

INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE FOTOATIVAÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM COMPÓSITO RESTAURADOR.

Marques PSA¹, Diez JS¹, Silva-Concilio LR², Cunha LG², Neves AC², Rode SM²

¹ Universidade do Planalto Catarinense, Av. Castelo Branco, 170 – Bairro Universitário Cep 88509-900 - Lages- SC

² Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, Rua Expedicionário Ernesto Pereira, 110 - Taubaté – SP

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do método de fotoativação no grau de conversão (GC), tensão máxima de contração e taxa de geração de tensão. Para o teste de tensão, foi inserido uma camada de 1,25 mm de compósito entre dois dispositivos de vidro fixados a uma máquina de ensaios mecânicos. A taxa de geração de tensão foi calculada através da variação da tensão a cada segundo. GC foi mensurado por Espectroscopia por Infravermelho Transformada de Fourier. O Fator-C foi 2 para todos os testes. Quatro métodos de fotoativação foram avaliados: Luz Contínua (LC), *Soft-Start* (SS), *Pulse Delay 150* (PD150) e *Pulse Delay 80* (PD80). Os resultados foram submetidos à ANOVA e Teste de Tukey (5%). Os valores de tensão de contração variaram de 6,43 MPa (PD80) a 8,6 MPa (LC), sendo que PD80 apresentou resultado estatisticamente inferior quando comparado a LC e SS. PD80 apresentou a menor taxa de geração de tensão, seguido por PD150, SS e LC. Não foram observadas diferenças nos valores de grau de conversão. O método de fotoativação apresentou influência significativa na tensão de contração do compósito e na taxa de geração de tensão, sem comprometimento do grau de conversão do compósito.

Palavras-chave: Grau de Conversão, Compósito, Fotoativação

Área do Conhecimento: Odontologia

Introdução

Em uma situação clínica, a tensão gerada em restaurações adesivas é o resultado da contração inerente à reação de polimerização de compósitos restauradores. Fatores como a composição do material (Feilzer e Dauvillier, 2003), geometria da cavidade (Watts e Marouf, 2000), e o método de fotoativação (Cunha et al, 2007; Cunha et al, 2008) apresentam influência significativa na concentração e na taxa de geração de tensão durante a polimerização dos compósitos.

Tradicionalmente, a luz halógena de quartzo-tugtstênio (QTH) tem sido utilizada em modo contínuo para polimerização de compósitos restauradores. Entretanto, a exposição com este tipo de luz também pode ser realizada de diferentes maneiras. O método *soft-start* utiliza uma exposição luminosa inicial com baixa intensidade, seguido de uma segunda exposição, mais alta, que é tipicamente equivalente a utilizada no método contínuo. Este método tem sido relacionado a melhor integridade marginal de restaurações com compósitos *in vitro* (Feilzer et al, 1995).

Uma variação da polimerização *soft-start*, conhecida como técnica *pulse delay*, foi introduzida como uma tentativa de reduzir a tensão de contração dos compósitos dentais (Kanca e Suh, 1999). Isso é obtido com uma exposição luminosa inicial com intensidade reduzida, seguida por um período de espera de 3

a 5 minutos antes da exposição luminosa final (Asmussen e Peutzfeldt, 2001). Esse método de fotoativação tem sido associado a uma redução da incidência de fendas na margem cavosuperficial e na ocorrência de fratura ou deformações do substrato dental, aumentando conseqüentemente a integridade marginal (Suh et al, 1999; Sahafi, Peutzfeldt e Asmussen, 2001). Entretanto, não existe um protocolo padronizado para a utilização deste método de fotoativação. Trabalhos previamente realizados utilizaram valores de intensidade inicial que variaram de 60 a 425 mW/cm² (Lim et al, 2002; Luo et al, 2002).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de diferentes métodos de fotoativação sobre o grau de conversão, tensão de contração e taxa de geração de tensão desenvolvido por um compósito restaurador. A hipótese testada foi que a modulação do método de fotoativação produz redução significativa da tensão gerada, sem comprometimento do grau de conversão do compósito restaurador.

Metodologia

A unidade fotoativadora VIP (Bisco, Schaumburg, IL, USA) foi utilizada nesse experimento. Para a confecção dos corpos-de-prova fez-se uso do compósito restaurador Filtek Z250 (cor A2, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA). Os

métodos fotoativadores avaliados em todos os testes estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Métodos Fotoativadores avaliados

Método	Protocolo	Energia
Luz Contínua (LC)	30 s a 550 mW/cm ²	16 J/cm ²
Soft-Start (SS)	10 s a 150 mW/cm ² + 27 s a 550 mW/cm ²	16 J/cm ²
Pulse Delay 150 (PD150)	5 s a 150 mW/cm ² + 3 min + 28 s a 550 mW/cm ²	16 J/cm ²
Pulse Delay 80 (PD80)	5 s a 80 mW/cm ² + 3 min + 29 s a 550 mW/cm ²	16 J/cm ²

Para o teste de tensão de contração foram utilizados dispositivos de vidro com diâmetro de 5 mm, jateados, silanizados, e fixados a uma máquina de ensaios mecânicos. O compósito foi inserido em incremento único de 1,25 mm, entre os dispositivos já fixados. A taxa de geração de tensão foi calculada através da variação da tensão a cada segundo.

Para o teste de grau de conversão foram utilizadas cavidades de vidro com 4 mm de diâmetro e 1 mm de altura, jateadas e silanizadas. Após a aplicação e fotoativação de uma camada do agente adesivo (10 s a 550 mW/cm²), o compósito foi inserido em incremento único, sendo então realizada a fotoativação com um dos métodos avaliados. Após 24 horas de armazenamento, pequenos incrementos de compósito de cada corpo-de-prova foram submetidos ao teste de Espectroscopia por Infravermelho Transformada de Fourier, obtendo-se o percentual de conversão do compósito. Com este objetivo, fez-se uso do laser de Diodo, com número de scans igual a 8 cm⁻¹, sendo realizada três pontos de leitura por corpo-de-prova.

A relação entre o pico da cadeia C=C alifática (a 1637.3 cm⁻¹) e C=C aromática (a 1608.3 cm⁻¹) para a resina não-polimerizada e polimerizada foi utilizada para o cálculo do grau de conversão de acordo com a seguinte equação:

$$DC = 1 - \left[\frac{[(C=C \text{ arom})/(C=C \text{ aliph})] \text{ cured resin}}{[(C=C \text{ arom})/(C=C \text{ aliph})] \text{ uncured resin}} \right] \times 100$$

Sendo DC o grau de conversão, C=C aromática o comprimento de onda do pico do anel de benzeno e C=C alifática o comprimento de onda do pico da cadeia alifática para o compósito polimerizado e não-polimerizado.

O Fator-C foi 2,0 para todos os testes. Os resultados foram submetidos à ANOVA e Teste de Tukey (5%).

Resultados

Um aumento significativo na tensão de contração foi observado para todos os métodos de fotoativação imediatamente após o início da exposição luminosa. A taxa de geração de tensão nos primeiros 20 segundos de exposição está apresentada na Figura 1, e a tensão máxima gerada está apresentada na Tabela 2. O método PD80 (6,4 MPa) apresentou geração de tensão estatisticamente inferior aos métodos LC (8,6 MPa) e SS (8,5 MPa).

A taxa de geração de tensão foi dependente do método de fotoativação avaliado, sendo observada a seguinte ordem crescente: PD80, PD150, SS e LC. A taxa máxima de geração de tensão é apresentada na Tabela 2.

O grau de conversão do compósito restaurador variou de 53,6% (PD150) a 55,8% (SS). Não houve diferença estatística entre os métodos fotoativadores avaliados.

Tabela 2. Tensão máxima (MPa), taxa de geração de tensão (MPa/s) e grau de conversão (%) dos métodos fotoativadores avaliados.

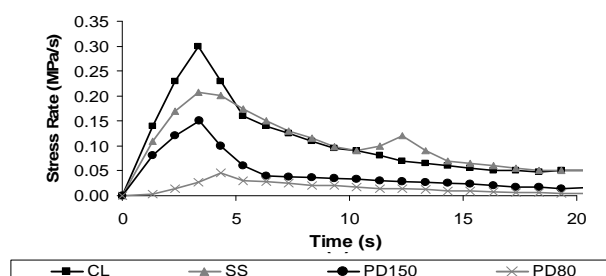
Método	Tensão	Taxa Tensão	DC
LC	8.6 (0.2) a	0.32	54.8 (0.9) a
SS	8.5 (0.3) a	0.21/0.19 *	55.8 (1.6) a
PD150	7.4 (0.4) ab	0.15/0.15 #	53.6 (0.8) a
PD80	6.4 (0.4) b	0.04/0.21 #	54.2 (1.1) a

* Taxa máxima de tensão nos dez primeiros segundos e taxa máxima de tensão ao final dos dez primeiros segundos

Taxa máxima de tensão nos cinco primeiros segundos e taxa máxima de tensão ao final dos três minutos de espera.

Valores médios seguidos por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si () - Desvio Padrão

Figura 1



Taxa de geração de tensão (MPa/s) nos primeiros 20 segundos para os métodos fotoativadores avaliados.

Discussão

Nesse estudo, os maiores valores de tensão foram apresentados pelo método LC, o que pode ser parcialmente explicado por sua respectiva taxa máxima de geração de tensão ser mais alta. Para este método, a reação deve ter ocorrido rapidamente, virtualmente eliminando a possibilidade de escoamento. Como consequência, a tensão é desenvolvida imediatamente após o início da exposição luminosa, e a maioria da conversão ocorre depois da matriz do polímero alcançar a um nível significativo de rigidez.

A tensão desenvolvida mostrou-se diretamente proporcional ao aumento da intensidade. Entretanto, a tensão máxima não foi estatisticamente diferente entre os métodos fotoativadores LC, SS e PD150, contrastando com a diferença significativa observada para os valores da taxa máxima de geração de tensão. Comparando os métodos SS e P150, estes apresentaram valores respectivamente 34 e 53% inferiores ao observado pelo método LC. É possível que, para SS e PD150, a intensidade inicial utilizada promoveu diminuição da taxa de polimerização, refletindo em uma diminuição da taxa de geração de tensão, modificando desse modo a geração e distribuição da tensão, como também observado por Hofmann et al. (2003). Dessa forma, embora não tenha sido observada diferença estatística nos valores de tensão máxima para os métodos LC, SS e PD150, o modo como ela é alcançada parece diferir entre eles.

Quando os parâmetros taxa de geração de tensão e intensidade de luz foram comparados, observou-se uma relação diretamente proporcional entre estes fatores. Dessa forma, o método utilizando a maior intensidade inicial (método LC) foi associado a maior taxa de geração de tensão, quando comparados com os métodos fotoativadores de intensidade de luz inicial reduzida, como PD80, que apresentou a menor taxa de geração de tensão neste estudo, cerca de 85% inferior a taxa máxima alcançada por LC.

Adicionalmente, PD80 foi o único método fotoativador no qual valores estatisticamente inferiores de tensão de contração foram observados quando comparado ao método LC. Entretanto, diferenças foram observadas para os métodos PD depois do segundo ciclo de exposição à luz. Para PD150, a taxa máxima de geração de tensão encontrada após o intervalo de 3 minutos foi 0,15 MPa/s, o mesmo valor encontrado durante a primeira exposição luminosa, mesmo utilizando a mesma intensidade que o método LC. Entretanto, o mesmo não foi observado para PD80, no qual o segundo ciclo de

exposição à luz produziu uma taxa de tensão máxima de 0,21 MPa/s, com aumento de 525% em relação à primeira exposição e quase 30% mais alto que a produzida pelo método PD150 no mesmo ciclo. Possivelmente, a intensidade reduzida (80 mW/cm^2) promoveu uma insuficiente fotodensidade para iniciar uma parte significativa da reação. Dessa forma, para esse método, uma parte significativa da reação só aconteceu após a segunda exposição luminosa, promovendo conseqüentemente aumento significativo da taxa de geração de tensão.

A taxa de tensão depende da irradiação e não depende da energia luminosa total (Sakaguchi, Wiltbank, Murchison, 2004). A taxa de tensão calculada no presente estudo foi instantânea, o que permitiu determinar que a taxa máxima de geração de tensão ocorreu logo no início da fotoativação, para todos os métodos em estudo. A maior taxa de tensão foi observada para o método LC (0,32 MPa/s), alcançada a 3,3 segundos. SS e PD150 apresentaram valores intermediários, respectivamente 0,21 e 0,15 MPa/s, alcançados em 3,3 segundos para ambos os métodos. A menor taxa foi relacionada ao método PD80 (0,04 MPa/s), alcançado após 4,3 segundos. Dessa forma, quanto menor a intensidade de luz, menor será a taxa de geração de tensão, sendo o contrario também verdade.

Deve-se ressaltar, entretanto, que a redução da tensão de contração por mudanças na taxa de polimerização tem limitações. Alguns estudos (Asmussen e Peutzfeldt, 2003; Moon et al, 2004) concluíram que a modulação no método de fotoativação pode levar a formação de uma rede polimérica mais linear, com menor resistência a degradação em solventes orgânicos. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para avaliar este fato, para a certificação de qual é a real influência de métodos de fotoativação modulados na formação da rede de polímeros.

Os métodos avaliados apresentaram resultados de grau de conversão similares entre si. Tais resultados podem ser explicados pelo fato de todos os métodos terem utilizado a mesma energia total (16 J/cm^2). A ausência de diferenças estatísticas entre os métodos avaliados confirma os achados de estudos previamente realizados (Sakaguchi, Wiltbank, Murchison, 2004; Halvorson, Erickson e Davidson, 2002), nos quais equivalência estatística foi observada para as combinações de tempo e intensidade luminosa. Conseqüentemente, as vantagens dos métodos modulados, quando comparadas a LC, tal como a geração mais baixa de tensão para PD80 e a redução da taxa máxima de geração de tensão para SS, PD150 e PD80, foram alcançadas sem redução do grau de conversão.

Conclusão

A hipótese testada que a modulação do método de fotoativação determina uma redução significativa da tensão de contração foi parcialmente validada pelos resultados. Embora não tenha sido observado diferença estatística quanto a tensão máxima entre os métodos CL, SS e PD150, foi observado para os métodos modulados SS, PD150 e PD80 uma redução significativa da taxa de geração de tensão, sem efeito adverso sobre o grau de conversão do compósito restaurador.

Referências

1. Asmussen E, Peutzfeldt A. Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer. *Dental Materials* 2003; **19**:466-70.
2. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. *Journal of Dentistry*. 2007; **35**:318-24
3. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Contraction stress and physical properties development of a resin-based composite irradiated using modulated curing methods at two C-factor levels. *Dental Materials* 2008; **24**:392-8.
4. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization contraction and integrity of restoration-cavity interface. *European Journal of Oral Sciences* 1995; **103**:322-6.
5. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dental Materials* 2002; **18**:463-9.
6. Hofmann N, Denner W, Hugo B, Klaiber B. The influence of plasma arc vs. halogen standard or soft-start irradiation on polymerization contraction kinetics of polymer matrix composites. *Journal of Dentistry* 2003; **31**:383-93.
7. Kanca J, Suh BI. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *American Journal of Dentistry* 1999; **12**:107-12.
8. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dental Materials* 2002; **18**:436-44.
9. Luo Y, Lo EC, Wei SH, Tay FR. Comparison of pulse activation vs conventional light-curing on marginal adaptation of a compomer conditioned using a total-etch or a self-etch technique. *Dental Materials* 2002; **18**:36-48.
10. Moon HJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effects of various light curing methods on the leachability of uncured substances and hardness of a composite resin. *Journal of Oral Rehabilitation* 2004; **31**:258-64.
11. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Effect of pulse delay curing on in vitro wall-to-wall contraction of composite in dentin cavity preparations. *American Journal of Dentistry* 2001; **14**:295-6.
12. Sakaguchi RL, Wiltbank BD, Murchison CF. Contraction stress rate of polymer composites is linearly correlated with irradiance. *Dental Materials* 2004; **20**:402-7.
15. Suh BI, Feng L, Wang Y, Cripe C, Cincione F, Rjik W. The effect of pulse-delay cure technique on residual strain in composites. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1999; **20**:4-12.