISCUSSÃO

TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA

Durante décadas, houve um foco crescente no desenvolvimento de métodos clinicamente aceitáveis, mais sensíveis e específicos para o diagnóstico e prognóstico preciso e não invasivo. Entre essas novas modalidades de diagnóstico periodontal em desenvolvimento, encontravam-se: Sonda Ultrassonográfica; Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico; Espectroscopia Óptica; análise de proteoma e a TCO¹⁰.

As inovações no campo dos biossensores, nanotecnologia, ultrassonografia, sistemas de imagem óptica e análise proteômica de fluidos orais estão sendo incentivadas com o objetivo de melhor determinar a saúde e o estado da doença dos pacientes. A TCO é um método não invasivo de imagem da microestrutura dental que pode potencialmente avaliar a saúde do tecido periodontal. Este método fornece uma "biópsia óptica" de tecido com 2 a 3 mm de profundidade. A literatura sugere que a TCO é um método poderoso para gerar imagens transversais de alta resolução de estruturas orais¹⁰.

A TCO pode operar em dois regimes: domínio do tempo (TD-TCO) ou Domínio de Fourier (FD-TCO), e este último pode ser implementado como um domínio espectral da TCO (SD-TCO) ou usando uma fonte varrida (SS-TCO)¹¹. E conceitualmente, a imagem da TCO foi comparada à digitalização por ultrassom. Ambas as técnicas fornecem imagens estruturais usando energia retroespalhada. No entanto, diferentemente de um ultrassom, que usa ondas sonoras, a TCO usa fontes de luz NIR de baixa coerência e banda larga (luz infravermelha) que fornecem penetração considerável no tecido sem efeitos biológicos prejudiciais

conhecidos. Com isso, pode-se observar tecidos moles periodontais e ossos em uma resolução extraordinariamente alta¹². A partir disso, a TCO é uma tecnologia emergente de bio-imagem que promete ter um impacto amplo e significativo na imagem de diagnóstico clínico¹³.

EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS DA TCO NA PERIODONTIA

Clinicamente, os sistemas de Tomografia de Coerência Óptica (TCO) foram desenvolvidos inicialmente para oftalmologia, dermatologia e endoscopia. Em 1998, foi publicado por Colston, Sathyam, DaSilva e Everett⁴, o primeiro trabalho sobre TCO na Odontologia. Nesse primeiro estudo, a TCO tinha por objetivo produzir imagens *in vivo* da microestrutura dental que podem ser usadas para tornar tanto qualitativas quanto quantitativas as avaliações da saúde do tecido oral⁴.

Segundo Colston e co-autores⁴, a identificação das características anatômicas seria o primeiro passo importante para o desenvolvimento de uma técnica de diagnóstico útil. No seu estudo, uma peça de mão óptica foi desenvolvida para realização de exames intra-orais de TCO, o que permitiu produzir as primeiras imagens transversais *in vivo* da microestrutura dental. Vários componentes estruturais do tecido gengival incluindo sulco, o epitélio e a camada do tecido conjuntivo foram visíveis nas primeiras imagens coletadas de dentes anteriores e posteriores⁴.

Feldchtein et al.¹³ desenvolveu uma investigação abrangente da TCO, *in vivo* e *in vitro*, da estrutura de tecidos duros e moles na cavidade oral. Como resultado, conseguiram-se imagens extensas de mucosa oral queratinizada e não queratinizada, bem como a estrutura dos dentes saudáveis e doentes. Para facilitar o acesso ao tecido na cavidade oral,

foi construída uma sonda especializada em forma de "L" para alcançar qualquer área da mucosa e quase todas as superfícies dentárias (exceto as superfícies proximais - superfícies de contato). Esse aparelho era constituído de dois diodos superluminescentes, operando a 830 nm e 1280 nm de onda coerente curta, produzindo potências de 1,5 mW e 0,5 mW, respectivamente. A profundidade total da imagem TCO na mucosa gengival neste estudo foi de 600-650 µm, sendo possível observar a mucosa gengival, o epitélio e a lâmina própria¹³.

A imagem obtida por TCO é uma representação bidimensional das reflexões ópticas do tecido na seção transversal. O sistema de 1310 nanômetros de fonte de luz de diodo superluminescente usado no estudo de Otis et al (2000), possuía uma profundidade de imagem de aproximadamente 3 milímetros. O tempo de aquisição de imagem foi de 45 segundos. Como resultado, observaram em alta resolução o contorno do tecido periodontal, a profundidade sulcular e a fixação do tecido conjuntivo, além de localizar limites de tecidos moles e duros do periodonto¹⁴.

Em 2015, um estudo desenvolvido por pesquisadores brasileiros, tinha por objetivo comparar dois sistemas de TCO operando no domínio de Fourier e com diferentes comprimentos de onda (930 nm e 1325 nm), para análise estrutural do tecido periodontal em 5 mandíbulas suínas. Através da análise de imagens bi e tridimensionais, foi possível identificar a gengiva livre e a gengiva anexada, a deposição do cálculo sobre a superfície dos dentes e também o cálculo subgengival, que permite o aumento do sulco gengival. Foram demonstrados que o sistema SD-TCO 930 nm empregado apresentou uma melhor resolução axial e transversal que o SS-TCO 1325 nm. Mas no geral, o último apresentou um melhor desempenho, devido ao maior comprimento de onda central, o que permitiu uma penetração mais profunda nos tecidos. Além disso, a espessura gengival e a profundidade do sulco gengival puderam ser medidas de forma não invasiva, variando de 0,8 mm a 4 mm¹⁵.

Outro estudo avaliou a TCO como método de diagnóstico periodontal para medição da profundidade do sulco gengival em dentes anteriores. No total, 23 indivíduos periodicamente saudáveis participaram do estudo piloto e foram avaliados por três instrumentos: sonda manual Carolina do Norte, sonda automática (Florida Probe, Gainesville, FL, USA) e pela TCO com o comprimento de onda central da fonte de laser varrido a 1325 nm. A profundidade média do sulco medida por TCO foi inferior aos valores obtidos por sondagem manual e automatizada. Ademais, desconforto e dor foram prevalentes nas sondas tradicionais, que são métodos invasivos, diferente da TCO que não apresentou nenhum desconforto¹¹.

A doença periodontal, a profundidade da bolsa periodontal, assim como os níveis de inserção clínica são avaliados com sondagem periodontal e o nível ósseo alveolar é observado por imagem radiográfica. Em 2017, mais uma pesquisa comparando a TCO em relação à sonda periodontal convencional foi realizada. Utilizou-se um sistema de TCO com comprimento de onda central de 1.310 ± 10 nm e a profundidade média da bolsa periodontal obtidas de 4 amostras suínas foram de $3,10 \pm 0,15$ mm, $4,11 \pm 0,17$ mm,

$5,09 \pm 0,17$ mm e $6,05 \pm 0,21$ mm para cada modelo estudado. Enquanto isso, os valores obtidos com a sonda periodontal manual foram: 3 mm, 4 mm, 5 mm e 6 mm, respectivamente⁵.

A TCO também tem sido trabalhada como preditor do fenótipo gengival. Imagens de TCO do sulco gengival e superfície radicular adjacente foram capturadas no aspecto medial dos segundos pré-molares inferiores de 10 amostras ex vivo (caninas). Essas imagens foram comparadas com imagens de microtomografia computadorizada (micro-TC) e cortes histológicos. Concluiu-se que o contorno do tecido periodontal, o sulco gengival e a presença de cálculo supra e subgengival podem ser visualizados em alta definição usando o sistema TCO, diferente da micro-TC. Outrossim, as medidas de profundidade gengival pela TCO foram mais rasas ($1,20 \pm 0,19$ mm) do que as medidas histológicas ($1,61 \pm 0,35$ mm)¹⁶.

Não obstante, vários tecidos biológicos alteram a polarização da luz, razão pela qual as propriedades de polarização do tecido podem ser importantes para o diagnóstico de alterações patológicas. Sendo assim, um estudo piloto comparou a TCO sensível à polarização (PS-TCO) com a TCO convencional, observando imagens representativas de estruturas mucosas da cavidade oral anterior de 2 voluntários (uma mulher: 33 anos e um homem: 30 anos). Em relação ao tecido gengival, a OS-TCO permitiu estudar imagem do conteúdo birrefringente da gengiva, conseguindo alto contraste específico do tecido. Por fim, esse estudo sugeriu que a PS-TCO seria altamente recomendada para obter imagens clínicas com resolução profunda de tecidos moles e duros orais no futuro¹⁷.

Na Periodontia, sabe-se que a espessura gengival influencia o status periodontal, pois o biótipo gengival fino é mais propenso à recessão. Portanto, a fim de avaliar a eficácia da TCO para observação e determinação de perfis de tecido periodontal in vivo, um estudo realizou imagens 2D-TCO e 3D-TCO por sistema de SS-TCO, de 1330nm de comprimento de onda. A SS-TCO permitiu a observação direta e precisa das estruturas internas dos tecidos periodontais sem invasão, assim como, o perfil da forma do epitélio e do tecido conjuntivo, além da presença de tecido ósseo, epitélio juncional e vasos sanguíneos¹⁸.

Os métodos atuais de avaliação da saúde do tecido gengival, incluindo observação visual e exame físico com sondagem na gengiva, são qualitativos e subjetivos. Então outro estudo realizou imagens tridimensionais in situ de gengiva humana de dez voluntários, usando o SS-TCO e angiografia TCO. Os resultados mostraram que a microestrutura gengival e a vasculatura são significativamente diferentes entre os dois biótipos extremos (fino e espesso) e que a microestrutura gengival e a vasculatura também diferem significativamente entre gengiva saudável e inflamada, especialmente no local da inflamação¹⁹.

Entre esses métodos de avaliação antes citados, destaca-se a sondagem periodontal manual que é comumente usada para verificar a presença de cálculo subgengival e de bolsa periodontal. Contudo, a detecção manual é ocasionalmente difícil e depende principalmente da experiência e capacidade do clínico. Diante disso, um estudo avaliou a eficácia da SS-TCO na detecção de cálculo e cimento radicular durante terapia periodontal. In vitro, o cálculo era claramente identificável como uma estrutura

amorfa cinza-clara ou cinza-branca e o cimento era identificável como uma fina camada cinza-escura que era mais escura que a dentina subjacente. Na clínica, o cálculo supragengival foi claramente visível nas imagens da TCO. O cálculo subgengival foi identificado in vivo como uma estrutura cinza borrada na superfície radicular sob tecido gengival. A detecção do cimento subgengival foi limitada, mas o cimento supragengival na superfície radicular exposta pôde ser claramente visualizado²⁰.

Um estudo longitudinal evidenciou a importância do uso da TCO na identificação de estruturas periodontais no acompanhamento dos tratamentos de doença periodontal. 147 sítios dentais vestibulares de 14 pacientes diagnosticados com DP foram avaliados antes e após o tratamento, em quatro etapas: dia 0, dia 30, dia 60 e dia 90. Outro ponto observado nesse artigo foi a profundidade da bolsa periodontal que foi medida e comparada por três instrumentos: 1) TCO de fonte varrida a 1325 nm; 2) sonda computadorizada (sonda da Flórida); 3) sonda manual (sonda da Carolina do Norte) e média das medições foram de: $3,3 \pm 1,09$ mm; $3,6 \pm 1,21$ mm; $3,1 \pm 1,03$ mm, respectivamente. Em imagens correspondentes ao periodonto saudável, foi possível identificar: gengiva, esmalte, a espessura da gengiva, junção cimento-esmalte, sulco gengival, tecido conjuntivo, biofilme / placa dental, gengiva livre e gengiva inserida. Em outras imagens foi possível identificar o cimento e parte da bolsa periodontal⁹.

ESTUDOS IN VITRO E IN VIVO

Desde 1998, a Tomografia de Coerência Óptica vem sendo aplicada em pesquisas na Odontologia como um promissor método de diagnóstico na cavidade oral⁴. Crescentes investigações in vitro e in vivo sobre a aplicação da TCO como método de diagnóstico na Periodontia foram feitas durante esse período. E atualmente, sabe-se que esse método permite a obtenção de imagens estruturais bi e tridimensionais dos componentes periodontais importantes para o diagnóstico e acompanhamento da evolução ou regressão de doença periodontal^{5,9,11,15-20}.

LIMITAÇÕES DA TCO

Colston, Sathyam, DaSilva e Everett⁴ demonstram claramente o potencial da TCO em uma variedade de aplicações clínicas dentárias incluindo diagnóstico periodontal. Porém a TCO apresenta como limitação o artefato de imagem, devido à respiração dos pacientes e a birrefringência dos tecidos⁴. Contudo, esses problemas vêm sendo resolvidos com os avanços da tecnologia, pois atualmente as imagens são obtidas mais rapidamente com sistemas que capturam, por exemplo, 25 quadros por segundo, 1 scan por 15 segundos, além do uso da PS-TCO que melhora a resolução das imagens^{9,11,17,19}.

Outras limitações importantes apresentadas em alguns estudos estão relacionadas à falta de aquisição de peça de mão intra-oral e o alto custo dessa tomografia¹⁵. Ainda não existe um dispositivo oral definitivo à venda e os estudos que avaliaram clinicamente a cavidade oral adaptaram os dispositivos que possuíam, podendo observar apenas

estruturas anteriores da boca e as faces vestibulares dos dentes analisados, porém não alcançando os dentes posteriores e suas faces proximais e linguais^{9,11,17}.

COMPRIMENTO DE ONDA

Em relação à fonte de luz infravermelha, quanto maior for o comprimento de onda de diodo superluminescente utilizado, maior será a profundidade de imagem obtida, que atualmente varia de 2 a 3 mm. Ademais, esse comprimento de onda depende do sistema de TCO a ser escolhido pelo clínico, podendo variar de 830 a 1330 nm^{13,18,21}. O comprimento mais utilizado nos estudos discutidos foi de 1310 nm a 1330 nm, com profundidade de aproximadamente 3 mm, gerando imagens com detalhes microestruturais dos tecidos moles periodontais^{14,18}.

TCO COMO EXAME CLÍNICO DE IMAGEM

Dessa forma, a TCO fornece "biópsia óptica" dos tecidos, gerando imagens transversais das estruturas orais. Ela também é considerada como um método de diagnóstico não invasivo, pois não impõe nenhum desconforto para os pacientes durante o procedimento e tem sido estudada como possível substituta dos exames clínicos tradicionais para o diagnóstico de periodontite^{10,12}. Relacionando esses pontos, Fernandes et al.¹¹ observou que desconforto e dor foram prevalentes apenas com o uso das sondas tradicionais e que essa tomografia foi útil para calcular a profundidade do sulco periodontal.

Durante o tratamento da periodontite, a remoção do cálculo dentário é essencial, mas ainda difícil, apesar do desenvolvimento de várias modalidades de imagem²¹. Portanto, entre as pesquisas existentes de 1998 até 2021, a TCO tem sido considerada como um auspicioso método de diagnóstico na Periodontia por ser possível avaliar estruturas importantes do periodonto, fazer sondagem periodontal, diferenciar fenótipo gengival, assim como observar a presença de cálculo supra e subgengival, além da microestrutura e vasculatura gengival. Entretanto, avanços tecnológicos adicionais ainda são necessários para reduzir o tempo do procedimento e promover a avaliação das regiões orais posteriores^{4,5,9,11,15-19,21}.

CONCLUSÃO

Diante dos estudos realizados com lapso temporal de 1998 até 2021, a Tomografia de Coerência Óptica tem grandes atribuições como método não invasivo que auxilia no diagnóstico de doença periodontal, por permitir avaliar anatomia dos tecidos periodontais, fazer sondagem periodontal, comparar fenótipos gengivais, além de observar alterações como presença de cálculo supra e subgengival, sem gerar desconforto ou efeitos adversos. Certamente ainda são necessários mais estudos para superar as limitações da técnica e desenvolver sistemas de baixo custo para impulsionar seu uso em ambiente clínico.

FINANCIAMENTO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

CONFLITO DE INTERESSE

Nenhum conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

1. Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et al. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*. 2018;45(Suppl 20):S68-77.
2. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;45(Suppl 20):S162-70.
3. Barbosa MDS, Tunes UR. Nova classificação das doenças e condições periodontais e peri-implantares. *J Public Health Dent*. 2018;9(3):184-186.
4. Colston BW, Sathyam US, Dasilva LB, Everett MJ. Dental OCT. *Opt Express*. 1998;3(6):230-238.
5. Kim SH, Kang SR, Park HJ, Kim JM, Yi WJ, Kim T. Improved accuracy in periodontal pocket depth measurement using optical coherence tomography. *J Periodontal Implant Sci*. 2017;47(1):13-19.
6. Tumenas I, Pascotto R, Saade JL, Basaani M. Odontologia Minimamente Invasiva. *Rev Assoc Paul de Cir Dent*. 2014;68(4):283-295.
7. Hariri I, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Effects of structural orientation of enamel and dentine on light attenuation and local refractive index: An optical coherence tomography study. *J Dent*. 2012;40(5):387-396.
8. Surlin P, Camen A, Stratul SI, Romand A, Gheorghita DN, Herascu E, et al. Optical coherence tomography assessment of gingival epithelium inflammatory status in periodontal-Systemic affected patients. *Ann Anat*. 2018;219:51-56.
9. Fernandes LO, Mota CCBO, Oliveira HO, Neves JK, Santiago LM, Gomes, ASL. Optical coherence tomography follow-up of patients treated from periodontal disease. *J Biophotonics*. 2019;12(2).
10. Agrawal P, Sanikop S, Patil S. New developments in tools for periodontal diagnosis. *Int Dent J*. 2012;62(2):57-64.
11. Fernandes LO, Mota CCBO, Melo LSA, Soares MUSC, Feitosa DS, Gomes ASL. In vivo assessment of periodontal structures and measurement of gingival sulcus with Optical Coherence Tomography: a pilot study. *J Biophotonics*. 2017;10(6-7):862-869.
12. Xiang X, Sowa MG, Iacopino AM, Maev RG, Hewko MD, Man A, et al. An Update on Novel Non-Invasive Approaches for Periodontal Diagnosis. *Journal of Periodontology*. 2010;81(2):186-198.
13. Feldchtein FI, Gelikonov GV, Gelikonov VM, Iksanov RR, Kuranov RV, Sergeev AM, et al. In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity. *Opt Express*. 1998;3(6):239-250.
14. Otis LL, Everett MJ, Sathyam US, Colston BWJ. Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. *J Am Dent Assoc* 2000;131(4):511-514.
15. Mota CCBO, Fernandes LO, Cimões R, Gomes ASL. Non-Invasive Periodontal Probing Through Fourier Domain Optical Coherence Tomography. *J Periodontol*. 2015;86(9):1087-1094.
16. Park JY, Chung JH, Lee JS, Kim HJ, Choi SH, Jung UW. Comparisons of the diagnostic accuracies of optical coherence tomography, micro-computed tomography, and histology in periodontal disease: an ex vivo study. *J Periodontal Implant Sci*. 2017;47(1):30-40.
17. Walther J, Golde J, Kirsten L, Tetschke F, Hempel F, Rosenauer T, et al. In vivo imaging of human oral hard and soft tissues by polarization-sensitive optical coherence tomography. *J Biomed Opt*. 2017;22(12):1-17.
18. Kakizaki S, Aoki A, Tsubokawa M, Lin T, Mizutani K, Koshy G, et al. Observation and determination of periodontal tissue profile using optical coherence tomography. *J Periodont Res*. 2017;53(2):188-199.
19. Le NM, Song S, Zhou H, Xu J, Li Y, Sung CE, et al. A non-invasive imaging and measurement using optical coherence tomography angiography for the assessment of gingiva: An in vivo study. *J Biophotonics*. 2018;11(12).
20. Tsubokawa M, Aoki A, Kakizaki S, Taniguchi Y, Ejiri K, Mizutani K, et al. In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum. *J Oral Sci*. 2018;60(3):418-427.
21. Hsiao TY, Ho YC, Chen MR, Lee SY, Sun CW. Disease activation maps for subgingival dental calculus identification based on intelligent dental optical coherence tomography. *Transl Biophotonics*. 2021:1-10.

Recebido para publicação: 03/08/2020
Aceito para publicação: 22/06/2021

<https://doi.org/10.25243/issn.1677-3888.v20i2p58-64>