

OXIMETRIA DE PULSO NA AVALIAÇÃO DA VITALIDADE PULPAR: ANÁLISE CRÍTICA

PULSE OXIMETRY IN EVALUATION OF PULP VITALITY: CRITICAL ANALYSIS

Patrícia Correia de SIQUEIRA¹; Daniel de Almeida DECURCIO¹; Julio Almeida SILVA¹; Ana Helena Gonçalves de ALENCAR¹; Giampiero ROSSI-FEDELE²; Carlos ESTRELA¹

1 - Professor(a) de Endodontia da Universidade Federal de Goiás – Brasil;

2 - Professor de Endodontia da Universidade de Adelaide – Austrália.

RESUMO

O diagnóstico da condição pulpar é essencial para o estabelecimento do tratamento adequado, e continua sendo um desafio na prática clínica atual. Os testes pulpares térmicos e elétrico são os mais comumente utilizados, porém apresentam as limitações inerentes por avaliarem apenas a sensibilidade pulpar, através da aplicação de estímulos na superfície dentária. A vitalidade da polpa dentária está relacionada à sua vascularização, e testes que avaliam o fluxo sanguíneo pulpar têm sido desenvolvidos e estudados. A oximetria de pulso é amplamente utilizada na medicina para determinação dos níveis de saturação de oxigênio sanguíneos, e tem apresentado-se como recurso para determinação da vitalidade pulpar. Com a utilização de adaptadores,

os níveis de saturação de oxigênio da polpa dentária têm sido determinados em diferentes condições clínicas, direcionando para um diagnóstico mais preciso. Resultados promissores obtidos em diversos estudos reforçam as vantagens do oxímetro de pulso em comparação aos testes de sensibilidade, por se tratar de um método mais acurado, objetivo, não invasivo e que não provoca dor e desconforto ao paciente. Nesta perspectiva, os avanços científicos e tecnológicos têm aprimorado o uso de métodos de diagnóstico pulpar inovadores, e o oxímetro de pulso é um potencial recurso para aplicação na rotina clínica dos cirurgiões-dentistas.

PALAVRAS-CHAVE: Diagnóstico; Polpa dentária; Oximetria.

INTRODUÇÃO

O diagnóstico é a base para estruturação do tratamento odontológico, e consiste em identificar o problema e usar conhecimento científico para determinar a sua causa e estabelecer o plano de tratamento¹. O diagnóstico correto e preciso da condição pulpar é fundamental na Endodontia para a determinação da terapia adequada². As informações para determinar o estado da polpa dentária são obtidas por meio da anamnese, associada com exame clínico, exames por imagens e testes pulpares³.

Devido à localização da polpa dentária no interior de uma cavidade fechada, sua inspeção direta não pode ser realizada, o que pode tornar o diagnóstico de sua condição complexo em alguns casos, dificultando a decisão sobre a necessidade de intervenção endodôntica^{4,5}. Com isso, métodos de avaliação indireta da condição pulpar têm sido utilizados, sendo os testes térmicos e elétrico os mais empregados na prática clínica atualmente⁶. Gopikrishna *et al.*⁷ (2009) afirmam que o teste pulpar ideal deve ser simples, objetivo, padronizado, reprodutível, indolor, não prejudicial, acurado e acessível.

Os avanços tecnológicos que têm beneficiado a odontologia nos últimos anos permitiram o aprimoramento de recursos que auxiliam o diagnóstico endodôntico. Métodos inovadores que avaliam a vascularização do tecido pulpar, ao invés da sua resposta sensorial, têm sido estudados e utilizados⁸. Dentre eles está a oximetria de pulso, que tem se mostrado como um recurso potencial e promissor em endodontia^{5,9-13}.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão crítica da literatura envolvendo estudos relacionados aos métodos de diagnóstico da condição pulpar mais utilizados atualmente e as perspectivas para aplicação da oximetria de pulso como novo método na prática clínica.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi delineado a partir de uma análise de estudos publicados na literatura por meio de revisão crítica. Foram selecionados estudos sobre o uso do oxímetro de pulso na determinação da saturação de oxigênio em polpas dentárias. Utilizou-se a PUBMED, SCIELO e Cochrane Library - CENTRAL como fontes de catalogação bibliográfica identificadas eletronicamente. A estratégia de busca de artigos nestas bases de dados foi realizada sem a utilização de filtros. A pesquisa compreendeu o período de 1966, 1998 e 1999 a maio de 2018 nos portais PUBMED (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), SCIELO (<http://www.scielo.org>) e Cochrane Library - CENTRAL (<http://www.thecochranelibrary.com>) respectivamente. Utilizaram-se diferentes combinações dos termos: (oximetry or oximeter) and (pulp or dental or dentistry).

Uma pesquisa manual da literatura também foi realizada a partir das referências dos estudos relevantes encontrados nas buscas eletrônicas, bem como em bancos de dissertações e teses. Os trabalhos obtidos foram analisados a partir dos títulos e resumos por dois autores quanto aos seguintes critérios de inclusão:

estudos relacionados ao uso do oxímetro de pulso na determinação da saturação de oxigênio em polpas dentárias; experimentos realizados em dentes permanentes; estudos de revisão de literatura e de revisão sistemática. Uma vez contemplados esses critérios, os artigos completos foram selecionados, catalogados e a análise crítica realizada.

REVISÃO DE LITERATURA

Testes de sensibilidade pulpar

Os métodos mais utilizados na rotina clínica para avaliação da condição pulpar são os testes de sensibilidade térmicos e elétrico.

Os estímulos térmicos com frio e calor causam movimento do fluido através dos túbulos dentinários e alterações vasculares de vasoconstrição ou vasodilatação respectivamente, resultando em uma sensação dolorosa em dentes com uma polpa que contém fibras viáveis, em resposta à alteração repentina de temperatura¹⁴.

O teste térmico a frio é o mais popular, e pode ser realizado com bastão de gelo, neve carbônica (dióxido de carbono) ou gás refrigerante (dicloro difluormetano ou 1,1,1,2-tetrafluoroetano), sendo este último um método prontamente disponível e de fácil aplicação¹⁵. O teste térmico ao calor geralmente é realizado utilizando-se um bastão de guta-percha aquecido que é aplicado sobre a superfície do dente previamente lubrificada. É importante ressaltar que o teste ao calor não deve ser utilizado como rotina em polpa sugestiva de normalidade, pois pode promover danos ao tecido pulpar¹⁶. Portanto, o mesmo só deve ser aplicado em situações nas quais é necessário o estabelecimento de diagnóstico diferencial, em que o dente com sintomatologia não é facilmente identificado¹⁷.

Para entender os mecanismos envolvidos nos testes de sensibilidade, é necessária uma compreensão de algumas características da inervação da polpa. A polpa dentária é um tecido altamente inervado que contém axônios de neurônios aferentes sensitivos cujos corpos celulares estão localizados no gânglio trigêmeo¹. Os feixes nervosos penetram no tecido pulpar através do forame apical e ramificam-se no sentido coronal, formando o plexo nervoso de Rashkow na camada subodontoblástica. Os axônios terminais passam entre os odontoblastos como terminações nervosas livres¹⁸. Existem dois tipos de fibras nervosas sensoriais na polpa: as fibras mielinizadas A, que possuem condução rápida e são subdivididas em A δ e A β , e as fibras C não mielinizadas, de condução lenta. Aproximadamente 90% das fibras A são do tipo A δ , e suas terminações nervosas estão localizadas principalmente na região periférica da polpa na porção coronal e concentradas nos cornos pulpares, enquanto as fibras C estão mais localizadas na zona central da polpa¹². As fibras A δ possuem uma velocidade de condução mais rápida e apresentam limiares de excitabilidade mais baixos que as fibras C, portanto, respondem a vários estímulos que não ativam as fibras C⁷. As fibras A δ transmitem dor diretamente ao tálamo, gerando uma dor rápida e aguda que é facilmente localizada, enquanto as fibras C são influenciadas por muitos interneurônios moduladores antes de atingir o tálamo, resultando em uma dor lenta, caracterizada como incômoda e dolorosa¹. As fibras A respondem aos estímulos através de eventos hidrodinâmicos nos túbulos dentinários, relacionado ao movimento do fluido dentinário. Já a resposta da fibra C está associada à lesão tecidual, e é modulada por mediadores inflamatórios, alterações vasculares no volume e fluxo sanguíneo e aumento da

pressão. Os testes de sensibilidade pulpar utilizados atualmente avaliam a integridade das fibras A δ , ao aplicarem brevemente um estímulo na superfície externa do dente⁷.

A aplicação do frio diminui o fluxo sanguíneo devido seu efeito vasoconstritor, reduz a pressão interna pulpar e estimula uma resposta dolorosa imediata através das fibras A δ , seguida do desaparecimento da dor assim que o estímulo é removido. Já a aplicação de calor provoca uma vasodilatação e aumento da pressão pulpar interna, induzindo uma dor tardia em dentes com polpa sadia, pois neste caso, as fibras C são afetadas. Em contrapartida, dentes com polpa inflamada respondem de forma imediata e intensa ao estímulo com calor, pois aumenta ainda mais a pressão interna que já está elevada por conta do processo inflamatório¹⁷.

O teste elétrico induz a resposta pulpar a partir da estimulação elétrica sobre as fibras nervosas presentes no tecido pulpar, utilizando um aparelho específico para essa finalidade. O aparelho libera uma corrente elétrica que causa um desequilíbrio iônico através da membrana neural, induzindo um potencial de ação rápido nas fibras mielinizadas A δ ². As fibras C não respondem ao teste pulpar elétrico, devido a seu alto limiar de excitabilidade¹⁶.

Testes de vitalidade pulpar

Considerando a relevância do fluxo sanguíneo na saúde pulpar, e não somente a sensibilidade, os testes de vitalidade deveriam fornecer informações acerca da vascularização da polpa^{10,19}. O suprimento sanguíneo da polpa é realizado através de arteríolas de paredes finas que entram pelo forame apical e percorrem longitudinalmente o centro da polpa, ramificando-se para a região periférica, onde é formada uma rede capilar. Esses capilares não penetram na dentina, e drenam para as vênulas que correm ao lado das arteríolas e retornam pelo mesmo forame¹⁶.

Neste sentido, avanços tecnológicos têm levado ao desenvolvimento de recursos alternativos e não invasivos que avaliam a vascularização pulpar, denominados de métodos fisiométricos, como a fluxometria laser Doppler^{20,21} e a oximetria de pulso^{5,9-13,19,22,23}.

O oxigênio é essencial para a produção aeróbia de fontes de energia celular, tais como a adenosina trifosfato (ATP) para as mitocôndrias. As atividades celulares estão diretamente relacionadas com os níveis de oxigênio nos tecidos. No cérebro, quando o fluxo sanguíneo decresce a níveis menores do que 40% do valor controle e quando não é restaurado em até três minutos, o metabolismo aeróbio causa danos irreversíveis ao tecido devido à falta de energia²⁴. A polpa, por não apresentar circulação colateral, torna-se mais vulnerável a hipóxia, e se o suprimento de oxigênio não for restabelecido, uma inflamação transitória pode determinar uma necrose pulpar.

O oxímetro de pulso é um equipamento de monitoramento usado para mensurar a saturação de oxigênio dos tecidos e a sua taxa de pulso, empregado principalmente na medicina, durante a administração da anestesia intravenosa, e também é indispensável em pacientes odontológicos submetidos à sedação consciente com óxido nitroso^{10,25}.

A oximetria de pulso tem sido utilizada para avaliar a vascularização da polpa dentária com sucesso, sendo que já existem no mercado aparelhos menores e de custo mais acessível,

possibilitando o uso na rotina do consultório odontológico. Já o fluxômetro laser Doppler ainda é um aparelho de alto custo, limitando seu uso na prática clínica do cirurgião-dentista²⁶.

Oximetria de pulso

O termo oximetria é definido como a determinação da porcentagem de saturação de oxigênio na circulação arterial sanguínea²⁷. A oximetria de pulso consiste em um método não invasivo, amplamente utilizado na medicina, e recentemente também tem sido utilizado para avaliação do nível de saturação de oxigênio em dentes²⁸. As primeiras experiências que relatam o uso da oximetria de pulso para determinar a viabilidade da polpa dentária são datadas de 1991^{29,30}.

O oxigênio, tal como os demais gases no organismo, não é muito solúvel no sangue, cuja composição é majoritariamente água. Assim sendo, o seu transporte é mediado por um transportador secundário, a hemoglobina, uma proteína presente nas hemácias que possui sítios de ligação ao oxigênio. A saturação de oxigênio está relacionada com a capacidade de transporte de oxigênio da hemoglobina. Cada molécula de hemoglobina pode transportar até quatro moléculas de oxigênio, e quando todos os sítios de ligação estiverem ocupados ela é considerada saturada (saturação de 100%)²⁸. A hemoglobina oxigenada está presente no sangue arterial, sendo denominada oxihemoglobina (HbO₂). A hemoglobina desoxigenada, circulante no sangue venoso, denomina-se desoxihemoglobina (Hb). Estas duas formas de

hemoglobina absorvem quantidades diferentes de luz vermelha e infravermelha, sendo que a oxihemoglobina absorve mais luz infravermelha do que desoxihemoglobina, e vice-versa para a luz vermelha. A base física para o funcionamento do oxímetro de pulso fundamenta-se na Lei de Beer-Lambert, que relaciona a absorção de luz por um soluto com a sua concentração e propriedades ópticas num determinado comprimento de onda^{16,25,31}.

A mensuração da saturação de oxigênio pelo oxímetro de pulso é realizada através de dois diodos emissores de luz (LED- *light emitting diodes*), com diferentes comprimentos de ondas, um vermelho (com aproximadamente 660 nanômetros) e outro infravermelho (com aproximadamente 940 nanômetros), colocados em um lado de um sensor, ligados e desligados em ciclos de 500 vezes por segundo. As emissões destas fontes de luz são captadas por um fotodiodo receptor e um microprocessador, localizados no outro lado do sensor, que gravam as alterações nas quantidades de luz vermelha e infravermelha absorvidas no tecido e as convertem, por circuitos eletrônicos, em nível de saturação de oxigênio e taxas de pulso^{25,32}.

Os oxímetros de pulso disponíveis no mercado geralmente são destinados para utilização no dedo ou no lóbulo da orelha. Um indivíduo saudável apresenta saturação de oxigênio que varia entre 95 e 100%³³.

Estudos têm sido realizados para determinar o nível de saturação de oxigênio de dentes permanentes com polpas saudáveis, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Média dos valores de saturação de oxigênio (SaO₂) em polpas dentárias obtidas nos estudos por meio de oximetria de pulso

Estudo	n	Faixa etária	Dentes avaliados	Valor médio de SaO ₂
Schnettler e Wallace ³⁰ (1991)	44 dentes	18-55 anos	Incisivos centrais superiores	94%
Gopikrishna <i>et al.</i> ³⁴ (2006)	100 pacientes	15-40 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores Caninos superiores	79,31% 79,61% 79,85%
Calil <i>et al.</i> ⁴² (2008)	64 dentes	26-38 anos	Incisivos centrais superiores Caninos superiores	91,29% 90,69%
Karayilmaz e Kirzioglu ²¹ (2011)	59 dentes	12-18 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores	86,32% 87,47%
Pozzobon <i>et al.</i> ⁵ (2011)	53 dentes	4-13 anos	Incisivos centrais superiores Caninos superiores	87,76% 83,43%
Siddheswaran <i>et al.</i> ⁴⁴ (2011)	50 crianças 50 adultos	7-12 anos 18 anos	Incisivos centrais superiores	87,1% 87,8%
Ciobanu <i>et al.</i> ¹⁰ (2012)	120 dentes	20-40 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores Caninos superiores	83,30% 78,51% 84,56%
Setzer <i>et al.</i> ³⁴ (2012)	60 dentes	25-55 anos	Pré-molares e molares superiores e inferiores	92,2%
Bruno <i>et al.</i> ²⁸ (2014)	288 dentes 90 dentes 94 dentes	7-55 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores Caninos superiores	87,73% 87,24% 87,26%
Sadique <i>et al.</i> ⁴⁵ (2014)	60 pacientes	15-30 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores Caninos superiores	85,11% 80,21% 89,55%
Stella <i>et al.</i> ³⁷ (2015)	110 dentes	7-13 anos 22-36 anos	Incisivos centrais superiores	77,88% 84,35%
Bargrizan <i>et al.</i> ³⁵ (2016)	329 dentes	5-13 anos	Incisivos centrais superiores Incisivos laterais superiores	86,77% 83,92%
Kataoka <i>et al.</i> ³⁸ (2016)	1.386 dentes	média 49 anos	Incisivos e caninos superiores e inferiores	92,65%
Estrela <i>et al.</i> ¹² (2017)	120 dentes	20-44 anos	Pré-molares superiores	86,20%
Estrela <i>et al.</i> ¹³ (2017)	112 dentes	17-40 anos	Molares superiores Molares inferiores	83,59% 86,89%
Lima ⁴⁶ (2018)	120 dentes	18-27 anos	Incisivos centrais superiores	84,76%

O nível de saturação de oxigênio da polpa dentária também tem sido avaliado em diferentes condições. Setzer *et al.*³⁴ (2012) avaliaram a saturação de oxigênio em polpas inflamadas e necrosadas, e observaram valores médios de 87,4% em casos de pulpites reversíveis, 83,1% em pulpites irreversíveis e 74,6% em casos de necrose pulpar. Bargrizam *et al.*³⁵ (2016) observaram que os valores médios de saturação de oxigênio em dentes com rizogênese incompleta foram significativamente maiores que os dentes com rizogênese completa, demonstrando uma correlação entre o estágio de desenvolvimento radicular e os níveis de oxigênio sanguíneo pulpar. A correlação entre o nível de saturação de oxigênio pulpar e a doença periodontal também foi avaliada, na qual observou-se redução significativa dos níveis de saturação em polpas de dentes permanentes com doença periodontal¹¹. Os efeitos da radiação ionizante na vitalidade pulpar em pacientes que foram submetidos à radioterapia para tratamento de câncer de cabeça e pescoço foram avaliados também por meio de oximetria de pulso³⁶.

Um fator relevante a ser considerado na determinação do nível de saturação de oxigênio de polpas dentárias é a idade do paciente. Stella *et al.*³⁷ (2015) observaram níveis de saturação de oxigênio mais elevados em incisivos superiores de crianças e adolescentes, de 7 a 13 anos, quando comparados a pacientes adultos, de 22 a 36 anos. Estrela *et al.*¹² (2017) avaliaram pacientes de diferentes faixas etárias e detectaram redução significativa da saturação de oxigênio no grupo de 40-44 anos em comparação aos grupos mais jovens. Esse resultado sugere que pacientes com idade mais avançada podem apresentar níveis de saturação de oxigênio mais baixos, mesmo quando não há injúria ao tecido pulpar.

Os oxímetros de pulso estão comercialmente disponíveis em diferentes modelos e formatos. Modelos portáteis têm permitido a aplicação do aparelho na prática odontológica. Uma exigência na aplicação do oxímetro de pulso na odontologia é utilização de dispositivos adaptadores para que seja possível realizar a leitura de polpas dentárias, já que os sensores não foram idealizados para a forma e o contorno anatômico dos dentes. Apesar de cada vez mais surgirem oxímetros de dedo com diferentes formatos, estes aparelhos têm que ser reestruturados para o uso em dentes. Ainda não são comercializados sensores específicos para dentes, sendo necessário recorrer a modelos menores, como os indicados para uso em recém-nascidos, acoplados a um adaptador. Em cada estudo foi desenvolvido um tipo diferente de adaptador, variando de acordo com a morfologia coronária do grupo dentário avaliado, para obtenção do paralelismo necessário entre o diodo emissor e o receptor durante a leitura (Figura 1).

Os valores médios de saturação de oxigênio em polpas dentárias são geralmente inferiores aos registrados no dedo do paciente^{19,28}. Este fato é explicado pela localização da polpa, circundada por tecido mineralizado que pode ser uma barreira para a detecção da vascularização⁷; pela difração da luz infravermelha pelos prismas do esmalte e túbulos dentinários, levando a leituras menores do nível de saturação de oxigênio²²; além das diferentes espessuras de dentina, que podem dificultar a leitura pelo oxímetro de pulso^{5,28}.

Análise crítica

Tanto os testes térmicos quanto o teste elétrico avaliam a sensibilidade da polpa, através de respostas associadas com vasoconstricção e vasodilatação e estimulação de estruturas nervosas

da polpa respectivamente^{6,12,22,38}. As respostas aos testes de sensibilidade indicam a viabilidade das fibras nervosas da polpa, porém não fornecem qualquer tipo de informação a respeito da sua vascularização. A vitalidade pulpar é determinada pela manutenção do suprimento sanguíneo deste tecido, e não somente pela sua inervação.

Portanto, os resultados dos testes de sensibilidade podem ter valores limitados quando o objetivo é determinar a vitalidade pulpar, pela possibilidade de resultados falso-negativos ou falso-positivos⁷. Dentes com rizogênese incompleta apresentam quantidade significativamente menor de axônios mielínicos do que dentes com rizogênese completa, podendo apresentar resposta falso-negativa a testes de sensibilidade³⁹. Dentes que sofreram traumatismos podem perder temporariamente sua função sensorial e não responderem aos testes de sensibilidade, mesmo tendo preservada sua vascularização, gerando uma resposta falso-negativa²². Sabe-se ainda que o tecido nervoso é mais resistente à inflamação, e pode permanecer reativo mesmo após a degeneração dos tecidos circundantes, podendo apresentar resposta falso-positiva se apenas a vascularização sofrer danos^{1,22}.

Outras limitações dos testes de sensibilidade incluem a subjetividade, por dependerem tanto da percepção do paciente em resposta ao estímulo quanto da interpretação do cirurgião-dentista, o potencial de acarretarem sensação desagradável e dolorosa ao paciente, e a necessidade de cooperação do mesmo, limitando seu uso em pacientes pediátricos e com necessidades especiais^{10,23}.

A determinação do momento oportuno para realizar uma intervenção endodôntica deve ser pautada no correto diagnóstico da condição pulpar. Em algumas situações, esse diagnóstico pode ser difícil com a utilização somente de testes de sensibilidade. Em dentes traumatizados, geralmente aguarda-se o aparecimento de algum sinal ou sintoma que indique a necessidade de intervenção endodôntica, como alteração da cor do dente, área radiolúcida periapical ou fístula. Porém esse tempo pode levar a consequências indesejáveis, como a reabsorção radicular inflamatória⁹.

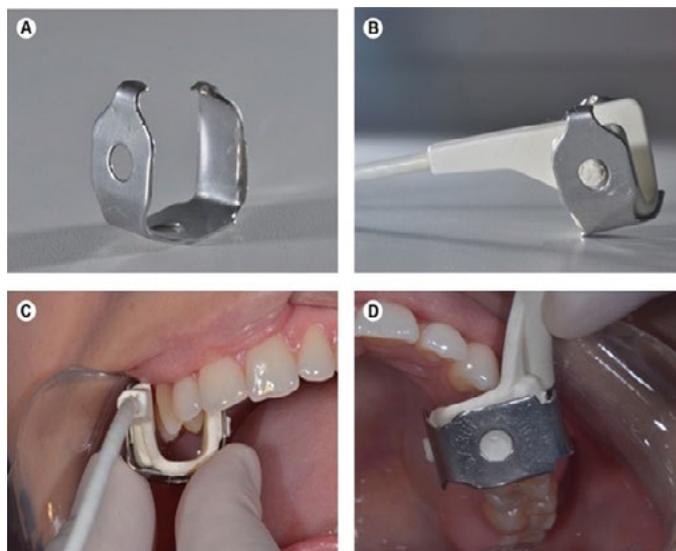


Figura 1 - Adaptador confeccionado para oxímetro de pulso em pré-molares (Estrela *et al.*, 2017)¹².

A oximetria de pulso tem mostrado-se como um potencial recurso para avaliação da vitalidade pulpar, por determinar a vascularização do tecido através da leitura do nível de saturação de oxigênio de forma objetiva, não invasiva e sem causar desconforto ao paciente.

O objetivo fundamental de todo método de diagnóstico clínico é identificar corretamente a condição do indivíduo em relação à presença ou ausência de determinada doença. Ele deveria ser sempre positivo na presença de doença e negativo na ausência de doença. Na medida em que um teste classifica corretamente os pacientes, define a sua acurácia. Os conceitos de sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivos (VPP) e valores preditivos negativos (VPN) têm sido utilizados para caracterizar a acurácia dos testes de diagnóstico e avaliar os benefícios de sua aplicação⁴⁰. Para se avaliar a acurácia de um teste, a confirmação do diagnóstico ocorre através de um teste que seja considerado “padrão-ouro” na determinação daquela doença. No caso da condição pulpar, o padrão-ouro consiste na avaliação histológica ou na inspeção direta da polpa após o acesso endodôntico.

A sensibilidade e a especificidade de um teste de diagnóstico pulpar representam a capacidade do teste em identificar corretamente a necrose (presença de doença) e a vitalidade pulpar (ausência de doença), respectivamente. O VPP e VPN são medidas de um teste de diagnóstico que dependem da prevalência da doença na população, e indicam, respectivamente, a probabilidade do dente realmente estar com necrose quando o resultado for positivo e a probabilidade do dente realmente estar com vitalidade quando o resultado for negativo⁴¹. Na literatura, existe uma grande variação entre os estudos que avaliam as medidas de acurácia dos diferentes testes de diagnóstico pulpar.

Gopikrishna *et al.*⁹ (2007) compararam a eficácia do teste térmico a frio, do teste elétrico e do oxímetro de pulso na determinação da vitalidade pulpar de 17 incisivos superiores com histórico de traumatismo recente. Os dentes foram submetidos aos três testes em diversos momentos, por um período total de 6 meses. Não houve diferença significativa entre os testes térmico e elétrico em todos os períodos avaliados, e ambos mostraram aumento na proporção de dentes que responderam positivamente ao longo do tempo, passando de nenhum dente na avaliação inicial para 94,11% após 3 meses. Já o oxímetro de pulso apresentou resultados positivos que permaneceram constantes ao longo de todo o período do estudo em todos os pacientes. A acurácia detectada foi de 81% para o teste elétrico, 86% para o teste a frio e 97,5% para a oximetria de pulso. Os autores concluem que a oximetria de pulso se mostrou como um método efetivo e objetivo de avaliação da vitalidade pulpar, pois foi capaz de detectar a circulação e a saturação de oxigênio sanguíneo da polpa.

Dastmalchi *et al.*²³ (2012) compararam a eficácia do oxímetro de pulso na avaliação da vitalidade pulpar em comparação aos testes térmicos a frio, ao calor e ao teste elétrico. A amostra foi de 24 pré-molares inferiores com indicação de tratamento endodôntico por finalidade protética. O coeficiente *kappa* de concordância foi de 14% para o teste térmico ao calor, 18% para os testes térmico a frio e elétrico e de 91% para o oxímetro de pulso. O oxímetro de pulso apresentou também os maiores valores de sensibilidade, especificidade, VPP e VPN em comparação aos demais testes.

Mainkar e Kim⁴² (2018) realizaram recentemente uma revisão sistemática para avaliar e comparar a acurácia de cinco testes pulpares: teste térmico a frio, teste térmico ao calor, teste elétrico, fluxometria laser Doppler e oximetria de pulso. Foram incluídos 28 artigos publicados entre 1964 e 2016. Realizou-se uma meta-análise, a partir do agrupamento dos resultados dos estudos, que permitiu realizar estimativas combinadas de sensibilidade, especificidade, acurácia ajustada, VPP ajustado e VPN ajustado. A oximetria de pulso e a fluxometria laser Doppler apresentaram valores de acurácia significativamente mais elevados que os demais testes (0,974 e 0,971 respectivamente), seguidas do teste a frio (0,840), do teste elétrico (0,817) e do teste ao calor (0,723). O teste elétrico apresentou alta especificidade (0,928) e baixa sensibilidade (0,720), sugerindo que ele apresenta boa capacidade de identificar dentes vitais, porém baixa capacidade para identificar dentes com necrose. Por isso, os autores indicam o teste elétrico como uma alternativa complementar ao teste a frio, e não a sua utilização isoladamente. O teste térmico a frio apresentou acurácia moderada tanto em dentes vitais (especificidade de 0,84), quanto em dentes necrosados (sensibilidade de 0,87).

Com base nos resultados dos estudos é possível observar que a oximetria de pulso tem apresentado acurácia superior aos testes de sensibilidade. Porém, ainda não existe consenso na literatura quanto aos níveis de saturação de oxigênio da polpa em diferentes condições e de diferentes grupos dentários.

O conhecimento da saturação de oxigênio da polpa dentária em estado de normalidade é fundamental para que avanços científicos sejam feitos e auxiliem no processo de tomada de decisão clínica. Isso permitirá o estabelecimento de um padrão capaz de avaliar e diferenciar o tecido pulpar saudável do tecido inflamado e da necrose pulpar, contribuindo para um diagnóstico mais preciso e na determinação do tratamento adequado para a condição clínica do dente¹³. É possível observar que existe uma grande variação nos valores médios de saturação de oxigênio pulpar obtidos entre os diferentes estudos. Essa discrepância nos resultados pode ser explicada por diversos fatores, tais como variações anatômicas entre os grupos dentários, faixa etária dos pacientes, volume da câmara pulpar, presença de restaurações nos dentes e diferença entre os aparelhos e adaptadores utilizados.

A variação anatômica entre os grupos dentários pode determinar variações nos valores de saturação de oxigênio encontrados em diferentes dentes. O volume da câmara pulpar, a espessura de esmalte e dentina na região cervical e a distância vestibulo-lingual dos dentes são fatores que podem interferir na leitura do oxímetro de pulso. Neste sentido, mais estudos fazem-se necessários para determinação precisa da influência desses aspectos na leitura do oxímetro de pulso.

Embora o oxímetro de pulso seja considerado um método eficaz para o diagnóstico da vitalidade pulpar, algumas condições clínicas do paciente podem afetar as leituras de saturação de oxigênio, como pressão venosa alta, distúrbios de hemoglobina, vasoconstrição, baixa perfusão periférica, hipotensão, aumento da acidez e do metabolismo causado pelo processo inflamatório, uso de medicações sistêmicas e tabagismo^{23,25,28,30}. Fatores extrínsecos como a calibração do aparelho, luz ambiente, movimento e adaptação do sensor podem interferir na leitura da saturação de oxigênio pelo oxímetro^{23,28,30}.

O uso da tecnologia do oxímetro de pulso para diagnóstico pulpar traz uma perspectiva de definição do estado pulpar em diferentes condições^{13,34}. A literatura ainda não é concordante em determinar o nível de saturação de oxigênio mínimo em dentes hígidos para o estabelecimento do diagnóstico de polpa sadia, inflamada ou necrose pulpar. Todavia, este recurso parece ser mais efetivo que os testes elétricos e térmicos na determinação da vitalidade pulpar, além de ser não invasivo, indolor, objetivo, reprodutível, ter maior aceitação e cooperação do paciente^{22,23}.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até os dias atuais, o diagnóstico acurado e de forma não invasiva da condição pulpar é um dos maiores desafios na clínica odontológica, e ainda não é possível determinar com certeza a vitalidade pulpar de um dente. Os testes de sensibilidade pulpar têm o uso consagrado na odontologia e fornecem informações diagnósticas importantes quando executados corretamente. Porém, por avaliarem apenas a resposta sensorial da polpa frente a estímulos, apresentam certas limitações, como os resultados falso-positivos e falso-negativos, a subjetividade, além de provocar dor e desconforto ao paciente.

Nesta perspectiva, torna-se de extrema importância a busca por recursos diagnósticos de maior acurácia, que permitam a avaliação do suprimento sanguíneo da polpa e sejam capazes de indicar o momento preciso da intervenção endodôntica e evitar tratamentos desnecessários. A procura por um método ideal de avaliação de vitalidade pulpar é ainda alvo de investigação em pesquisas.

A oximetria de pulso tem se mostrado como um importante e promissor recurso de diagnóstico da vitalidade pulpar. Sua acurácia superior em relação aos testes de sensibilidade comumente usados na prática clínica vem sendo comprovada por diversos estudos, o que tem despertado a atenção da comunidade científica sobre prováveis mudanças de paradigma nos testes pulpares. Os principais objetivos com a utilização do oxímetro de pulso em odontologia concentram-se na distinção entre uma polpa saudável, inflamada e necrótica, em diferentes situações clínicas, permitindo o estabelecimento de planos de tratamentos adequados.

Desafios ainda precisam ser vencidos para aplicação clínica geral do oxímetro de pulso no diagnóstico pulpar, como a confecção de um adaptador para o sensor que permita seu uso nos diferentes grupos dentários. No entanto, estudos têm sido desenvolvidos no intuito de desenvolver um dispositivo que promova o paralelismo entre o diodo emissor e o receptor para a leitura em dentes. A oximetria de pulso permite inferir resultados mensuráveis da vascularização da polpa dentária, não havendo a subjetividade inerente à dor estimulada nos testes de sensibilidade e permitindo maior cooperação do paciente, especialmente em crianças e pacientes com necessidades especiais.

A utilização de métodos inovadores de diagnóstico da vitalidade pulpar, como a oximetria de pulso, se encontra ainda em fase preliminar, porém, com o desenvolvimento de novas pesquisas, espera-se que em pouco tempo este recurso esteja fazendo parte do arsenal odontológico como um recurso de diagnóstico endodôntico.

REFERÊNCIAS

- Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 1. Clinical and diagnostic implications. *J Can Dent Assoc.* 2009; 75(1): 55-9.
- Bender IB. Pulpal Pain Diagnosis - A Review. *J Endod.* 2000; 26(3): 175-79.
- Estrela C, Holland R. Inflamed dental pulp diagnosis. In: Estrela C (Ed.). *Endodontic Science.* 2nd. São Paulo: Artes Médicas; 2009. p. 155-90.
- Bruno KF, Alencar AHG, Estrela C, Batista AC, Pimenta FC. Microbiological and microscopic analysis of the pulp of non-vital traumatized teeth with intact crowns. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17(5): 508-14.
- Pozzobon MH, Vieira RS, Alves AMH, Reyes-Carmona J, Teixeira CS, Souza BDM, *et al.* Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry. *Dent Traumatol.* 2011; 27(3): 184-88.
- Mejare IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, *et al.* Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. *Int Endod J.* 2012; 45(7): 597-613.
- Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2009; 19(1): 3-15.
- Alghathiy RA, Qualtrough AJE. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *Int Endod J.* 2017; 50(2): 135-42.
- Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Comparison of Electrical, Thermal, and Pulse Oximetry Methods for Assessing Pulp Vitality in Recently Traumatized Teeth. *J Endod.* 2007; 33(5): 531-35.
- Ciobanu G, Ion I, Ungureanu L. Testing of pulp vitality by pulse oximetry. *Odontology.* 2012; 2: 94-98.
- Giovanella LB, Barletta FB, Felipe WT, Bruno KF, Alencar AHG, Estrela C. Assessment of Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth with Periodontal Disease. *J Endod.* 2014; 40(12): 1927-30.
- Estrela C, Serpa GC, Alencar AHG, Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, *et al.* Oxygen Saturation in the Dental Pulp of Maxillary Premolars in Different Age Groups – Part 1. *Braz Dent J.* 2017; 28(5): 573-77.
- Estrela C, Oliveira KSA, Alencar AHG, Barletta FB, Estrela CRA, Felipe WT. Oxygen Saturation in the Dental Pulp of Maxillary and Mandibular Molars – Part 2. *Braz Dent J.* 2017; 28(6): 704-09.
- Trowbridge HO, Franks M, Korostoff E, Emling R. Sensory response to thermal stimulation in human teeth. *J Endod.* 1980; 6(1): 405-12.
- Berman LH, Rotstein I. Diagnóstico. In: Hargreaves KM, Berman LH, Rotstein I. *Cohen – Caminhos da Polpa.* 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.
- Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. *J Can Dent Assoc.* 2009; 75(2): 139-43.
- Estrela, C. *Dor Odontogênica.* São Paulo: Artes Médicas; 2001.
- Nair PNR. Neural elements in dental pulp and dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995; 80(6): 710-9.
- Caldeira CL, Barletta FB, Ilha MC, Abrão CV, Gavini G. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. *Dent Traumatol.* 2016; 32(5): 385-389.
- Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2009; 42(6): 476-90.
- Karayilmaz H, Kirzioglu Z. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. *J Oral Rehab.* 2011; 38(5): 340-347.
- Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Evaluation of Efficacy of a New Custom-Made Pulse Oximeter Dental Probe in Comparison with the Electrical and Thermal Tests for Assessing Pulp Vitality. *J Endod.* 2007; 33(4): 411-14.

23. Dastmalchi N, Jafarzadeh H, Moradi S. Comparison of the Efficacy of a Custom-made Pulse Oximeter Probe with Digital Electric Pulp Tester, Cold Spray, and Rubber Cup for Assessing Pulp Vitality. *J Endod.* 2012; 38(9): 1182-86.
24. Lowry OH, Passonneau JV, Hasselberger FX, Schultz DW. Effects of ischemia on known substrates and cofactors of glycolytic pathway in brain. *J Biol Chem.* 1964; 239: 18-30.
25. Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse Oximetry: Review of a Potential Aid in Endodontic Diagnosis. *J Endod.* 2009; 35(3): 329-33.
26. Chiesa WMM, Araujo-Filho WR, Cabreira MS. Diagnóstico em Endodontia. In: Lopes HP, Siqueira-Jr JF. *Endodontia – Biologia e técnica.* Rio de Janeiro: Elsevier; 2015.
27. Radhakrishnan S, Munshi AK, Hegde AM. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. *J Clin Ped Dent.* 2002; 26(2): 141-145.
28. Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, Silva JA, Alencar AHG, Estrela C. Oxygen Saturation in the Dental Pulp of Permanent Teeth: A Critical Review. *J Endod.* 2014; 40(8): 1054-57.
29. Schmitt JM, Webber RL, Walker EC. Optical determination of dental pulp vitality. *IEE Trans Biomed Eng.* 1991; 38(4): 346-52.
30. Schnettler JM, Wallace JA. Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulpal vitality. *J Endod.* 1991; 17(10): 488-90.
31. McMorro RC, Mythen MG. Pulse oximetry. *Curr Opin Crit Care.* 2006; 12(3): 269-71.
32. Mills RW. Pulse oximetry a method of vitality testing for teeth. *Brit Dent J.* 1992; 172(9): 334-35.
33. Wilson I. *Pulse Oximetry – part 1 - Anaesthesia Tutorial of the Week 123.* London: World Federation of Societies of Anaesthesiologists; 2009.
34. Setzer FC, Kataoka SH, Natrielli F, Gondim-Junior E, Caldeira CL. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. *J Endod.* 2012; 38(7): 880-83.
35. Bargrizan M, Ashari MA, Ahmadi M, Ramezani J. The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2016; 32(1): 43-47.
36. Gopikrishna V, Kandaswamy D, Tinagupta K. Assessment of the efficacy of an indigenously developed pulse oximeter dental sensor holder for pulp vitality testing – an *in vivo* study. *Indian J Dent Res.* 2006; 17(3): 111-13.
37. Stella JPF, Barletta FB, Giovannella LB, Grazziotin-Soares R, Tovo MF, Felipe WT, Estrela C. Oxygen saturation in dental pulp of permanent teeth: difference between children/adolescents and adults. *J Endod.* 2015; 41(9): 1445-9.
38. Kataoka SHH, Setzer FC, Gondim-Junior E, Fregnami ER, Moraes CJP, Pessoa OF, *et al.* Late effects of head and neck radiotherapy on pulp vitality assessed by pulse oximetry. *J Endod.* 2016; 42(6): 886-9.
39. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. *Int Endod J.* 2010; 43(9): 738-62.
40. Johnsen DC, Harshbarger J, Rymer HD. Quantitative assessment of neural development in human premolars. *Anat Rec.* 1983; 205(4): 421-29.
41. Leles CR, Dal Moro RG, Dias DR. Princípios de bioestatística. In: Estrela C (Organizador). *Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa.* 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 2018. p.191-2.
42. Mainkar A, Kim SG. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2018; 44(5): 694-702.
43. Calil E, Caldeira CL, Gavini G, Lemos EM. Determination of pulp vitality *in vivo* with pulse oximetry. *Int Endod J.* 2008; 41(9): 741-46.
44. Siddheswaran V, Adyanthaya R, Shivanna V. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing - an *in vivo* study. *World J Dent.* 2011; 2(3): 225-30.
45. Sadique M, Ravi SV, Thomas K, Dhanapal P, Simon EP, Shaheen M. Evaluation of efficacy of a pulse oximeter to assess pulp vitality. *J Int Oral Health.* 2014; 6(3): 70-2.
46. Lima FL. Saturação de oxigênio pulpar em incisivos centrais superiores h gidos submetidos ao clareamento dent rio: ensaio clínico randomizado [Disserta o de Mestrado]. Goi nia: Faculdade de Odontologia de da Universidade Federal de Goiás; 2018.

ABSTRACT

Dental pulp diagnosis is essential for the establishment of appropriate treatment and remains a challenge in current clinical practice. Thermal and electrical pulp tests are the most commonly used, but they have the inherent limitations of only evaluating the pulp sensitivity through the application of stimuli on the dental surface. The vitality of the dental pulp is related to its vascularization, and tests that evaluate pulp blood flow have been developed and studied. Pulse oximetry is widely used in medicine for determination of blood oxygen saturation levels and has been presented as a resource for pulp vitality determination. With use of adapters, the levels of oxygen saturation of

the dental pulp have been determined in different clinical conditions, leading to a more accurate diagnosis. Promising results obtained in several studies reinforce the advantages of the pulse oximeter in comparison to the sensitivity tests, because it is a more accurate, objective, non-invasive method that does not cause pain and discomfort to the patient. In this perspective, scientific and technological advances have improved the use of innovative pulp diagnostic methods, and the pulse oximeter is a potential resource for application in the clinical routine of dentists.

KEYWORDS: Diagnosis; Dental pulp; Oximetry.

AUTOR PARA CORRESPOND NCIA

Patrícia Correia de Siqueira
Faculdade de Odontologia da UFG – Av. Universit ria
esquina com 1  avenida, s/n, Setor Leste Universitário. CEP
74605-220. Goi nia, GO, Brasil.
Email: patricia.csiqueira@hotmail.com