

ENSAIOS DE DUREZA APLICADOS EM ODONTOLOGIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

HARDNESS TESTS APPLIED IN DENTISTRY: BIBLIOGRAPH REVIEW

Cíntia Gonçalves Carvalho Rosalem¹, Mayara Cristina Abas Frazão², Andréa Dias Neves Lago³, Leily Macedo Firoozmand³, José Ferreira Costa⁴

Resumo

Introdução: A crescente demanda por materiais restauradores biocompatíveis e favoráveis do ponto de vista estético impulsionou o surgimento de novos materiais no mercado odontológico e consequente aumento de estudos para avaliação dessas características. Com isso, os conhecimentos das propriedades físicas, mecânicas e biológicas dos materiais a serem utilizados são de grande valor para a obtenção do sucesso na Odontologia. O teste de dureza é o tipo de propriedade mecânica, que trata de energia e forças e seus efeitos nos corpos e pode ser definida como a resistência de um corpo à endentação ou penetração permanente em sua superfície. **Objetivo:** Realizar um levantamento bibliográfico em torno dos aspectos relevantes sobre os testes de Dureza na Odontologia, bem como descrever a importância da sua aplicabilidade na prática da pesquisa odontológica. **Métodos:** Foram realizadas pesquisas nas bases de dados PubMed e Medline e em livros odontológicos, no período de 2003 à 2013. Foram selecionados um total de 24 artigos de 649 publicados. Com a finalidade de delimitar o objeto do estudo, foi utilizado como critério de inclusão: estudos realizados nos últimos 10 anos, estudos laboratoriais e clínicos e artigos ou livros publicados. **Conclusão:** Os testes de Dureza na Odontologia são bastante frequentes e úteis em diversas situações e é essencial o entendimento das propriedades mecânicas dos materiais restauradores e da própria estrutura dental para o alcance do desenvolvimento de produtos que se comportem de uma forma mais próxima possível do natural, quando em função na cavidade bucal.

Palavras-chaves: Testes de dureza. Materiais dentários. Propriedades de superfície.

Abstract

Introduction: The increasing demand for restorative materials with aesthetic and biocompatible characteristics spurred the rise of new materials in the dental market, and the consequent increase of studies for evaluation of these characteristics. Thus, these materials physical, mechanical and biological properties knowledge are of great value to achieve success in dentistry. The hardness test is a mechanical property which deals with strength and its effect on the specimens. It can be defined as the resistance of a body for penetration or permanent indentation on its surface. **Objective:** To conduct a literature survey about relevant aspects on hardness tests in dentistry, as well as describing its applicability importance in dental research practice. **Methods:** Surveys were conducted in PubMed and Medline databases and dental books, from 2003 to 2013, with a total of 24 selected papers among 649. In order to delimit the object of the study, inclusion criteria were chosen as follows: studies from the last 10 years, laboratory and clinical studies, and published papers or books. **Conclusion:** Hardness tests in dentistry are quite common and useful in many situations, being essential to understand restorative materials and tooth structure mechanical properties, in order to achieve products that behave in an as close as possible manner to what is natural, when functioning in the oral cavity.

Keywords: Hardness tests. Dental materials. Surface properties.

Introdução

Na cavidade bucal, materiais restauradores são submetidos a tensões provocadas pela ação da mastigação. Tais forças agem nos dentes e no material, produzindo diferentes reações, que levam a deformações, o que pode comprometer a durabilidade de um substrato¹. A crescente demanda por materiais restauradores biologicamente aceitáveis e favoráveis do ponto de vista estético impulsionou o surgimento de um grande número de materiais no mercado odontológico e, consequentemente, o número de estudos para avaliar suas características também aumentou^{1,2}.

O sucesso das técnicas restauradoras, cirúrgi-

cas e protéticas na Odontologia depende do conhecimento das propriedades físicas, mecânicas e biológicas dos materiais utilizados e, consequentemente, das vantagens e desvantagens dos materiais envolvidos para uma determinada indicação.

Historicamente, inúmeros materiais têm sido utilizados para substituir parte dos dentes perdidos³. Porém, nenhum material é capaz de reunir todas as propriedades importantes para a restauração dos elementos dentais. Portanto, deve-se priorizar o uso de cada material de acordo com as suas características e a necessidade clínica em questão.

A dureza é um indicativo da facilidade de acabamento/polimento do material e de sua resistência ao

¹ Especialista em Dentística Restauradora - CETAO/SP e Mestranda em Odontologia do Programa de Pós-Graduação da UFMA.

² Mestranda em Odontologia do Programa de Pós-Graduação da UFMA.

³ Especialista em Dentística, Mestre e Doutora em Dentística. Professora Adjunta de Dentística do Departamento de Odontologia I da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

⁴ Professor Adjunto de Materiais Dentais do Departamento de Odontologia I da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.
Contato: Leily Macedo Firoozmand. E-mail: leilyfiroozmand@hotmail.com

uso, no que se refere à formação de riscos ou ranhuras. Tais riscos podem comprometer a resistência à fadiga do material e levar à falha prematura, além de um ocasional comprometimento estético do material restaurador⁴. É um tipo de propriedade mecânica, ciência física que trata de energia e forças e seus efeitos nos corpos e pode ser definida como a resistência de um corpo à endentação ou penetração permanente em sua superfície^{5,6}.

Os testes de Dureza são utilizados em diversos estudos na Odontologia⁷⁻¹¹ para verificar a resistência dos materiais restauradores e propriedades das estruturas do dente, a fim de que o comportamento clínico do material restaurador se assemelhe ao máximo ao da estrutura dental na prática clínica, apresentando propriedades físicas similares ao dente natural. Além de ser também um método de análise indireta do conteúdo mineral dos substratos dentais^{12,13}.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo abordar aspectos relevantes sobre os testes de Dureza empregados na Odontologia, bem como descrever a importância da sua aplicabilidade clínica na prática da pesquisa odontológica.

Revisão de Literatura

Durante o ensaio de dureza, uma força padronizada é aplicada sobre um material de estudo. A aplicação de tal força produz uma edentação de formato simétrico, a qual pode ser mensurada sob um microscópio para a profundidade, área ou largura da edentação produzida. As dimensões da edentação variam inversamente com a resistência à penetração do material testado⁴.

Existem quatro principais tipos de testes-padrão para expressar a dureza dos materiais que podem ser aplicados na Odontologia. São eles: Brinell, Knoop, Vickers e Rockwell³. Todos eles dependem da penetração de um edentador pequeno e com formato simétrico, sobre uma superfície lisa e regular do material que está sendo testado. Os testes de dureza diferem no material que produz a edentação, na geometria e na carga aplicada⁴.

Teste de Dureza Brinell

Está entre os métodos mais antigos utilizados para testar os metais e ligas utilizados na Odontologia. Consiste em penetrar o corpo de prova com uma bola metálica, de aço ou tungstênio. A dureza do material dependerá da resistência à penetração desta esfera^{3,5}.

O valor de dureza resultante, conhecido como número de dureza Brinell (BNH), dado em Kg/mm², é computado como a razão entre a carga aplicada e a área da edentação produzida. Quanto menor a área de edentação, mais duro é o material e maior é o BNH⁴.

Uma limitação deste método é que devido o teste de dureza Brinell resultar em uma área de penetração relativamente grande, este teste é bom para determinar os valores médios de dureza e ruim para determinar valores bem localizados^{4,5}.

Teste de Dureza Rockwell

Foi desenvolvido com o objetivo de ser um método rápido para se medir a dureza. Um edentador com

formato de esfera ou cone metálico é normalmente utilizado e a profundidade da edentação é mensurada com um indicador micrométrico sensível. As esferas do edentador ou os cones têm diâmetros variados, como também possuem diferentes cargas⁵.

As vantagens do teste de dureza de Rockwell são que a dureza é lida diretamente e ela é boa para testar os materiais viscoelásticos^{3,5}.

O teste de dureza Brinell, assim como o teste de Rockwell, não são adequados para materiais frágeis ou friáveis. Eles fornecem médias dos índices de dureza sobre áreas bem mais extensas^{3,5}.

Teste de Dureza Knoop

Foi desenvolvido devido à necessidade de um método de teste de microedentação. Uma carga é aplicada a um edentador de diamante em formato de pirâmide e é mensurado o comprimento das diagonais da edentação resultante no material. O número de dureza Knoop (KHN) é a razão entre a carga aplicada e a área da penetração. Seus valores mais altos representam os materiais mais duros⁴.

A vantagem deste método é que os materiais com maior variação de dureza podem ser testados simplesmente variando-se a carga de teste. As desvantagens principais do método são a necessidade de um corpo de prova extremamente polido e plano e o tempo necessário para completar o procedimento teste, considerado maior que em outros métodos⁴.

Teste de Dureza Vickers

É semelhante aos testes Knoop e Brinell, exceto que um edentador de diamante com formato de pirâmide é forçado para dentro do material com uma aplicação de carga definida, produzindo uma edentação quadrada, cujas diagonais são mensuradas⁵. Este teste é especialmente útil nas medidas de dureza de áreas pequenas e de materiais bem duros⁴.

Nanoedentação

Os testes tradicionais de edentação utilizam cargas altas como Kg, resultando em edentações grandes. Embora valiosos para mapear materiais e determinar os valores relativos entre diferentes materiais, estes testes estão sujeitos a limitações. Alguns materiais possuem constituintes microestruturais ou, no caso de compósitos de micropartículas, as fases de partículas são substancialmente menores do que as dimensões do edentador⁴.

Para medir precisamente as propriedades destas micropartículas, são realizadas edentações em escalas de tamanhos menores, controlando espacialmente o local da edentação. Para isso, foi desenvolvida a técnica de nanoedentação, capaz de aplicar cargas na variação de 0,1 a 5.000 mg, resultando em uma edentação com cerca de 1 µm de tamanho⁴.

Discussão

Os ensaios de Dureza são empregados na Odontologia para testar a dureza do esmalte e da dentina,

possibilitando assim a procura por materiais restauradores que mais se assemelhem à estrutura dental, com relação às suas propriedades mecânicas¹⁴.

Segundo Chuenarrom *et al.*,¹⁴ não há uma padronização para os testes de microdureza na literatura. Dentro das avaliações de Microdureza, os tipos de testes mais utilizados são o Knoop e o Vickers. Eles empregam cargas menores que 9,8N, e ambos possuem um edentador de diamante em formato piramidal, o qual irá formar uma edentação na superfície a ser testada. As penetrações resultantes são pequenas e limitadas a uma profundidade menor que 19 µm. Desta forma, eles são capazes de medir a dureza em pequenas regiões de objetos muito finos⁵.

A seleção das condições do teste depende do pesquisador. Diversos testes de dureza resultaram em diferentes resultados para os testes Knoop e Vickers, sob diversas cargas e tempos de aplicação. Para se comparar a dureza de dois materiais diferentes, deve-se utilizar o mesmo tipo de teste, sob a mesma carga, aplicada em amostras padronizadas e por um mesmo período de tempo^{14,15}.

Especialmente no teste de dureza Knoop, a superfície a ser testada deve estar extremamente plana e polida, afim de que as edentações impressas no material fiquem bem evidentes, evitando assim que a presença de poros ou ranhuras possa levar a uma leitura equivocada¹⁴.

Algumas diferenças técnicas entre os testes Vickers e Knoop devem ser ressaltadas. O teste Knoop é feito em uma escala microscópica, utilizando instrumentos de mais elevada precisão para que as edentações sejam medidas. O edentador Vickers promove uma penetração duas vezes mais profunda que o edentador Knoop; a edentação diagonal no teste Vickers mede 1/3 do comprimento da edentação do Knoop; o teste Vickers é menos sensível às condições do substrato que o teste Knoop e é mais sensível a erros de medição. Além disso, ele é melhor utilizado em pequenas áreas arredondadas, enquanto que o Knoop é melhor utilizado em pequenas áreas alongadas. O teste de dureza Knoop é considerado um excelente teste para avaliação de materiais muito duros e friáveis e materiais de espessura muito fina¹.

Em um estudo que teve como propósito avaliar a fragilidade do esmalte dental em função da idade do paciente e da distância da junção amelodentinária, Park *et al.*,⁶ utilizaram testes de nanodureza e microdureza. Como resultado, foi encontrado que a fragilidade do esmalte jovem e "idoso" aumentou com a distância da junção dentina-esmalte, apresentando esta região altos valores de dureza. Não houve diferença entre os esmaltes jovem e idoso na região da junção dentina-esmalte, enquanto que próximo à superfície oclusal, o esmalte idoso se mostrou mais frágil e com maior índice de dureza.

A avaliação da fragilidade serve como um guia útil para a concepção de novos materiais substitutos da estrutura dental, assim como serve como uma ferramenta quantitativa para mensurar o nível de degradação e o comportamento mecânico do esmalte, com o passar dos anos.

Ao mesmo tempo, os testes de microdureza têm auxiliado na avaliação da eficácia de diferentes méto-

dos de remoção de tecido cariado, avaliando o nível de mineralização da dentina. Hamama *et al.*,¹⁶ realizaram um estudo para avaliar a microdureza da dentina após a remoção de tecido cariado, realizada por diferentes métodos. O estudo testou a dureza da dentina após os processos de remoção de dentina cariada por meio de instrumentos rotatórios e por meio de remoção químico-mecânica, utilizando a associação de agentes químicos com instrumento escavador manual. Os corpos de prova de dentina foram submetidos ao teste de dureza Vickers após a remoção do tecido cariado. Os resultados mostraram que a remoção de dentina cariada por meio de instrumentos rotatórios mostrou menor diferença de microdureza nos diferentes pontos de teste de um mesmo corpo de prova, o que não aconteceu com os outros grupos, indicando que este meio de remoção parece remover dentina infectada e dentina sadia. Mollica *et al.*,¹⁷ realizaram um estudo similar e observou que o grupo em que a remoção de tecido cariado foi feita por instrumentos manuais apresentou os menores valores de microdureza, indicando que uma menor parte de tecido cariado pode ter sido removida por meio deste método.

Considerando as propriedades mecânicas dos materiais, por meio dos testes de microdureza, inúmeros resultados relevantes foram obtidos nas diversas áreas da Odontologia, tais como; clareamento dental^{15,18}, odontologia restauradora^{2,7-9}, ortodontia^{19,20} e preventiva^{16,17}.

Entre as superfícies mais analisadas por meio dos testes de dureza na Odontologia estão os materiais restauradores tais como; resinas compostas^{2,7,9-11}, cimentos de ionômero de vidro⁸, materiais cerâmicos⁶, materiais ortodônticos^{19,20} e a própria estrutura dental^{6,16,17,21-24}.

O estudo realizado por Martins *et al.*,²⁵ avaliou a influência da intensidade de luz e utilizou a microdureza Knoop a fim de verificar a influência da intensidade de luz no grau de polimerização e consequente dureza das resinas compostas. Neste estudo, os autores observaram que a intensidade crescente da luz fotopolimerizadora promoveu uma maior taxa de polimerização, fazendo com que os espécimes apresentassem uma maior dureza.

Outro estudo realizado por Drobovolsky *et al.*,¹⁰ também, utilizou o teste de dureza Knoop com a mesma finalidade. Foram testados aparelhos fotopolimerizadores com dois tipos de ponteiros diferentes: de fibra ótica e de polímero. Não houve superioridade entre as ponteiros condutoras de luz quanto aos valores de microdureza da resina composta.

Do mesmo modo, Sinhoreti *et al.*,¹¹ utilizaram o teste de microdureza Knoop para avaliar a resistência à penetração de um cimento resinoso, comparando a dureza do cimento de polimerização dupla (dual), o Rely-X ARC[®] - 3M, polimerizado de forma química e polimerizado duplamente (ativação química e pela luz). Foi observado que a forma de polimerização dupla promoveu um maior nível de conversão do cimento resinoso, apresentando os maiores valores de microdureza. Além disso, nas regiões mais profundas, onde a luz do fotopolimerizador não alcançou, a dureza do cimento resinoso foi menor.

Tais estudos se mostram extremamente relevantes para o sucesso do tratamento restaurador, uma

vez que, entendendo-se as limitações e características mecânicas de cada tipo de material, o mesmo poderá ser indicado e utilizado de forma adequada, devolvendo função e estética ao elemento dental.

Na Ortodontia, os testes de microdureza também são úteis para se testar a resistência dos materiais. Gioka *et al.*,¹⁹ realizaram uma pesquisa para avaliar a dureza de duas marcas de braquetes ortodônticos. O método utilizado foi o de microdureza Vickers. Segundo os autores do estudo, a diferença de dureza encontrada entre duas marcas pode influenciar no torque utilizado para ativar o aparelho. Uma menor dureza do braquete pode reduzir o torque transferido ao arco ortodôntico.

Zinelis *et al.*,²⁰ em um estudo similar, não encontraram diferenças significantes entre as marcas comerciais, mas diferenças de dureza entre as regiões da asa e da base das braquetes foram detectadas. De acordo com os pesquisadores, isso pode levar a diversas implicações clínicas durante a mecanoterapia ortodôntica.

Além disso, os testes de Dureza vêm sendo recentemente empregados no diagnóstico da cárie dental²³⁻²⁴. Shimizu *et al.*,²⁴ desenvolveram o *Cariotester*®, um sistema portátil que mede a dureza Knoop (KNH) para detecção de tecido cariado, composto por uma peça de mão com um endentador, um microscópio e um computador.

Outro estudo utilizou o teste de microdureza (*Cariotester*®) para detecção de tecido cariado. Os auto-

res o compararam com o método que detecta a presença de tecido cariado por meio de um dispositivo de laser (*DIAGNOdent*® - Kavo). O *DIAGNOdent*® libera um feixe de luz laser, que, quando incidida na dentina cariada, faz com que esta reflita uma luz fluorescente, proveniente dos metabólitos das bactérias presentes. Foi concluído que o teste de microdureza para detecção de tecido cariado se mostrou um confiável método de análise quantitativa, enquanto o diagnóstico por meio da luz laser é apenas qualitativa, só mostra a presença de cárie e não o quanto do tecido está cariado²³.

Por se tratar de uma análise quantitativa do tecido dentinário cariado, este método se torna eficaz e seguro no diagnóstico de cárie dental e permite uma abordagem de tratamento mais confiável, possibilitando a remoção adequada da dentina infectada e permitindo uma maior conservação de estrutura dental sadia.

Diante do exposto, pode-se concluir que os Testes de Dureza na Odontologia são bastante frequentes e úteis em diversas situações, seja para avaliação das propriedades dos materiais odontológicos para uma utilização mais adequada na prática clínica ou para conhecimento de particularidades da própria estrutura dental. Entender as propriedades mecânicas dos materiais restauradores e da própria estrutura dental é essencial para o desenvolvimento de produtos que se comportem de uma forma mais próxima possível do natural, quando em função na cavidade bucal.

Referências

- Wang L, D'Alpino PHP, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci*, 2003; 11(3): 162-167.
- Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater*, 1992; 8(3): 10-19.
- Reis A, Loguercio AD. *Materiais Dentários Diretos, dos Fundamentos à Aplicação Clínica*. 1ª Ed. São Paulo: Santos Livraria Editora; 2009.
- Craig RG, Powers JM. *Materiais Dentários Restauradores*. 1ª Ed. São Paulo: Santos Livraria Editora; 2006.
- Anusavice KJ. *Phillips – Materiais Dentários*. 11ª Ed. São Paulo: Elsevier Editora; 2005.
- Park S, Quinn JB, Romberg E, Arola D. On the brittleness of enamel and selected dental materials. *Dent Mater*, 2008; 2(4): 1477-1485.
- Borba M, Bona AD, Cecchetti D. Flexural strength and hardness of direct and indirect composites. *Braz Oral Res*, 2009; 23(1): 5-10.
- Raggio DP, Bonifácio, CC, Bönecker M, Imparato JCP, Gee AJ, Amerongen WEV. Effect of Insertion Method on Knoop Hardness of High Viscous Glass Ionomer Cements. *Braz Dent J*, 2010; 21(5): 439-445.
- Alves PB, Brandt WC, Neves ACC, Cunha LG, Silva-Concilio LR. Mechanical properties of direct and indirect composites after storage for 24 hours and 10 months. *Eur J Dent*, 2013; 7(1): 117-122.
- Drobovolsky M, Busato PMR, Mendonça MJ, Bosquirolli V, Santos RA, Camilotti V. Influência do Tipo de Ponteira Condutora de Luz na Microdureza de uma Resina Composta. *Polímeros*, 2010; 20(5): 327-330.
- Sinhoreti MAC, Manetta IP, Tango RN, Iriyama NT, Consani LRX, Correr-Sobrinho L. Effect of Light-Curing Methods on Resin Cement - Knoop Hardness at Different Depths. *Braz Dent J*, 2007; 18(4): 305-308.
- Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, Wiegand A. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: a review. *Dent Mater*, 2009; 25(2): 143-157.
- Agostinho FLF, Guimarães RP, Silva CHVD. Alterações na microestrutura do esmalte pós-clareamento. *Int J Dent*, 2003; 2(2): 273-278.
- Chuenarrom C, Benjakul P, Daosodsai P. Effect of Indentation Load and Time on Knoop and Vickers Microhardness Tests for Enamel and Dentin. *Mater Res*, 2009; 12(4): 473-476.
- Maia E, Baratieri LN, Caldeira de Andrada MA, Monteiro Jr S, Vieira LC. The influence of two home-applied bleaching agents on enamel microhardness: an in situ study. *J Dent*, 2008; 36(1): 2-7.
- Hamama HH, Yiu CKY, Burrow MF, King NM. Chemical, morphological and microhardness changes of dentine after chemomechanical caries removal. *Aust Dent J*, 2013; 58(3): 283-292.
- Mollica FB, Torres CRG, Gonçalves SEP, Mancini MNG. Dentine microhardness after different methods for detection and removal of carious dentine tissue. *J Appl Oral Science*, 2012; 20(4): 449-454.
- Rodrigues JA, Marchi GM, Ambrosano GMB, Heymann HO, Pimenta LA. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching on human dental enamel using a novel study design. *Dent Mater*, 2005; 21(11): 1059-1067.

19. Gioka C, Bourauel C, Zinelis S, Eliades T, Silikas N, Eliades G. Titanium orthodontic brackets: structure, composition, hardness and ionic release. *Dent Mater*, 2004; 20(7): 693-700.
20. Zinelis S, Sifakakis I, Katsaros C, Eliades T. Microstructural and mechanical characterization of contemporary lingual orthodontic brackets. *Eur J Orthod*, 2014; 36(4): 389-393.
21. Rivera C, Arola D, Ossa A. Indentation damage and crack repair in human enamel. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2013; 21(1): 178-184.
22. He LH, Swain MV. Understanding the mechanical behaviour of human enamel from its structural and compositional characteristics. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2008; 1(1): 18-29.
23. Iwami Y, Yamamoto H, Hayashi M. Validity of a portable microhardness testing system (Cariotester) for diagnosis of progression in active caries lesions. *Dent Mater J*, 2013; 32(4): 667-672.
24. Shimizu A, Nakashima S, Nikaido T, Sugawara T, Yamamoto T, Momoi Y. Newly developed hardness testing system, "Cariotester": Measurement principles and development of a program for measuring Knoop hardness of carious dentin. *Dent Mater J*, 2013; 32(4): 643-647.
25. Martins F, Delbem ACB, Santos LRA, Soares HLO, Martins EOB. Microdureza de resinas em função da cor e luz halógena. *Pesqui Odontol Bras*, 2002; 16(3): 246-250.