

Avaliação da tensão de contração durante a polimerização de uma resina em função da área aderida

Evaluation of shrinkage stress during polymerization of a resin related to the adhesion area

Mariana Rodrigues Gonzales
Mestranda em Dentística pela FO/Uerj

Paula Mara Fernandes
Cirurgiã-dentista

Alexandre Vicente Garcia Suarez
Mestre em Dentística

Hélio Rodrigues Sampaio Filho
Professor Doutor em Dentística da FO/Uerj

RESUMO

Este artigo tem como objetivo avaliar as tensões de contração de um compósito geradas pela polimerização em função da área aderida. Cilindros de vidro com 2 mm de diâmetro (G1) ou com 4 mm (G2) foram posicionados nas porções inferior e superior da máquina de testes. A distância dos cilindros de G1 era 2 mm e de G2 1 mm. Em cada grupo, a resina (Fill-Magic - Vigodent) foi inserida e fotoativada entre os cilindros e a tensão medida por 15 minutos ($n = 5$). Os dados foram analisados pelo teste t-Student ($p < 0,05$). A maior área de adesão gerou menor tensão de contração para o material testado.

Palavras-chave: resina composta; tensão de contração; fotopolimerização.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the shrinkage stress generated during polymerization of a composite resin related to the adhesion area. Cylinders of glass with 2 mm in diameter (G1) or 4 mm (G2) were positioned on the upper and lower portions of the testing machine. The distance from the cylinders was 2 mm in G1 and 1 mm in G2. In each group, the resin (Fill-Magic - Vigodent) was inserted and photopolymerized between the cylinders and the stress was measured for 15 minutes ($n = 5$). Data were analyzed by Student t test ($p < 0,05$).

The largest area of adhesion generated lower shrinkage stress to the tested material.

Keywords: resin composite; shrinkage stress; photopolymerization

Introdução

A Dentística Estética é uma tendência atual da Odontologia que vem se tornando cada vez mais evidente. Por isso, materiais restauradores diretos como os compósitos têm ganhado mais destaque. Desde o advento da técnica adesiva proposta por Buonocore, aliada à evolução dos materiais restauradores, essa área vem experimentando um desenvolvimento tão grande que os compósitos atuais conseguem aliar cada vez mais a resistência desejada com a estética requerida. Contudo, apesar de toda essa evolução dos compósitos resinosos, problemas provenientes de sua composição ou técnica continuam limitando seu uso e indicação. Dentre eles podemos citar a contração de polimerização que é causada pela composição intrínseca das resinas e, embora seja minimizada através de técnicas específicas, continua sendo um inconveniente ao uso das mesmas (3).

Durante a polimerização ocorre a conversão de moléculas de monômeros que se unem formando uma rede de polímeros. Conforme a rede vai se formando, as moléculas vão se aproximando para que ocorram novas ligações. Essa aproximação das moléculas provoca uma contração volumétrica (15).

Como consequências dessa contração podem ocorrer fendas marginais, pigmentações, microinfiltração, cárie secundária, sensibilidade pós-operatória, além de provocar tensões na interface dente restauração. Essas tensões por sua vez podem causar microfaturas na estrutura dentária, falhas na interface adesiva e movimentação de cúspides, dependendo de sua intensidade (6).

A tensão de contração é proporcional à contração volumétrica e ao módulo de elasticidade dos compósitos (6, 8). No estágio inicial da polimerização, conhecido como fase pré-gel, a contração é máxima, mas, devido ao ainda baixo módulo de elasticidade do material, este é capaz de fluir compensando a redução de volume e liberando parte da tensão. Após determinado ponto, conhecido como ponto gel, o módulo de elasticidade do material aumenta consideravelmente, não sendo este mais capaz de fluir, contudo a contração é reduzida, pois a maioria dos monômeros já foi convertida (9).

Outro componente que interfere na tensão de contração é o fator de configuração cavitária (8). O fator C é a razão entre a área das superfícies aderidas sobre a área das superfícies livres. O fator C deve ser o menor possível para que o material seja capaz de fluir durante a polimerização, amenizando a competição entre as tensões de contração e a resistência adesiva dente-resina (4).

O conteúdo de carga, composição da matriz resinosa e o grau de conversão monomérica também influenciam na tensão (2, 11). Na tentativa de minimizar esse efeito, várias técnicas foram propostas, tais como: a técnica incremental (14), o prolongamento da fase pré-gel dos compósitos por meio de diferentes formas de polimerização (10), a associação com materiais de baixo módulo de elasticidade (17), entre outras.

Embora esse assunto tenha sido bastante estudado ao longo dos anos, muitas dúvidas persistem. Vários métodos têm sido desenvolvidos para medir as tensões provenientes da contração dos compósitos, contudo segundo Sakaguchi esse tipo de estudo ainda apresenta inúmeras dificuldades.

O objetivo do estudo foi avaliar as tensões de contração de um compósito micro-híbrido geradas desde o início da fotoativação por até 15 minutos em função da área aderida.

Material e Método

Vinte cilindros de vidro com 15 mm de altura foram utilizados para o estudo. Destes, dez apresentavam 2 mm de diâmetro (G1) e os outros 4 mm (G2). Uma das superfícies livres dos cilindros foi polida com lixa d'água de granulação 500 na politriz metalográfica (Arotec APL 4). Estas superfícies foram então condicionadas com ácido fluorídrico a 5% por 1 min, lavadas com água corrente pelo mesmo tempo e secas com jatos de ar. Em seguida, a silanização foi realizada por 20 segundos com agente de ligação (Silano/ Dentsply). Foram aplicadas duas camadas do sistema adesivo Prime&Bond (Dentsply). Após a primeira camada esperou-se 20 segundos antes da aplicação de um leve jato de ar e, então, a segunda camada foi aplicada por também 20 segundos, sendo em seguida fotoativada durante 20 segundos. O aparelho utilizado foi o Optilux 500 (Gnatus) com potência mínima de 500mW/cm².

Dois cilindros de mesmas dimensões eram acoplados na máquina de ensaios (EMIC MC DL 500) para a realização do teste, de forma que as superfícies livres que receberam preparo ficassem voltadas uma para a outra. O cilindro inferior era fixado em uma porta amostra e o outro em um mandril na parte superior (haste) da máquina. A distância dos cilindros de G1 era de 2 mm, enquanto de G2 era de 1 mm. Dessa forma, a área aderida dos incrementos era variável (2 ou 4 mm), enquanto o volume era constante ($v = \pi dh$). Para a realização do ensaio foi utilizada uma célula de carga de 5kgf (Figura 1).

O teste foi realizado em um ambiente iluminado apenas por luz âmbar. Em cada grupo, incrementos únicos da resina micro-híbrida Fill-magic (Vigodent), pesados em uma balança de alta precisão (0,02 g), foram inseridos e fotoativados por 40 segundos entre os cilindros a uma distância de 2 mm. Foram realizadas cinco repetições para cada grupo (n = 5). A potência do aparelho foi avaliada após cada ativação por meio de um radiômetro. A tensão proveniente da contração foi medida por até 15 minutos após o início da fotopolimerização. Os dados foram analisados pelo teste t-Student ($p < 0,05$).

Resultados

Os valores máximos de tensão de cada corpo de prova, registrados em MPa, durante 15 minutos, desde o início da fotoativação, estão demonstrados na tabela I.

Tabela I. Valores máximos de tensão registrados desde o início da fotoativação por até 15 minutos

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Grupo 1	3,70	4,38	3,44	2,23	2,59
Grupo 2	1,99	1,64	1,66	1,63	2,27

Esses valores foram então submetidos ao teste t-Student, sendo $p < 0,05$, como mostra a tabela II.

Tabela II. Análise estatística das médias de tensão de G1 e G2 através do teste t-Student

Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Dispersão
1	5	3,268	0,8646	0,3866
2	5	1,838	0,2846	0,1273

Por meio da análise estatística observou-se que G2 demonstrou valor médio de tensão significativamente menor que G1 ($p = 0,008$).

Discussão

Existem diversos métodos descritos na literatura para aferir tensão de contração (1, 3, 12, 16), porém o método utilizado no presente estudo já foi realizado inúmeras vezes, tendo bastante confiabilidade. Apesar disso, alguns autores (12,18) evidenciam a importância da manutenção dos cilindros, nos quais os incrementos de resina são colocados, na mesma posição durante todo o teste, pois, mesmo mínimas movimentações causariam o relaxamento de tensões, indicando valores falsos de tensão de contração. Neste estudo, a fim de assegurar que os cilindros não se movimentassem durante a realização dos testes, a altura inicial dos cilindros (2 mm para G1 e 1 mm para G2) foi configurada como a altura limite, impedindo que forças de tensão de contração fossem capazes de movimentá-los para baixo. A não movimentação dos cilindros pôde ser garantida por meio da utilização de um extensômetro interno presente na máquina de testes com precisão de 0.01 mm.

Alguns estudos relacionam o grau de conversão monomérica com a contração de polimerização em compósitos (1, 7, 13). Nas resinas fotoativadas, a reação ocorre rapidamente e reduz significativamente o tempo que esse material tem para "fluir" e liberar parte da tensão de contração antes de atingir o grau de rigidez em que isso não seria mais possível (1). Os resultados encontrados nesse estudo podem sugerir que o grau de conversão de G2 seja bem menor que o de G1, já que a espessura atravessada pela luz em G2 é o dobro do que em G1. Logo, G2 teria uma maior quantidade de monômeros livres e, portanto, uma menor tensão de contração. Embora esta hipótese seja coerente, um estudo piloto foi realizado utilizando dois foto-



polimerizadores posicionados em lados opostos dos espécimes e, mesmo assim, a diferença entre os grupos foi observada.

As curvas de tensão de contração/tempo obtidas são semelhantes a diversos estudos (1, 5). Inicialmente, observa-se um rápido aumento da tensão seguido de um relaxamento. Após o término da fotoativação, ocorre novamente um aumento da tensão até estabilizar o valor gradativamente. Porém, as curvas obtidas em G2 demonstram uma maior tendência à uniformidade, pois a tensão aumenta mais gradativamente que G1 até se estabilizar, não havendo sobressaltos durante o período avaliado (900 segundos).

WITZEL *et al.* (18) realizaram um estudo no qual a tensão de contração de incrementos resinosos com diferentes tamanhos de área aderida e altura foram testados. Em geral os valores de tensão de contração eram maiores com o aumento do diâmetro e a diminuição da altura, diferentemente do resultado encontrado no presente estudo. No entanto, no grupo de espécimes de 4 mm de altura, ao se dobrar o diâmetro de 2 mm para 4, houve uma diminuição da tensão de contração aferida, semelhante ao que ocorreu no G2 deste estudo. Contudo, os autores não mantiveram o mesmo volume entre os grupos. WITZEL *et al.* (18) atribuem este resultado a relativamente alta complacência dos cilindros de vidro de menor diâmetro que parecem compensar as dimensões dos espécimes, embora isto não tenha sido observado no cilindro de 2 mm com diferentes alturas.

Em outro estudo (12), foi medida a tensão de contração de espécimes com a mesma área aderida (5.66 mm) e diferentes alturas (0.5, 1, 2). Quanto maior era a altura do espécime, maior era a tensão aferida. Porém, conforme a altura aumentou, a tensão de contração diminuiu por unidade de espessura (mm). No presente estudo a menor altura também resultou em menores valores de tensão, contudo a relação entre maior altura e diminuição da tensão de contração por unidade de espessura não foi observada, já que o volume se manteve constante.

Vários trabalhos (1, 2, 5, 7) mostram que diversos fatores, tais como: composição da matriz, quantidade de carga, grau de conversão, módulo de elasticidade, fator-C, entre outros, influenciam na contração e, conseqüentemente, na tensão de contração dos compósitos. No presente estudo foi possível observar que a extensão da área aderida também é capaz de modular essa força. Portanto, pode-se afirmar que, embora este seja um assunto vastamente estudado, ainda existem questões que precisam ser esclarecidas.

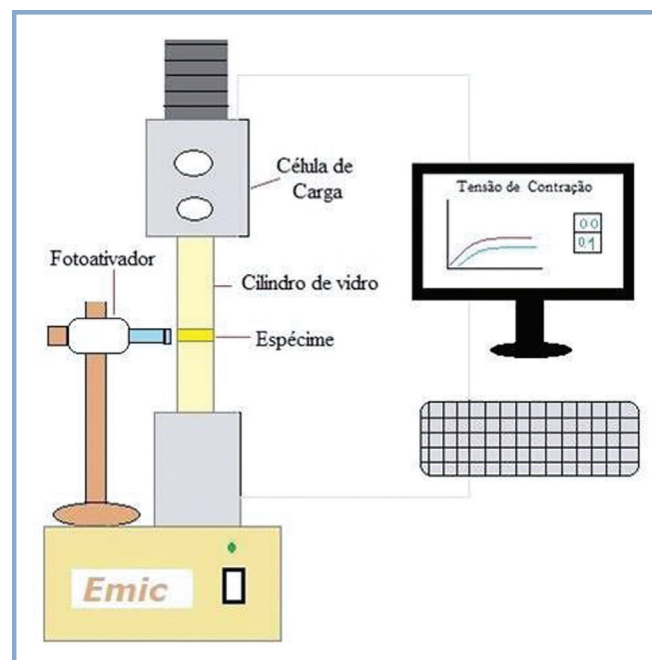


Figura 1. Esquema demonstrando máquina de testes montada para o ensaio de tensão de contração

Conclusão

A extensão da área aderida influenciou de forma significativa a tensão de contração do material testado para um mesmo volume, de forma que quanto maior a área aderida, menor a tensão de contração.

Referências Bibliográficas

1. BRAGA, R. R., BALLESTER, R. Y., FERRACANE, J. L. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review. *Dental Materials*. 2005; 21 (10): 962-70.
2. BRAGA, R. R., FERRACANE J. L. Contraction stress related to degree of conversion and reaction kinetics. *J. Dent. Res.* 2002; 81 (2): 114-8.
3. BOARO, L. C. C., GONÇALVES, F., GUIMARÃES, T. C. *et al.* Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dental Materials*. 2010; 26 (12): 1144-50.
4. CARVALHO, R. M., PEREIRA, J. C., YOSHIYAMA, M. *et al.* A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper. Dent.* 1996; 21 (1): 17-24.
5. CHARTON, C., COLON, P., PLA, F. Shrinkage stress in light-cured composite resins: Influence of material and photoactivation mode. *Dental Materials*. 2007; 23 (8): 911-20.
6. DAVIDSON, C. L., de GEE, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J. Dent. Res.* 1984; 63 (2): 146-8.
7. DEWAELE, M., TRUFFIER-BOUTRY, D., DEVAUX, J. *et al.* Volume contraction in photocured dental resins: The shrinkage-conversion relationship revisited. *Dental Materials*. 2006; 22 (4): 359-65.
8. FEILZER, A. J., de GEE, A. J., DAVIDSON, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J. Dent. Res.* 1987; 66 (11): 1636-9.
9. FEILZER, A. J., de GEE, A. J., DAVIDSON, C. L. Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dental Materials*. 1993; 9 (1): 2-5.
10. KANCA, J., SUH, B. I. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am. J. Dent.* 1999; 12 (3): 107-12.
11. LABELLA, R., LAMBRECHTS, P., VAN MEERBEEK, B. *et al.* Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dental Materials*. 1999; 15 (2): 128-37.
12. LEE, S. H., CHANG, J., FERRACANE, J. *et al.* Influence of instrument compliance and specimen thickness on the polymerization shrinkage stress measurement of light-cured composites. *Dental Materials*. 2007; 23 (9): 1093-1100.
13. LIM, B. S., FERRACANE, J. L., SAKAGUCHI, R. L. *et al.* Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dental Materials*. 2002; 18 (6): 436-44.
14. LUTZ, E., KREJCI, I., OLDENBURG, T. R. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int.* 1986; 17 (12): 777-84.
15. RUEGGEBERG, F., TAMARESELVY, K. Resin cure determination by polymerization shrinkage. *Dental Materials*. 1995; 11 (4): 265-8.
16. SAKAGUCHI, R. L. A review of the curing mechanics of composites and their significance in dental applications. *Compend. Contin. Educ. Dent. Suppl.* 1999; 20 (25): 16-23.
17. UNTERBRINK, G. L., LIEBENBERG, W. H. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int.* 1999; 30 (4): 249-57.
18. WITZEL, M. F., BALLESTER R. Y., MEIRA J. B. C. *et al.* Composite shrinkage stress as a function of specimen dimensions and compliance of the testing system. *Dental Materials*. 2007; 23 (2): 204-10.

Recebido em: 12/07/2011 / Aprovado em: 01/12/2011

Mariana Rodrigues Gonzalez

Rua Ribeiro Guimarães, 150/1004, Vila Isabel

Rio de Janeiro/RJ, Brasil - CEP: 20511-070

E-mail: mari9gonz@hotmail.com