

Efeito dos métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de compósitos odontológicos

LEONARDO GONÇALVES CUNHA*, MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI**, LOURENÇO CORRER SOBRINHO**, SIMONIDES CONSANI**, MARIO FERNANDO DE GOES**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a influência de quatro métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de cinco compósitos odontológicos: Z100, Solitaire, TPH, Alert e Wave. Corpos-de-prova cilíndricos (3mm de diâmetro por 5 mm de altura) foram preparados em uma matriz bipartida e fotoativados por quatro diferentes métodos: luz contínua (520 mW/cm² por 40 segs.); dupla intensidade de luz (150 mW/cm² por 10 segs. , seguido por 520 mW/cm² durante 30 segs.); luz pulsátil (520 mW/cm² for 60 segs.) e por arco de plasma de Xenônio (2300 mW/cm² por 3 segs.). Após, foram armazenados por 24h a 37° C . A mensuração de dureza Knoop foi feita num microdurômetro Tester FM, com uma carga de 50 gramas por 30 segs.. Cinco corpos-de-prova foram feitos para cada método de fotoativação e cada tipo de compósito. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%). Os resultados indicaram que a dureza na região de superfície foi maior do que a dureza nas profundidades de 1,5mm, 2,5mm, 4,0mm e região de fundo, independentemente do tipo de compósito e do método de fotoativação. O método de fotoativação por luz contínua e por dupla intensidade de luz não diferiram entre si, porém foram superiores aos métodos de fotoativação por luz pulsátil e por arco de plasma de Xenônio, independentemente da profundidade e do tipo de compósito. O compósito Z100 obteve o mais alto valor de dureza, seguido pelos compósitos Alert, TPH, Solitaire e Wave.

UNITERMOS

Compósito odontológico, dureza Knoop, método de fotoativação.

CUNHA, L.G. et al. Effect of photoactivation methods on composites Knoop hardness. **PGR-Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos**, v.4 , n.3 , set./dez. 2001.

ABSTRACT

The purpose of this study was to verify the influence of four polymerization methods on surface Knoop hardness of five composites: Z100, Solitaire, TPH, Alert and Wave. Cylindrical specimens (3mm in diameter for 5 mm in height) were prepared in a brass mold and light activated in four different methods: continuous light (520 mW/cm² for 40s.); double light intensity (150 mW/cm² for 10s. followed by 520 mW/cm² by 30s.); pulsating light (520 mW/cm² for 60s.) and Xenon plasma arc (2300 mW/cm² for 03 segs.). After they were stored 24 hours at 37°C. Knoop hardness measures were obtained with Tester FM microhardness, with a load of 50 grams for 30 seconds. The results were submitted to variance analysis and Tukey's test at 5% level. The results indicated that the surface hardness of the resin composites at the most outer layer was higher than the surface hardness at the dep-

* Aluno do Curso de Pós-Graduação (Nível mestrado) - Área Materiais Dentários - Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - CEP 13414-903 - Piracicaba - SP

** Professores da Área Materiais Dentários - Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - CEP 13414-903 - Piracicaba - SP

ths of 1.5 mm, 2.5 mm, 4.0 mm and at the bottom area regardless of the resin composite used and the photoactivation methods. The method for continuous light and for double light intensity did not differ from each other, however they showed significantly higher results than the photoactivation methods for pulsating light and for Xenon plasma arc, regardless of the depth and the resin composite tested. The resin composite Z100 obtained the highest hardness value, followed by the composite Alert, TPH, Solitaire and Wave.

UNITERMS

Composite resin, Knoop hardness, photoactivation method.

INTRODUÇÃO

Os compósitos odontológicos restauradores vêm popularizando-se no meio odontológico há mais de 35 anos. Durante esse período, esses materiais têm sofrido modificações por parte dos fabricantes, proporcionando facilidade de uso pelo profissional e resultados estéticos satisfatórios aos pacientes.

No entanto, uma das características inerentes dos compósitos odontológicos que prejudica seu desempenho é a contração de polimerização. A taxa de contração de polimerização é muito alta e leva a região da interface dente-restauração à tensão e, com o passar do tempo, pode romper-se, criando um espaço propício à invasão de fluídos orais e bactérias.

Através da técnica de inserção do compósito na cavidade pode-se minimizar o efeito da contração de polimerização. Segundo Koran & Kürschner⁸, o método de fotoativação pode também ser um artifício no controle dessa contração, através da pré-polimerização em baixa intensidade de luz, seguida por posterior exposição com alta intensidade de luz. Essa técnica, segundo o autor, promoverá melhor adaptação marginal da restauração, devido ao rearranjo das cadeias poliméricas que ocorre durante a fase de pré-polimerização. Porém, nesse caso, a taxa de exposição à luz fica diminuída, podendo interferir no grau de cura do compósito e, conseqüentemente, afetar sua dureza.

Alguns estudos foram realizados na tentativa de se desenvolver uma técnica de fotoativação que promovesse diminuição na contração de polimerização. Stanford et al.¹⁴, em 1986, verificaram a in-

fluência da fotoativação contínua e com dupla intensidade de luz sobre a dureza superficial e de fundo, bem como o efeito do tempo de fotoativação. Os resultados mostraram que a dureza obtida nas regiões de superfície e de fundo, não diferiu entre os dois métodos, resultados comprovados por Uno & Asmussen¹⁶ e Feilzer et al.⁰⁵.

Mehl et al.¹⁰ em 1995 realizou um experimento onde foi verificado a microdureza superficial e a adaptação marginal quando da utilização do método de pré-polimerização com intensidade diminuída, procedendo-se a análise de vários níveis de redução de intensidade. Concluíram que a pré-polimerização com redução de cerca de 50% de intensidade total, seguida da polimerização em intensidade convencional por pelo menos 20 segundos, não provocou diferenças significativas na microdureza e promoveu adaptação marginal mais satisfatória.

Recentemente, novos aparelhos fotoativadores foram introduzidos no mercado odontológico, oferecendo a vantagem da redução do tempo clínico destinado à fotoativação de compósitos em procedimentos restauradores. Esse aparelhos emitem alta intensidade de luz (1500 mW/cm² a 2300 mW/cm²) por um curto intervalo de tempo (3 a 6 segundos). No entanto, surge a dúvida de que a diminuição no tempo de fotoativação dos compósitos, bem como a técnica de fotoativação utilizada, poderia acarretar variações em suas propriedades físico-mecânicas.

Alcançar um grau de cura adequado para o compósito seria o objetivo de todo método de fotoativação. A dureza Knoop tem sido um método indireto para se verificar o grau de cura de um compósito. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo determinar o efeito de quatro métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de cinco compósitos restauradores.

MATERIAIS E MÉTODO

Foram utilizados neste estudo os compósitos restauradores Z-100 (3M Dental Products), TPH (Dentsply), Solitaire (Heraeus-Kulzer), Alert (Jeneric-Pentron) e Wave (SDI).

Os corpos-de-prova foram confeccionados numa matriz metálica contendo uma cavidade com

5mm de diâmetro por 5mm de altura, seccionada longitudinalmente na parte central, a fim de facilitar a remoção do corpo-de-prova após a polimerização.

O compósito foi inserido dentro da cavidade em única porção e com ligeiro excesso. A adaptação do material foi feita pela compressão de uma tira de poliéster sob uma lâmina de vidro, com carga estática de 1kg, necessária para remoção do excesso de material. Em seguida, a lâmina de vidro foi removida e os corpos-de-prova foram fotoativados de acordo com um dos quatro métodos: luz contínua (520 mW/cm² por 40 segs.); dupla intensidade de luz (150 mW/cm² por 10 segs. seguidos por 520 mW/cm² durante 30 segs.); luz pulsátil (520 mW/cm² por 60 segs.) e por arco de plasma de Xenônio (2300 mW/cm² por 3 segs.). Para os métodos de fotoativação por luz contínua e por dupla intensidade de luz foi utilizado o aparelho XL3000 (3M, Dental Products), sendo que no método por dupla intensidade de luz, foi utilizado um espaçador de 1,5 cm para diminuir a intensidade do aparelho nos primeiros 10 segundos. No método por luz pulsátil foi feita uma modificação no referido aparelho pela Área de Materiais Dentários da FOP-Unicamp, para que se emitisse luz pulsátil. O ciclo foi de 3 segundos, sendo 2 segundos com a luz acesa e 1 segundo a luz apagada. Finalmente no método por luz de arco de plasma de Xenônio foi utilizado o aparelho Apollo 95E (DMD).

Após a confecção, os corpos-de-prova foram devidamente identificados e armazenados numa estufa a 37° C, por 24 horas. Um total de cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo de compósito, totalizando vinte corpos-de-prova para cada grupo.

Após polimento, os corpos-de-prova foram demarcados na região onde houve a incidência direta da luz e na região oposta. As leituras de dureza Knoop foram efetuadas com um penetrômetro (HMV – 2000, Shimadzu, Japan), sob carga de 50 gramas, por 30 segundos.

Cinco penetrações foram efetuadas na região de superfície, 1,5mm, 2,5mm, 4,0mm e fundo, totalizando 25 penetrações em cada corpo-de-prova. As medidas obtidas em micrometros foram convertidas em número de dureza Knoop, por meio do software do próprio penetrômetro.

RESULTADOS

Os resultados de dureza Knoop foram submetidos à análise da variância com esquema fatorial e os valores médios comparados pelo teste de Tukey (5%).

A Tabela 1 mostra a comparação das médias de dureza Knoop em cada profundidade, independente do compósito e do método de fotoativação. Verificou-se que a dureza na região superficial foi superior e diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das demais regiões. A seguir, vieram as regiões de 1,5mm, 2,5mm, 4mm e fundo, as quais diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si.

A Tabela 2 mostra os valores médios de dureza Knoop para cada método de fotoativação, independente do compósito e profundidade de polimerização. Verificou-se que os métodos de fotoativação por dupla intensidade de luz e por luz contínua não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), obtendo valores significativamente superiores aos encontrados para os métodos de luz pulsátil e arco de plasma de Xenônio ($p < 0,05$). A fotoativação por arco de plasma de Xenônio mostrou a menor média de dureza Knoop, diferindo estatisticamente em relação ao método pulsátil ($p < 0,05$).

A Tabela 3 mostra os valores médios de dureza Knoop para cada compósito, independente do método e profundidade de polimerização. Verificou-se que o compósito Z100 obteve a maior média de dureza Knoop e diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais compósitos. A seguir vieram os compósitos Alert, TPH, Solitaire e Wave, os quais diferiram entre si ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Valores médios de dureza Knoop em cada profundidade avaliada, independente do compósito e método de fotoativação.

Região	Média (KHN)		
Superfície	53,06	a	(1,41)
1,5 mm	46,30	b	(1,37)
2,5 mm	40,25	c	(1,43)
4,0 mm	30,20	d	(1,49)
Fundo	18,88	e	(1,63)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. () – Desvio Padrão da Média

Tabela 2 – Valores médios de dureza Knoop para cada método de fotoativação, independente do compósito e profundidade de polimerização.

Método de fotoativação	Média		
Dupla intensidade de luz	44,17	a	(1,52)
Luz contínua	42,98	a	(1,41)
Luz pulsátil	35,58	b	(1,28)
Arco de plasma de Xenônio	27,21	c	(2,06)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. () – Desvio Padrão da Média

Tabela 3 – Valores médios de dureza Knoop para cada compósito, independente do método e profundidade de polimerização.

Compósito	Média		
Z100	51,50	a	(1,86)
Alert	44,51	b	(2,13)
TPH	40,92	c	(1,56)
Solitaire	30,10	d	(1,60)
Wave	21,68	e	(1,20)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. () – Desvio Padrão da Média.

DISCUSSÃO

Neste estudo, quando se comparou as médias de dureza Knoop na região de superfície, 1,5mm, 2,5mm, 4,0mm e fundo, observou-se que houve um decréscimo estatisticamente significativo nesses valores com o aumento da profundidade, independente do compósito ou método de fotoativação utilizado (Tabela 1). A explicação para essa diminuição na dureza dos compósitos seria que quanto mais espessa for a camada do compósito, maior é a dificuldade da luz emitida pelo aparelho fotoativador chegar a essa região e ativar a reação de polimerização do compósito. Conseqüentemente, haverá menor grau de cura, diminuindo a dureza. Esses resultados estão de acordo com Correr Sobrinho², Onose et al.¹¹, Rueggeberg et al.¹³, Hansen & Asmussen⁶, Vicentini et al.¹⁷, De Lange et al.³ e Denyer et al.⁴ que verificaram que quanto mais espessa for a camada de compósito, menor será a dureza do compósito nas regiões mais profundas.

Na comparação da dureza Knoop dos cinco compósitos utilizados neste estudo (Tabela 3) verificou-se que o compósito Z100, seguido do Alert, obtiveram os mais altos valores de dureza Knoop. Após, seguiu o TPH, e na seqüência, Solitaire e Wave, o qual mostrou média inferior aos outros materiais. Os maiores valores para o Z100 e o Alert podem ser explicados pelo tipo e quantidade das partículas de carga encontradas nesses materiais. O Z100 possui como carga partículas de Zircônio-Sílica, de maior dureza que os vidros cerâmicos. Além disso, devido ao formato semi-esféricos dessas partículas, existe baixo cisalhamento entre elas. Assim, o fabricante consegue inserir maior quantidade de carga, conferindo alta dureza ao material. O Alert possui como carga predominante o vidro de Borossilicato de Alumínio e Bário, acrescido de cargas filamentosas de carbono. Isso talvez diferenciou o Alert do TPH que possui também o vidro de Borossilicato de Alumínio e Bário como carga, só que em menor quantidade. Já o Wave é um compósito com baixo conteúdo de carga, exibindo portanto, um alto escoamento no momento da utilização. Como a dureza do compósito está relacionada principalmente com a parte inorgânica (partículas de carga), já era de se esperar valores mais baixos para essa classe de material. A maior surpresa talvez tenha sido o compósito Solitaire apresentar valores tão baixos de dureza Knoop já que é consi-

derado um material com alto conteúdo de carga (90% em volume). Uma explicação para essa baixa dureza talvez seja o tipo de partícula que se encontra nesse material. Ela é denominada pelo fabricante como Polyglass e se constitui de partículas vítreas porosas, onde a matriz orgânica penetra parcialmente. Isso talvez confira ao material baixa resistência à penetração da ponta de diamante do durômetro, conferindo assim, baixos valores de dureza.

De acordo com a Tabela 2, pôde-se observar que os métodos de fotoativação por dupla intensidade de luz e por luz contínua mostraram médias de dureza Knoop superiores a polimerização por luz pulsátil e por arco de plasma de Xenônio, independente do tipo de compósito e profundidade de polimerização. Uma possível explicação para o fato do método de fotoativação por luz pulsátil ter mostrado resultados inferiores aos métodos por luz contínua e dupla intensidade de luz, seria o questionamento do método, juntamente com o aparelho fotoativador utilizado. O aparelho fotoativador para esses três métodos emitia a mesma intensidade de luz, sendo que no método pulsátil só foram feitas as modificações necessárias para a luz pulsar num ciclo de 3 segundos, sendo 2 segundos com a luz acesa e 1 segundo com a luz apagada. Dessa forma, quando a luz é ativada, deve-se considerar que esta não atinja imediatamente a intensidade máxima do aparelho (520 mW/cm²), permanecendo em um primeiro instante numa intensidade inferior, atingindo a intensidade citada logo após, mas insuficiente, pois o tempo em que o aparelho permanecerá nessa intensidade será curto, sendo que logo deixará de funcionar por 1 segundo, repetindo o ciclo. Assim, os corpos-de-prova polimerizados pelo método por luz pulsátil ficaram sujeitos à quantidade menor de exposição à luz, o que poderia causar diminuição da dureza, como foi verificado.

Os métodos de fotoativação por luz contínua e por dupla intensidade de luz não diferiram entre si, porque, apesar do método por dupla intensidade de luz ter inicialmente uma intensidade de luz baixa (150 mW/cm²), o tempo de exposição (30 segundos) à luz com alta intensidade (520 mW/cm²) foi suficiente para compensar a baixa taxa de polimerização inicial. Mehl et al.¹⁰ verificou a microdureza e a adaptação marginal de restaurações de

compósito utilizando o método de fotoativação por dupla intensidade, sendo a pré-polimerização em vários níveis de intensidade de luz. Eles verificaram que a pré-polimerização com uma redução de cerca de 50% de intensidade total seguida de uma polimerização em intensidade normal por pelo menos 20 segundos, não provocou diferenças significativas na microdureza e promoveu adaptação marginal mais satisfatória. Burgess et al.¹ e Koran & Kürschner⁸, também verificaram que a dureza superficial tende a permanecer constante quando os métodos de fotoativação por luz contínua e dupla intensidade de luz foram comparados.

As médias encontradas para a fotoativação por arco de plasma de Xenônio foram significativamente menores quando comparadas às médias dos outros três métodos, independente do tipo de compósito e profundidade de polimerização. A diminuição na dureza verificada pela utilização deste método pode estar relacionada ao tempo de exposição à luz. A exposição de três segundos, mesmo que à potência de 2300 mW/cm², revelou ser insuficiente para a polimerização de incrementos com mais de 2mm de espessura para a maioria dos compósitos utilizados. Na mensuração dos valores de dureza Knoop durante a parte experimental do estudo, foi encontrado para as regiões de superfície e 1,5 mm, valores próximos aos outros três métodos de fotoativação. No entanto, uma diminuição significativa na dureza Knoop foi verificada em regiões mais profundas. Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de Jain et al.⁷, Lim et al.⁹, Tonioli et al.¹⁵ e Peutzfeldt et al.¹².

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BURGESS, J. O. et al. Evaluation of four light-curing units comparing soft and hard curing. *Pract Periodontics Aesthet Dent*, v. 11, n. 1, p. 125-32, jan. / fev. 1999.
2. CORRER SOBRINHO, L. et al. Correlation between light intensity and exposure time on the hardness of composite resin. *J. Mater. Sci: Mater Med*, v.11, p.361-4, 2000.
3. DE LANGE, C.; BAUSCH, J. R.; DAVIDSON, C. L. The curing pattern of photo-initiated dental composites. *J Oral Rehabil*, v. 7, n. 5, p. 369-77, Sept. 1980.
4. DENYER, R.; SHAW, D. J. Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement. *J Dent Res*, v. 61, n. 1, p. 271, Jan. 1982. (Abstract 833).
5. FEILZER, A. J. et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci*, v. 103, n. 5, p. 322-6, Oct. 1995.

De um modo geral, com os resultados obtidos nesse estudo, pode-se verificar que o método de fotoativação por dupla intensidade de luz é uma opção ao método convencional por luz contínua no sentido de se tentar minimizar a contração de polimerização do material (conforme relatado na Literatura) sem afetar a dureza do material em várias profundidades. Pode-se especular ainda, que se fosse utilizado um aparelho com intensidade de luz maior do que 520 mW/cm² para o método pulsátil, e um tempo maior de exposição com o aparelho com luz emitida por arco de plasma de Xenônio, os valores de dureza Knoop poderiam ser equivalentes ao método por luz contínua ou por dupla intensidade de luz.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

* a dureza na região de superfície foi maior do que a dureza nas profundidades de 1,5mm, 2,5mm, 4,0mm e região de fundo, independentemente do tipo de compósito e do método de fotoativação;

* o método de fotoativação por luz contínua e por dupla intensidade de luz não diferiram entre si, porém foram superiores aos métodos de fotoativação por luz pulsátil e por arco de plasma de Xenônio, independentemente da profundidade e do tipo de compósito;

* o compósito Z100 obteve o mais alto valor de dureza, seguido pelos compósitos Alert, TPH, Solitaire e Wave.

6. HANSEN, E. K.; ASMUSSEN, E. Reliability of three dental radiometers. *Scand J Dent Res*, v. 101, n. 2, p. 115-9, Apr. 1993.
7. JAIN, P.; PERSHING, A.; STEWART, G. P. Depth of cure with high power and ramped curing lights. *J Dent Res*, v. 80, sp.iss., p. 134, Jan. 2001. (Abstract 791).
8. KORAN, P.; KÜRSCHNER, K. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *Am J Dent*, v. 11, n. 1, p. 17-22, Feb. 1998.
9. LIM, D. Y.; OWENS, B. M.; WELLS, R. S. Comparison of cure depths using different composite curing lights. *J Dent Res*, v. 80, sp.iss., p. 25, Jan. 2001. (Abstract 1734).
10. MEHL, A. et al. The influence of pre-curing on the material properties of composite resins. *J Dent Res*, v. 74, n. 3, p. 462, 1995. (Abstract 496).
11. ONOSE, H. et al. Selected curing characteristics of light activated composite resins. *Dent Mater*, v. 1, n. 1, p. 48-54, Feb. 1985.

12. PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; ASMUSSEN, E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. **Dent Mater**, v. 16, n. 5, p. 330-6, Sept. 2000.
13. RUEGGEBERG, F. A. et al. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Oper Dent**, v. 19, n. 1, p. 26-32, Jan. / Feb. 1994.
14. STANFORD, C. L. et al. Polymerization of composites by sequential and continuous irradiation with visible light. **Oper Dent**, v. 11, n. 2, p. 51-4, spring 1986.
15. TONIOLI, M. et al. Depths of cure with qth and plasma arc curing lights. **J Dent Res**, v. 80, sp.iss., p. 252, Jan. 2001. (Abstract 1735).
16. UNO, S.; ASMUSSEN, E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res**, v. 99, n. 5, p. 440-4, Oct. 1991.
17. VICENTINI, A. et al. Fotopolimerização das resinas compostas. Influência da intensidade de luz e do tempo de exposição no grau de dureza Knoop. **Rev Gaucha Odontol**, v. 44, n. 3, p. 146-8, maio / jun. 1997.

Recebido para publicação em 02/10/01

Aceito para publicação em 14/11/01