

Resistência à flexão de resinas de metacrilato de metila e bisacrilato de metila submetidas à termociclagem

Flexural strength of methacrylate and bis-acrylate based resins submitted to thermo cycling

Ataís BACCHI^a, Luís Felipe SCHNEIDER^b, Fabiano MALAFAIA^c, Marcelo GARBOSSA^b

^aFaculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil

^bDepartamento de Odontologia, UVA – Universidade Veiga de Almeida, 20271-021 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

^cFaculdade de Odontologia, UGF – Universidade Gama Filho, 20740-900 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Resumo

Objetivo: Verificar a resistência à flexão de quatro resinas utilizadas para a confecção de restaurações temporárias submetidas à termociclagem. **Método:** Foram utilizadas as resinas da marcas Luxatemp e Structur 2, à base de bisacrilato de metila, e as resinas das marcas Duralay e Alike, à base de metacrilato de metila. Vinte espécimes de cada material foram confeccionados e divididos em dois grupos, para serem submetidos às seguintes condições: (I) - 24 horas de armazenagem em saliva artificial, e (II) - 24 horas de armazenagem em saliva artificial seguida de termociclagem (2000 ciclos, 5 °C-55 °C). Cada amostra foi levada ao teste de resistência à flexão em uma Máquina de Ensaio Universal (EMIC DL 10000) e os dados obtidos foram analisados pelo teste ANOVA (dois fatores) e, em seguida, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). **Resultado:** As resinas de bisacrilato apresentaram resultados superiores de resistência à flexão após ambos os tempos de armazenagem, não diferindo estatisticamente entre si após 24 horas ($p = 0,3594$). A resina Luxatemp apresentou os maiores valores de resistência à flexão após a termociclagem, sendo estatisticamente superior às demais. A termociclagem alterou as propriedades mecânicas de todas as resinas, diminuindo a sua resistência à flexão ($p = 0,001$). **Conclusão:** As resinas de bisacrilato apresentam maior resistência à flexão do que as resinas de metacrilato para os fatores estudados. Todos os materiais utilizados neste estudo tiveram sua resistência reduzida pela ciclagem térmica.

Descritores: Polimetil metacrilato; prótese parcial temporária; prótese dentária.

Abstract

Purpose: This study aimed to evaluate the flexural strength of four resins used for temporary prosthesis after thermo cycling. **Method:** Luxatemp and Structur 2, bis-acryl based resins and, Duralay and Alike, methacrylate based resins, were used. Twenty specimens of each material were confectioned and divided in two groups. The specimens were submitted to the follow conditions: Group I - 24 hours of storage in artificial saliva and, Group II - 24 hours of storage in artificial saliva followed by thermo cycling (2000 cycles, 5 °C-55 °C). Each specimen was carried to flexural strength test in an Universal Testing Machine (EMIC DL 10000) and the results were statistically verified with ANOVA two-way followed by the Tukey test ($p < 0.05$). **Result:** The flexural strength of bis-acryl based resins was statistically superior to methacrylate based materials after both times of storage; however, they did not differ among themselves after 24 hours ($p = 0,3594$). The Luxatemp resin presented the higher flexural strength values after thermo cycling, being statistically superior to the others. The thermo cycling process influenced the flexural strength of all the materials evaluated, decreasing their flexural strength ($p = 0,001$). **Conclusion:** The bis-acryl resins present superior flexural strength than the methacrylate ones. All materials evaluated have its flexural strength influenced by the thermo cycling process.

Descriptors: Polymethyl methacrylate; denture partial temporary; dental prosthesis.

INTRODUÇÃO

As restaurações temporárias fazem parte de uma etapa importante do tratamento reabilitador protético e são necessárias para promover proteção pulpar, estabilidade oclusal, função mastigatória e uma estética agradável. São utilizadas ainda como auxiliares no diagnóstico e no planejamento frente à necessidade de restabelecimento do plano oclusal, alteração na dimensão vertical de oclusão e alterações do contorno gengival, bem como utilizadas para definir o tamanho, o formato ou a cor da restauração final¹⁻³. As restaurações provisórias são empregadas também durante o processo de remissão de inflamação gengival e lesões periapicais, previamente à confecção das restaurações definitivas. Estas restaurações devem manter sua função e sua integridade por um tempo prolongado no meio bucal e, em virtude de sua importância clínica, torna-se necessário que os materiais utilizados possuam adequadas propriedades mecânicas^{3,4}.

As resinas à base de metacrilato de metila são os materiais usados em maior escala para a confecção de restaurações temporárias. Entretanto, frente a restaurações extensas, abrangendo três ou mais elementos dentários, em que seu uso faz-se necessário por um período prolongado, a resistência e a estabilidade das mesmas parecem não suprir perfeitamente as necessidades clínicas^{5,6}. A alta incidência de fraturas e a necessidade constante de reparos das próteses temporárias em resina acrílica têm impulsionado a pesquisa para o desenvolvimento de materiais com propriedades mecânicas superiores, como uma maior resistência à fratura⁷.

As resinas à base de bisacrilato de metila estão, de forma mais recente, ocupando o mercado. Sua apresentação comercial é moderna, com sistemas automisturadores que facilitam sua manipulação pelo profissional. Possibilitam a confecção de restaurações provisórias com boa estética e elevado brilho. A baixa contração de polimerização e a pequena variação térmica no meio bucal também constituem excelentes vantagens deste material^{8,9}. Outro aspecto das resinas à base de bisacrilato de metila é a presença de carga em sua composição, fornecendo às mesmas características de materiais compósitos, o que tende a aprimorar suas propriedades mecânicas¹⁰. Entretanto, resinas de um mesmo grupo apresentam variações das propriedades em função do material, da quantidade, da geometria e do tamanho

das partículas de carga, bem como em função das propriedades da matriz polimérica¹¹.

As próteses parciais fixas são submetidas a várias cargas funcionais no meio bucal. Para determinar se um material utilizado como restaurador provisório é resistente o suficiente para suportar tais cargas, sua resistência flexural deve ser avaliada. O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à flexão de quatro resinas (duas à base de bisacrilato de metila e duas à base de metacrilato de metila) utilizadas para confecção de restaurações provisórias.

MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados para este estudo, bem como a sua composição, estão representados na Tabela 1. Para avaliação das propriedades mecânicas, foram confeccionados 20 espécimes de cada material, totalizando 80 em todo o experimento. Todas as resinas foram manipuladas de acordo com as instruções do fabricante.

Os espécimes foram confeccionados em formato retangular, medindo 25 × 2 × 2 mm, segundo a especificação n.º 27 da Associação Dental Americana (ADA)¹². Para isso, foi utilizada uma matriz metálica composta por duas partes: uma base e três placas removíveis. Nas placas removíveis, foram usinados nichos com as dimensões e os formatos necessários para a elaboração dos espécimes. A base e as placas metálicas eram encaixadas e fixadas por parafusos lateralmente.

A placa de aço removível foi isolada com gel lubrificante hidrossolúvel (Ky, Johnson & Johnson, São José dos Campos-SP, Brasil) e ajustada à sua respectiva base, também isolada. Posteriormente, as resinas Duralay e Alike foram proporcionadas e manipuladas de acordo com as instruções do fabricante, e inseridas à matriz metálica com auxílio de uma espátula 24 (Duflex, Rio de Janeiro-RJ, Brasil) e seringas descartáveis de 10 mL. As resinas Luxatemp e Structur 2 foram inseridas com o dispensador que acompanha o produto. Sobre a matriz metálica, foi colocada uma placa de vidro (MFR, Rio de Janeiro-RJ, Brasil) e, sobre o conjunto, uma massa de 1,5 kg para padronizar a eliminação do excesso de resina disposta ao molde.

O armazenamento das amostras foi realizado em saliva artificial mantida à temperatura de 37 °C. Após 24 horas, dez

Tabela 1. Descrição dos materiais utilizados no estudo

| Nome do produto | Tipo de resina | Composição | Fabricante |
|------------------|----------------|---|--|
| Duralay | Metacrilato | Copolímero de metacrilato plastificável, Monômero de metilmetacrilato, Parafina, Óleo mineral | Reliance Dental MFG Company, Illinois, EUA |
| Luxatemp Automix | Bisacrilato | Bis-GMA, metacrilatos multifuncionais e partículas de vidro | DMG, Hamburgo, Alemanha |
| Structur 2 | Bisacrilato | Bis-GMA, BHT, aminas, peróxido de benzoíla, dimetacrilatos, partículas de vidro | VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha |
| Alike | Metacrilato | Polímero de metacrilato, N,N, dimetil-p-toluideno, Monômero de metacrilato | GC Corporation, Tóquio, Japão |

amostras de cada grupo foram levadas ao teste de resistência à flexão e as dez amostras restantes foram submetidas à termociclagem por 2000 ciclos entre as temperaturas de 5 °C e 55 °C, com um tempo de permanência de seis segundos em cada tanque de água.

O ensaio mecânico para avaliação da resistência à flexão foi realizado por meio de um teste de carga de três pontos. Os testes foram executados em uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 10000), também seguindo os parâmetros estabelecidos pela norma da ADA, especificação n.º 27.¹² Os espécimes foram colocados sobre dois suportes metálicos, com distância de 10 mm entre eles. O teste foi executado com o auxílio de célula de carga de 10 kN e velocidade do cabeçote constante de 0,75 mm/min. As amostras foram submetidas à carga compressiva até a fratura. A resistência flexural foi obtida em Newtons e calculada em Megapascal (MPa) por meio da seguinte fórmula^{13,14}:

$$S = 3PI/2bd^2 \quad (1)$$

Em que:

- S = Resistência flexural;
- P = carga de fratura;
- I = distância entre os suportes;
- b = largura do espécime; e
- d = espessura do espécime.

As medidas de cada amostra foram aferidas previamente ao ensaio de flexão.

Os dados foram submetidos ao teste ANOVA dois fatores (material e condição de armazenamento) e ao teste Tukey com 5% de significância.

RESULTADO

Todas as resinas analisadas nos tempos experimentais apresentaram diferenças estatísticas significantes entre as condições de armazenamento ($p = 0,001$), evidenciando redução da resistência à flexão.

Quando se observou o comportamento intergrupos dos materiais estudados, após 24 horas, constatou-se que as resinas à base de bisacrilato apresentaram valores médios de resistência à flexão superiores aos evidenciados pelas resinas à base de metacrilato. As resinas à base de metacrilato apresentaram valores estatisticamente diferentes entre si ($p = 0,0001$), com a resina Alike apresentando valor inferior ao da resina Duralay; esta, por sua vez, apresentou valor menor que os das resinas à base de bisacrilato ($p = 0,0001$). As resinas Luxatemp e Structur 2 não apresentaram diferença estatística entre si ($p = 0,3594$).

Após a termociclagem, a resina Alike apresentou menor resistência à flexão que a Duralay ($p = 0,0001$). A resistência à

flexão da resina Duralay também diferiu da das resinas Luxatemp ($p = 0,0001$) e Structur 2 ($p = 0,0001$), sendo menos resistente que estas. As resinas de bisacrilato apresentaram diferença estatística entre si ($p = 0,0002$), sendo a resina Luxatemp a que apresentou maior valor de resistência à flexão. Todos os resultados estão representados na Tabela 2.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram, em ambos os tempos de avaliação, que as resinas à base de bisacrilato são mais resistentes do que as resinas à base de metacrilato frente aos testes de resistência à flexão, o que está de acordo com estudos prévios^{7,14-17}. Esta diferença tem sido atribuída à composição dos seus monômeros constituintes, visto que resinas à base de bisacrilato contêm monômeros à base de dimetacrilatos (Bis-GMA ou TEGDMA), que aumentam a sua resistência em razão da capacidade de formarem ligações cruzadas com outros monômeros^{7,14}, bem como pela presença de partículas de carga em sua composição, que levam a um aumento da sua resistência^{14,18}. Diversamente, as resinas à base de metacrilato possuem baixo peso molecular e são formadas por moléculas lineares que exibem menor rigidez e resistência. Vale ressaltar ainda que, se as resinas à base de metacrilato não forem polimerizadas sob pressão, poderão incorporar bolhas de ar em seu interior que irão diminuir a resistência da restauração provisória,^{7,14} enquanto que as resinas à base de bisacrilato são comercializáveis em sistemas de bisnagas que possibilitam uma mistura mais homogênea do material^{7,19}.

As propriedades mecânicas das resinas acrílicas podem variar, dependendo da sua composição. Além disso, sabe-se que a concentração do iniciador peróxido de benzoíla e do agente ativador dimetil p-toluidina, presentes, respectivamente, no polímero e no monômero, interferem de maneira significativa nas propriedades mecânicas do material. Desta forma, resinas acrílicas com quantidades diferentes destes componentes, possivelmente, apresentam comportamento variado, o que pode explicar a diferença encontrada para as resinas à base de metacrilato neste estudo, em que a resina Duralay apresentou resistência à flexão significativamente superior à resina Alike, em ambos os tempos avaliados¹⁴.

Estas mesmas observações são válidas para resinas à base de bisacrilato, nas quais algumas modificações na composição dos materiais podem ser observadas entre diferentes fabricantes. Estas diferenças incluem a presença de diferentes sistemas de monômeros, que podem contar com cadeias de ligação mais ou menos rígidas. Estas cadeias mais flexíveis são capazes de

Tabela 2. Resultado dos testes mecânicos (MPa) e desvio padrão

| Tempo de avaliação | ALIKE | DURALAY | LUXATEMP | STRUCTUR 2 |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Após 24 horas | 82,0 (3,1) ^{aA} | 88,6 (2,1) ^{bA} | 113,5 (2,1) ^{cA} | 112,6 (1,6) ^{cA} |
| Após termociclagem | 73,2 (1,9) ^{aB} | 81,9 (1,8) ^{bB} | 104,9 (2,2) ^{dB} | 100,9 (2,8) ^{cB} |

Letras minúsculas (linhas) e letras maiúsculas (colunas) distintas entre si diferem no nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

permitir um equilíbrio entre uma alta resistência mecânica e uma elasticidade limitada do material, formando assim um material capaz de suportar tensões elevadas até a fratura e também capaz de tolerar uma breve deformação. A quantidade de partículas de carga inorgânica de cada material é controlada segundo o fabricante e também possui uma influência direta sobre a sua resistência⁷. Estas considerações podem explicar a diferença significativa encontrada entre as duas resinas utilizadas neste estudo após termociclagem.

Neste estudo, a ciclagem térmica foi o fator utilizado para avaliar parcialmente a degradação dos materiais de forma semelhante ao que acontece no envolvimento bucal e todas as resinas avaliadas demonstraram ter sua resistência à flexão influenciada significativamente por este processo. Dois mil ciclos foram aplicados, número este que representa, aproximadamente, dois meses da restauração provisória em função²⁰. Não existe, porém, um consenso na literatura com relação ao número de ciclos que deve ser utilizado na termociclagem de materiais. A variação de temperatura entre 5 ± 1 °C e 55 ± 1 °C é baseada no conhecimento de que ela é representativa da variação térmica que ocorre durante a ingestão dos alimentos em uma refeição²¹. Outros fatores, porém, podem interferir nas propriedades dos materiais em meio bucal. Assim, avaliações complementares, como o desempenho dos materiais frente a soluções que promovam pigmentação ou degradação do material frente a alterações

de pH, causadas por diferentes alimentos e bebidas, bem como a interação entre estes fatores, tornam-se importantes¹⁴.

O desempenho de materiais geralmente é avaliado por meio de testes laboratoriais. O teste de resistência à flexão consiste em uma combinação de forças de tração e compressão. Este tipo de avaliação é considerado um dos mais expressivos para evidenciar o potencial de falha clínica dos materiais resinosos²². Em situações de estresse, uma alta resistência à flexão é necessária para que as restaurações provisórias suportem as cargas mastigatórias sem que ocorra fratura,^{23,24} principalmente quando o paciente deve usar a restauração provisória por um longo período de tempo, quando exibe hábitos parafuncionais ou quando uma prótese extensa é planejada⁷. Entretanto, para a escolha de um material com a melhor aplicação clínica, a resistência é apenas uma das propriedades a ser considerada. Demais características do material, como uma baixa capacidade de pigmentação, facilidade de manipulação, passividade de polimento e baixa degradação química, entre outras, também devem ser ponderadas.

CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, pode-se concluir que as resinas à base de bisacrilato são mais resistentes à flexão do que as resinas à base de metacrilato. Todos os materiais utilizados neste estudo tiveram sua resistência reduzida pela ciclagem térmica.

REFERÊNCIAS

1. Ha JY, Kim SH, Kim KH, Kwon TY. Influence of the volumes of bis-acryl and poly(methyl methacrylate) resins on their exothermic behavior during polymerization. *Dent Mater J*. 2011; 30:336-42. PMID:21597212. <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2010-188>
2. Patras M, Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations deficiencies: a literature review. *J Esthet Rest Dent*. 2011; 24(1):26-38. PMID:22296692. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00467.x>
3. Yap AUJ, Mah MKS, Lye CPW, Loh PL. Influence of dietary simulating solvents on the hardness of provisional restorative materials. *Dent Mater*. 2004; 20:370-6. PMID:15019452. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2003.06.001>
4. Rutkunas V, Sabaliauskas V, Mizutani H. Effects of different food colorants and polishing techniques on color stability of provisional esthetic materials. *Dent Mater J*. 2010; 29:167-76. PMID:20379027. <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2009-075>
5. Koumjian JH, Nimmo A. Evaluation of fracture resistance of resins used for provisional restorations. *J Prosthet Dent*. 1990; 64: 654-7. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90290-S](http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913(90)90290-S)
6. Galindo D, Soltys JL, Graser GN. Long term reinforced fixed provisional restorations. *J Prosthet Dent*. 1998; 79: 698-701. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70078-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70078-2)
7. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent*. 2002; 87: 225-8. PMID:11854681. <http://dx.doi.org/10.1067/mpr.2002.121406>
8. Manak E, Arora A. A comparative evaluation of temperature changes in the pulpal chamber during direct fabrication of provisional restorations: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2011; 11:149-55. PMID:22942574 PMID:3175240. <http://dx.doi.org/10.1007/s13191-011-0073-x>
9. Small BW. Provisional restorations for veneers. *Gen Dent*. 2008; 56: 608-10. PMID:19014018.
10. Knobloch LA, Kerby RE, Pulido T, Johnston WM. Relative fracture toughness of bis-acryl interim resin materials. *J Prosthet Dent*. 2011; 106:118-25. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60106-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60106-6)
11. Jo LJ, Shenoy KK, Shetty S. Flexural strength and hardness of resin for interim fixed partial dentures. *Indian J Dent Res*. 2011; 22(1):71-6. PMID:21525681. <http://dx.doi.org/10.4103/0970-9290.79992>
12. ANSI/ADA Specification No. 27: Direct filling resins. American National Standards Institute, American Dental Association. Revised 1993.
13. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's restorative dental materials. 12th ed. St Louis: Mosby Elsevier; 2006.
14. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. *J Prosthodont*. 2009; 18: 507-11. PMID:19689710. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00473.x>

15. Kamble VD, Parkhedkar RD, Mowade TK. The effect of different fiber reinforcements on flexural strength of provisional restorative resins: an in-vitro study. *J Adv Prosthodont*. 2012; 4:1-6. PMID:22439093 PMCID:3303914. <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2012.4.1.1>
16. Lang R, Rosentritt M, Behr M, Hendel G. Fracture resistance of PMMA and resin matrix composite-based interim FPD materials. *Int J Prosthodont*. 2003;16:381-4. PMID:12956492.
17. Ireland MF, Dixon DL, Breeding LC, Ramp MH. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. *J Prosthet Dent*. 1998; 80: 158-62. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70104-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70104-0)
18. Rosentritt M, Behr M, Lang R, Handel G. Flexural properties of prosthetic provisional polymers. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2004;12:75-9. PMID:15244011.
19. Young HM, Smith CT, Morton D. Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2001;85:129-32. PMID:11208201. <http://dx.doi.org/10.1067/mpr.2001.112797>
20. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999; 27: 89-99. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712\(98\)00037-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712(98)00037-2)
21. Pinto JRR, Mesquita MF, Henriques GEP, Nóbilo MAA. Evaluation of varying amounts of thermal cycling on bond strength and permanent deformation of two resilient denture liners. *J Prosthet Dent*. 2004; 92: 288-93. PMID:15343166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.06.005>
22. Ban S, Anusavice KL. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J Dent Res*. 1990, 69: 1791-9. PMID:2250083. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345900690120201>
23. Yap AUJ, Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. *J Oral Rehabil*. 2003; 30: 171-7. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01004.x>
24. Oliveira AG, Panzeri H. Resistência à flexão e à fadiga da resina acrílica quimicamente ativada acrescida de fibras híbridas. *Biosci J*. 2004; 20: 103-12.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Ataís Bacchi

Departamento de Prótese e Periodontia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Av. Limeira, 901, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil
e-mail: atais_bacchi@yahoo.com.br

Recebido: 06/08/2012

Aprovado: 17/10/2012