

Resistência flexural e rugosidade superficial de quatro resinas compostas

Flexural strength and surface roughness of four composite resins

Tiago Aurélio Donassollo*

Paula Benetti**

Flávio Fernando Demarco***

Álvaro Della Bona****

Resumo

Este estudo comparou a resistência à flexão e a rugosidade superficial de quatro resinas compostas (MF- Master Fill®; CT- Concept®; FM- Fill Magic®; Filtek Z250®), testando a hipótese de que esses compósitos apresentam propriedades similares. Vinte corpos-de-prova de cada material foram confeccionados conforme as instruções do fabricante e as normas da ISO 4049, sendo 10 CP em forma de barras (24 x 2 x 2 mm) para os testes de resistência flexural em 3 - pontos (σ) e 10 CP em forma de discos (7 x 2 mm), para a avaliação da rugosidade superficial média (Ra). A σ dos CP foi testada em máquina de ensaio universal (EMIC-2000®) com velocidade de 1 mm/min. A Ra foi avaliada em rugosímetro (Surfcoder SE1200®). Os resultados de σ e de Ra foram submetidos à análise estatística (Anova e Tukey). Os valores médios e desvio-padrão de σ (MPa) e Ra (μm) foram, respectivamente: Z250 - $119,9 \pm 14,9$ e $0,138 \pm 0,042$; MF - $80,4 \pm 13,7$ e $0,296 \pm 0,096$; CT - $80,3 \pm 9,4$ e $0,212 \pm 0,043$; FM - $97,3 \pm 19,3$ e $0,229 \pm 0,057$. A média de σ do Z250 foi mais elevada do que os demais grupos ($p < 0,05$), que não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. Com relação à Ra, a Z250 também apresentou resultados significativamente melhores que os demais grupos, seguida pela CT e FM, que não apresentaram diferenças entre si, e da MF, que apresentou a maior média de Ra. Pode-se concluir que o compósito microíbrido Z250 produziu resultados de σ e Ra estatisticamente melhores que os demais materiais testados.

Palavras-chave: Resina composta. Resistência flexural. Rugosidade superficial.

Introdução

As constantes mudanças na composição orgânica e inorgânica dos materiais buscam relacionar propriedades mecânicas de resistência que favoreçam a longevidade de restaurações, com excelentes características estéticas^{1,2}. As resinas compostas são os materiais que mais sofreram modificações e aperfeiçoamento^{1,3}. A literatura mostra que as propriedades físicas e mecânicas do compósito, como a lisura superficial e a resistência à fratura, são fortemente influenciadas pelo tamanho e volume de carga incorporada na matriz orgânica⁴⁻⁶. Um tamanho pequeno de partículas de carga é necessário para a obtenção de uma superfície lisa, porém está relacionado à baixa resistência à flexão, tração e cisalhamento de compósitos⁶.

Uma melhora das propriedades mecânicas dos compósitos tem sido obtida pelo desenvolvimento de compósitos com grande incorporação de carga na matriz orgânica. Assim, os compósitos microíbridos (tamanho de carga entre 0,04 e 0,4 μm) proporcionam um alto grau de polimento das superfícies, contribuindo para boa aparência estética, e estão presentes na matriz orgânica em grande volume, a fim de aumentar a resistência do material⁶.

A resistência é a tensão máxima necessária para causar fratura ou a deformação plástica de um material. Diferentes métodos podem ser utilizados para avaliar a resistência dos materiais, entretanto o mais comum é o ensaio de resistência à flexão, o qual, geralmente, é um indicativo das propriedades mecânicas dos materiais^{7,8}.

* Aluno do curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, área de concentração em Dentística, da Universidade Federal de Pelotas.

** Aluna do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, área de concentração em Dentística, da Universidade Federal de Pelotas.

*** Professor do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de Federal de Pelotas.

**** Professor Titular de Prótese e Oclusão da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

As propriedades mecânicas e rugosidade superficial dos materiais, as forças neuromusculares, a presença de agentes lubrificantes e os hábitos pessoais influenciam na capacidade de resistência ao desgaste de um material⁹.

Em áreas de contato oclusal, a rugosidade superficial dos compósitos deve ser menor ou igual à do esmalte para prover capacidade de resistência ao desgaste ao material e não prejudicar os tecidos dentários em contato¹⁰. Além disso, a superfície das restaurações com resinas compostas deve ser lisa o suficiente para mimetizar a estrutura dental remanescente e dificultar a fixação de placa bacteriana e a incorporação de pigmentos¹¹. O acúmulo de placa bacteriana não somente torna as estruturas periodontais e dentárias suscetíveis à ocorrência de lesões como possibilita a diminuição da dureza, da resistência à abrasão e da estabilidade estrutural dos compósitos por meio da solubilização de polímeros da matriz orgânica por seus subprodutos: o ácido acético, o propiônico e o lático^{11,12}.

O objetivo do presente estudo é avaliar a resistência à flexão e a rugosidade superficial de quatro marcas comerciais de compósitos microíbridos: Filtek Z 250® (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), Concept® (Vigodent, Rio de Janeiro - RJ, Brasil), Fill Magic® (Vigodent, Rio de Janeiro - RJ, Brasil) e Master Fill® (Biodinâmica, Ibirapuã - PR, Brasil). Testa-se a hipótese nula de que essas resinas compostas apresentam propriedades similares, uma vez que apresentam características estruturais semelhantes.

Materiais e método

Foram confeccionados oitenta corpos-de-prova (CP) de resina composta de formato em acordo com o teste aplicado e seguindo as instruções do fabricante e as normas da ISO 4049¹³. Os materiais estudados estão descritos na Tabela 1 e são compósitos microíbridos que combinam partículas de vidro de tamanho médio de 0,04 a 0,7 µm e partículas de sílica de 0,04 µm.

Tabela 1 - Composição das resinas utilizadas no estudo, de acordo com os fabricantes

| Nome comercial (fabricante) | % carga (volume) | % carga (peso) | Composição orgânica | Composição inorgânica |
|---|------------------|----------------|--|--|
| Filtek Z250® (3M-Espe, St. Paul, MN, EUA) | 60 | 82 | UDMA, Bis-EMA and Bis-GMA | Partículas de zircônia e sílica (0,6 µm) |
| Concept® (Vigodent, Rio de Janeiro - RJ, Brasil) | - | 77,5 | BisGMA, UDMA, éster do ácido metacrílico | Silicato de bário e alumínio (0,4µm) |
| Fill Magic® (Vigodent, Rio de Janeiro - RJ, Brasil) | - | 80,0 | BisGMA, UDMA, TEGMA | Vidro de bário (0,5 µm) |
| Master Fill® (Biodinâmica, Ibirapuã - PR, Brasil) | 79 | * | * | (entre 0,04 e 2,2 µm) |

* Não foi informado pelo fabricante.

Resistência flexural em três pontos (σ)

Foram confeccionados dez corpos-de-prova de cada resina composta estudada. Para isso, foi utilizada uma moldeira de dimensões internas de $24 \pm 0,1$ mm de comprimento, $2 \pm 0,1$ mm de altura e $2 \pm 0,1$ mm de largura. Uma tira de poliéster (K-Dent®, Quimidrol, Joinville - SC, Brasil) foi posicionada sob a moldeira antes da inserção da RC em incremento único. A textura superficial dos CP foi padronizada com a colocação de tiras de poliéster sobre a superfície superior da moldeira antes da fotoativação. O fotopolimerizador utilizado foi o XL 2500® (3M – ESPE, St. Paul, MN, EUA), com 450 mW/cm² de intensidade de energia, constantemente monitorado por um radiômetro (modelo 100®, Demetron Research Corporação, Danbury, CT, EUA), conforme recomendação da ISO 4049¹³. A superfície superior do CP foi fotoativada por 40s em cada um dos três locais do CP: centro, extremidade direita (sobrepondo a superfície anteriormente irradiada) e extremidade esquerda (da mesma forma), conforme recomendação da ISO 4049¹³. O procedimento de irradiação foi repetido na superfície inferior do CP. Em seguida, os CP foram armazenados em água destilada, a 37 °C, por sete dias.

O teste de resistência flexural (σ) por três pontos foi realizado em uma máquina de ensaio universal (EMIC-2000®, EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., São José dos Pinhais - PR, Brasil), utilizando célula de carga de 500 N e com velocidade média de 1 mm/min, até a fratura do CP.

Os valores de σ foram calculados pela fórmula:

$$\sigma = 3PL / 2wb^2$$

onde, “P” é a carga aplicada no momento da fratura (N); “L” é a distância entre os dois pontos de suporte (mm); “w” é a largura (mm) e “b” é a espessura do corpo-de-prova (mm).

Rugosidade superficial (Ra)

Foram confeccionados dez corpos-de-prova de cada resina composta estudada, em forma de disco, com auxílio de uma moldeira com dimensões internas de 7 mm de diâmetro e espessura de 2 mm. Na superfície inferior e na superior da moldeira foram adaptadas tiras de poliéster para proporcionar o mesmo padrão de lisura superficial. A RC foi inserida na moldeira em incremento único e fotoativada por 40s. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C durante sete dias.

A rugosidade superficial média (Ra) foi obtida por uma média de três leituras com posicionamento a 0°, 120° e 240° do CP, utilizando-se o rugosímetro Surfcopter SE1200® (Kosaka Laboratory Ltda, Tokyo, Japão) com velocidade de 0,5 mm/s e comprimento de amostragem (*cutoff*) de 0,25 mm.

Análise estatística

Os resultados de σ e de Ra foram submetidos à análise estatística (Anova e Tukey) com nível de significância de 95%.

Resultados

Os valores médios e desvio-padrão da resistência à flexão (MPa) e da rugosidade superficial (μm) para os diferentes compósitos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios, desvio-padrão e grupos estatísticos de resistência flexural e rugosidade superficial

| Compósitos | Resistência flexural (MPa) | Análise Estatística* | Rugosidade superficial (μm) | Análise Estatística* |
|--------------|----------------------------|----------------------|--|----------------------|
| Filtek Z250® | 119,9 ($\pm 14,9$) | a | 0,138 ($\pm 0,042$) | A |
| Concept® | 80,3 ($\pm 9,4$) | b | 0,212 ($\pm 0,043$) | B |
| Fill Magic® | 97,3 ($\pm 19,3$) | b | 0,229 ($\pm 0,057$) | B |
| Master Fill® | 80,4 ($\pm 13,7$) | b | 0,296 ($\pm 0,096$) | C |

* Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

O compósito Filtek Z250® teve maior média de σ , 119,9 ($\pm 14,9$) MPa que os outros materiais testados ($p \leq 0,05$). Os valores de σ dos demais materiais estudados não foram estatisticamente diferentes.

O Filtek Z250® teve menor valor de Ra, 0,138 ($\pm 0,042$) μm . Os compósitos Concept® e Fill Magic® não apresentaram diferença entre si na rugosidade superficial média. O compósito Master Fill® apresentou o maior valor de Ra, 0,296 ($\pm 0,096$) μm .

Discussão

A diferença nas características da matriz inorgânica, principalmente no tamanho e volume de partículas de carga, pode justificar a variação dos valores de rugosidade média superficial (Ra) e resistência à flexão (σ) entre diferentes compósitos. Assim, o aumento do volume das partículas de carga é diretamente proporcional à resistência dos materiais⁵.

Compósitos como os utilizados neste estudo, com Ra entre 0,11 e 0,34 e porcentagem de partículas de carga entre 49,8 e 70,0 foram classificados por Willems et al.⁵ (1992) como *ultrafine midway-filled composites*. Esses compósitos permitem um bom polimento da superfície e apresentam propriedades mecânicas que sugerem seu uso em restaurações em dentes anteriores, classes III, IV e V.

Estudos mostram que a rugosidade superficial média acima de 0,7 μm pode facilitar a agregação de células bacterianas, resultando em injúria aos tecidos periodontais e facilitação da desmineralização do tecido dentário e da degradação da matriz orgânica da restauração¹⁴⁻¹⁶. Os compósitos estudados tiveram valores de Ra entre 0,138 e 0,296; portanto, a superfície não favoreceria, teoricamente, a agregação bacteriana na superfície do material restaurador.

Porém, o estudo tem algumas limitações como, por exemplo, o afloramento da matriz orgânica, para a superfície em contato com a matriz de poliéster. Então, em todos os espécimes houve uma camada superficial composta, em sua maioria, por matriz orgânica, o que pode produzir menores valores médios de rugosidade superficial que a do interior do CP. Porém, isso não tem grande influência nos resultados encontrados nos ensaios de resistência à flexão.

No ensaio de flexão, o ponto de aplicação da carga, representado pela superfície superior do corpo-de-prova, é colocado num estado de compressão (deformação compressiva), ao passo que a superfície inferior encontra-se em tração (deformação de tração)^{6,17,18}. A resistência flexural de um compósito tem, geralmente, correlação com outras propriedades mecânicas e indica a capacidade de um material em resistir às forças verticais de grande magnitude¹⁷.

Entre os diversos testes para determinar as propriedades de diferentes materiais odontológicos, o ensaio de flexão por três pontos é preconizado por diversos trabalhos por ser um método confiável e de relativa simplicidade na preparação dos espécimes^{7,8,17}; por essa razão, foi escolhido para ser empregado no presente estudo.

Os melhores valores de σ do Filtek Z250® podem ser explicados pelo fato de a matriz orgânica ser formada por uretanodimetacrilato (UEDMA) e uretano modificado (Bis-EMA), além de um dimetacrilato (Bis-GMA), que reduz a formação de defeitos intrínsecos do material pela diminuição da contração de polimerização¹⁹. Além disso, o volume de carga inorgânica (60,0%) no compósito Filtek Z250® promove alta resistência às forças axiais.

O conhecimento sobre o aspecto da superfície dos materiais restauradores, indicada pelos valores de Ra, e sobre a capacidade de resistência à fratura, sugerida pelos valores de σ , é importante para a seleção de materiais para uso clínico. Assim, os resultados deste estudo mostram que o compósito Filtek Z250® apresentou maior resistência à flexão e melhor lisura superficial, podendo ser empregado com maior eficiência clínica em restaurações de dentes anteriores e posteriores do que os outros compósitos testados. Contudo, estudos clínicos longitudinais com aplicação desses compósitos devem ser realizados a fim de verificar a correlação do desempenho clínico e longevidade com os resultados obtidos neste estudo *in vitro*.

Conclusão

O compósito microíbrido Z250® produziu valores médios de σ e Ra estatisticamente melhores que os demais materiais testados, rejeitando a hipótese nula inicial. Para relacionar os dados obtidos neste estudo com o desempenho durante a função sob as condições do meio bucal, faz-se necessário um estudo clínico longitudinal.

Abstract

This study compared the flexural strength and the surface roughness of four composite resins (MF- Master FillTM; CT- ConceptTM, FM- Fill MagicTM and Filtek Z250TM), testing the null hypothesis that these materials have similar properties. Twenty specimens of each material were obtained according to the manufacturer's instructions and the ISO 4049. Ten specimens (stick shaped - 24x2x2 mm³) were submitted to the three-point bending test (σ) and ten specimens (disc shaped - 7 mm x 2 mm) were submitted to a surface roughness evaluation, and the mean roughness (Ra) was recorded. The stick specimens were loaded to fracture in a universal testing machine (EMIC 2000TM) with crosshead speed of 1 mm/min. The Ra was evaluated using a profilometer (Surfcoder SE 1200TM). Data were statistically analyzed, using ANOVA and Turkey test. The mean and standard deviations values of σ (MPa) and Ra (μm) were respectively: Z250 - $119,9 \pm 14,9$ and $0,138 \pm 0,042$; MF - $80,4 \pm 13,7$ and $0,296 \pm 0,096$; CT - $80,3 \pm 9,4$ and $0,212 \pm 0,043$; FM - $97,3 \pm 19,3$ and $0,229 \pm 0,057$. Z250 showed the greatest mean σ of all groups ($p < 0,05$), which were not statistically different between each other. In relation to Ra, Z250 also showed the best results, followed by CT and FM, that didn't show differences between them, and MF that showed the greatest mean Ra value. The micro-hybrid composite Z250 produced mean σ and Ra values statistically better than the other materials tested.

Key words: Composite resin. Flexural strength. Surface roughness.

Referências

1. Bowen RL. Properties of silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc 1963; 66:57-64.
2. Pollack BF, Blitzer MH. The advantages of visible light curing resins. N Y St Dent J 1982; 48(4):228-30.
3. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do dental composites always shrink toward the light? J Dent Res 1998; 77(6): 1435-45.
4. Bassiouny MA, Grant AA. A visible light-cured composite restorative: clinical open assessment. Br Dent J 1978; 145(11):327-30.
5. 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; 8:310-9.
6. Anusavice KJ. Phillips Materiais dentários. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A.; 1998.
7. Ritter JE. Predicting lifetimes of materials and material structures. Dent Mater 1995; 11(2):142-6.
8. Della Bona A, Anusavice KJ, Dehoff PH. Weibull analysis and flexural strength of hot-pressed core and veneered ceramic structures. Dent Mater 2003; 19(7):663-9.
9. Suese K, Kawazoe T. Wear resistance of hybrid composite resin for crow material by the two-body sliding test. Dent Mater J 2002; 21(3):225-37.
10. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. The surface roughness of enamel-to-enamel contact areas compared with the intrinsic roughness of dental resin composites. J Dent Res 1991; 70:1299-305.
11. Anaute Netto C. Estudo *in vitro* da rugosidade superficial e do perfil proximal de amálgamas condensados contra matrizes de aço inoxidável reutilizadas. Rev Odontol Univ São Paulo 1997; 11(3):173-80.
12. Lee SY, Huang HM, Lin CY, Shih YH. Leached components from dental composites in oral simulating fluids and the resultant composite strengths. J of Dent Rehab 1998; 25:575-88.
13. International Organization for Standardization. ISO 4049: Dentistry – Polymer-based filling, restorative and luting materials. Geneva: The organization, 3. ed. 2000.
14. Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J Am Dent Assoc 1975; 91(1):101-6.
15. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynem M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention. A review of literature. Dental Materials 1997; 13(4):258-9.
16. Rego MRM, Kitahara FMF, Santiago LC. Acrylic resin: relation between surface treatment and bacterial adhesion. Brazilian Dental Science 2005; 8(3):93-8.
17. Callister WD. Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução. Rio de Janeiro: LTC; 2000.
18. Palin WM, Fleming GIP, Burke T, Marquis PM, Randall RC. The reliability in flexural strength testing of novel dental composite. J of Dentistry 2003; 31:549-57.
19. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dent Mater 1998; 14:51-6.

Endereço para correspondência

Álvaro Della Bona
Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo
Campus I, B. São José, BR 285, Km 171
99001-970 - Passo Fundo - RS - Brazil
E-mail: dbona@upf.br

Recebido: 15.06.2007 Aceito: 17.09.2007