

Resistência à flexão e microdureza da resina acrílica quimicamente ativada submetida à tratamento por energia de micro-ondas

Flexural strength and microhardness of a chemically activated acrylic resin after microwave energy treatment

Lucas Hian da SILVA¹

Rubens Nisie TANGO²

Estevão Tomomitsu KIMPARA²

Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni SAAVEDRA²

Tarcisio José de Arruda PAES JUNIOR²

RESUMO

Objetivo

Avaliar o efeito do tratamento por energia de micro-ondas sobre as propriedades de resistência à flexão e microdureza da resina acrílica de ativação química Dencrilay Speed® (Dencril, Pirassununga, Brasil).

Métodos

Foram confeccionados 24 corpos-de-prova separados em quatro grupos de acordo com o ciclo de tratamento por energia de micro-ondas. O G1 (controle) não recebeu tratamento algum. Os grupos G2, G3 e G4 foram imersos em 200ml de água destilada e irradiados em micro-ondas a 650W durante 5, 3 e 1 minuto, respectivamente. Cada grupo (n=6) foi submetido ao ensaio de resistência à flexão de três pontos e ao teste de microdureza Vickers (após 48 horas de armazenamento).

Resultados

Os valores médios (Mpa) e desvios-padrão para o teste de resistência à flexão foram: G1 $86,04 \pm 10,32$ a; G2 $100,1 \pm 5,52$ ab; G3 $102,04 \pm 5,41$ b; G4 $104,81 \pm 14,17$ b. Os valores médios encontrados em microdureza (VHN) foram: G1- $21,98 \pm 0,82$ a; G2- $20,15 \pm 1,24$ b; G3- $19,69 \pm 0,91$ b; G4- $19,44 \pm 0,41$ b.

Conclusão

O tratamento por energia de micro-ondas elevou a resistência à flexão e reduziu a microdureza da resina acrílica avaliada.

Termos de indexação: Micro-ondas. Prótese total. Resinas acrílicas.

ABSTRACT

Objective

This study assessed the effectiveness of microwave energy treatment on the flexural resistance and microhardness of the chemically-activated acrylic resin Dencrilay Speed®.

Methods

Twenty-four specimens were prepared and divided into 4 groups according to microwave-energy treatment cycle. G1 (control) did not receive any treatment. The specimens in groups G2, G3 and G4 were immersed in 200mL of distilled water and then microwaved in a 650W oven for 5, 3 and 1 minutes, respectively. Each group (n=6) was submitted to a three-point flexural strength test and to a Vickers hardness test after a 48-hour storage.

Results

The mean values (MPa) and standard deviations for the flexural strength test were: G1 86.04 ± 10.32 a; G2 100.1 ± 5.52 ab; G3 $102, 04 \pm 5.41$ b; G4 104.81 ± 14.17 b. The mean values found for the hardness test (VHN) were: G1- 21.98 ± 0.82 a; G2- 20.15 ± 1.24 b; G3- $19,69 \pm 0.91$ b; G4- 19.44 ± 0.41 b.

Conclusion

Microwave treatment increased the flexural strength and reduced the microhardness of chemically-activated acrylic resins.

Indexing terms: Microwave. Acrylic resin. Denture complete.

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia, Campus São José dos Campos. Av. Engenheiro Francisco José Longo, 777, Jardim São Dimas, 12245-000, São José dos Campos, SP, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: LH SILVA. E-mail: <cdhian@gmail.com>.

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese. São José dos Campos, SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

A resina acrílica tem sido amplamente utilizada na Odontologia em confecções de aparelhos ortodônticos, bases para próteses totais e parciais removíveis, e em restaurações provisórias¹⁻². A ativação deste material promove a conversão de monômero (MMA) em polímero (PMMA). Tal conversão nunca se dá por completo, resultando em uma quantidade de monômero residual que pode afetar diretamente a integridade estrutural, resistência à flexão, dureza e biocompatibilidade da resina acrílica^{1,3-4}. Esta característica é observada notadamente em resinas acrílicas de ativação química, na qual o agente ativador, usualmente uma amina terciária, não propicia um desencadeamento tão efetivo da polimerização quanto à observada nas resinas de ativação térmica. Estes aspectos são de relevante importância, pois estão diretamente relacionados com a resistência do material diante de ocorrências como fraturas por queda ou fadiga, problemas que, por vezes, são de difícil solução³. Os ciclos de polimerização das resinas acrílicas que empregam a energia de micro-ondas na ativação do material tem aplicação consagrada pela literatura mostrando sua efetividade também quanto a desinfecção e esterilização de peças protéticas⁵⁻⁸. Quanto a suas propriedades mecânicas, outros estudos mostram incremento destas pela atuação da energia de micro-ondas^{6,9} o que tem relacionamento direto com a quantidade de monômero residual^{1,3,7-8}. No sentido de conciliar as propostas da literatura de realização de ciclos de tratamento da resina previamente polimerizada que visam a desinfecção do material, com a possibilidade de incremento em suas propriedades quando da realização deste tratamento, surgiu a intenção de se avaliar o resultado do tratamento por energia de micro-ondas sobre as propriedades mecânicas de uma resina acrílica de ativação química quanto a sua resistência à flexão e microdureza.

MÉTODOS

Com a utilização de matrizes metálicas com dimensões de 67 x 12,6 x 2,55mm foram preparadas 8 muflas metálicas (Muflas Bethil número 6 - Bethil, Marília, Brasil) dispondo-se 3 matrizes em cada mufla, com espaçamento de 10mm entre cada matriz. A inclusão foi feita com gesso pedra tipo III (Polident®, Polidental Ind. e Com. Ltda, Cotia, Brasil) nas proporções especificadas pelo

fabricante. Posicionadas as matrizes metálicas aguardou-se a presa final do gesso, cerca de 30 minutos para então ser aplicado uma camada de isolante para resina acrílica (Cel-lac, SS White, Rio de Janeiro, Brasil). Após a secagem do isolante foi utilizado um silicone laboratorial de polimerização por condensação (VIPI-SIL, Dental Vipi Ltda., Pirassununga, Brasil) contornando as matrizes para facilitar a remoção destas, posteriormente. Depois deste procedimento, o gesso pedra tipo III (Polidental, Cotia, Brasil) foi colocado na contra-mufla em pequenas porções com auxílio do vibrador. Depois de permanecerem em prensa de bancada por 1 hora, as muflas foram abertas, as matrizes metálicas retiradas e a superfície do gesso isolada com uma camada de alginato de sódio (Cel-lac, SS White, Rio de Janeiro, Brasil).

Foram confeccionados, no total, 24 corpos-de-prova com a resina acrílica quimicamente ativada Dencrilay Speed® (Dencril Produtos Odontológicos, Caieiras, Brasil) na cor 66. Esta foi manipulada em pote de vidro com tampa nas proporções recomendadas pelo fabricante. Após a resina atingir a fase plástica, a mesma, foi adaptada na contra-mufla (Figura 1) e prensada de forma lenta e gradual, em prensa hidráulica de bancada, até estabelecer uma pressão final de 1200 Kgf, a qual foi mantida aproximadamente por 10 minutos até sua polimerização.

Os corpos-de-prova assim obtidos foram adequados em suas dimensões (65 x 10 x 2,5mm), de acordo com a norma nº12 da Associação Dental Americana para testes de resistência a flexão¹⁰, efetuado com a utilização de dois dispositivos em aço inoxidável que serviram de guias para adequação do comprimento, largura e espessura (Figura 2 e 3).

O acabamento dos corpos-de-prova foi feito com a utilização de lixadeira rotatória sob refrigeração constante à água, por lixas d'água de óxido de alumínio em gramaturas de 180, 320 e 600. Em seguida os corpos-de-prova foram armazenados em estufa (Odontobrás EL 1.1-; Odontobrás - Comércio de equipamentos médico-odontológico Ltda., Ribeirão Preto, Brasil) a 37°C por 48 ± 2 horas, imersos em recipiente contendo água destilada¹⁰. Dado o período de armazenagem os corpos-de prova foram separados em quatro grupos, de acordo com o protocolo de tratamento por energia de micro-ondas, feito individualmente em recipiente de vidro contendo 200ml de água destilada⁵, em forno de micro-ondas doméstico (Continental AW-30; Eletrodomésticos Ltda., Campinas, Brasil) com prato giratório, frequência de 2450 megahertz (MHz) e potência máxima de 800W. O grupo G1 (controle) não recebeu tratamento, enquanto os grupos G2, G3 e G4 foram submetidos ao tratamento por micro-ondas respectivamente nos tempos de 5min, 3 min e de 1min (Tabela 1).

Após a formação dos grupos, foi realizado o teste de flexão em três pontos, tendo o cálculo da resistência a flexão dado em MPa. A máquina para ensaios mecânicos EMIC (modelo DL 1000, EMIC Equipamentos e Sistemas Ltda., São José dos Pinhais, Brasil) foi utilizada com célula de carga de 50kgf e velocidade de aplicação de carga de 5mm/min no centro do corpo-de-prova até ocorrer fratura. Os dados foram registrados e analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e Tukey (5%) considerando o fator ciclo de micro-ondas e a interação entre eles. Os dois fragmentos de todos os corpos-de-prova resultantes do ensaio de flexão foram armazenados em recipiente único para cada espécime contendo água destilada em estufa a 37°C, por mais um período de 48 ± 2 horas. Decorrido esse período, os corpos-de-prova dos grupos experimentais foram ensaiados quanto à microdureza pela técnica de recorte Vickers, em microdurômetro (FM-700 - Tech Futuro) com carga de 25g por 10 segundos^{1,11-12}, sendo realizadas 5 edentações ao longo dos dois fragmentos de cada corpo-de-prova, considerando as médias como a microdureza (HVN), as quais foram então submetidas aos testes estatísticos ANOVA e Tukey (5%), considerando o fator tratamento por micro-ondas e a interação deles.

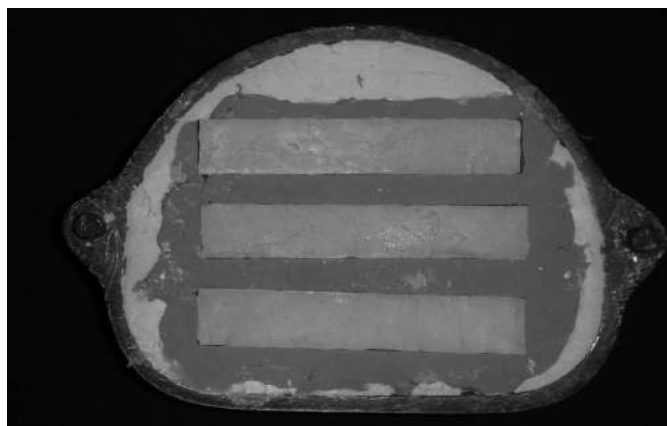


Figura 1. Adaptação da resina acrílica na contra-mufla.

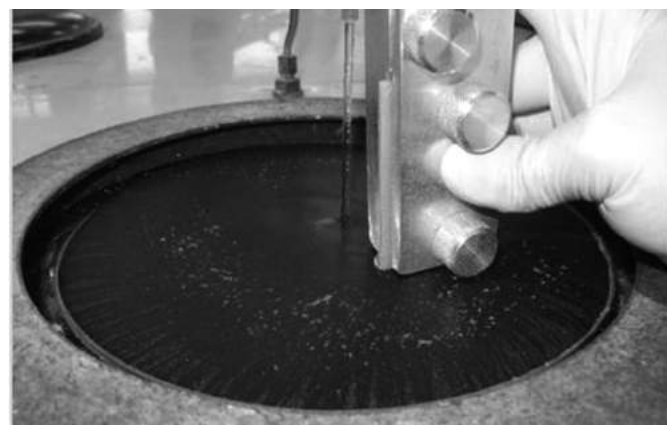


Figura 2. Dispositivo guia para acabamento em largura e comprimento.



Figura 3. Dispositivo guia para acabamento em espessura.

RESULTADOS

Resistência à flexão

O teste ANOVA evidenciou diferença estatística significativa entre os grupos ($p < 0,05$). O teste de Tukey mostrou diferença estatisticamente significativa entre o grupo-controle (G1) e os grupos G3 (3min) e G4 (1min), tendo um valor médio menor que os demais. Os grupos que receberam tratamento (G2, G3 e G4) não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre si ($p < 0,05$). O grupo G1 (controle) não diferiu de G2 (5min) ($p > 0,05$). As médias e desvios-padrão, juntamente com análise estatística, podem ser observados na Tabela 2.

Microdureza

A análise de variância (ANOVA) demonstrou diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$). O teste de Tukey mostrou que o grupo G1 (controle) diferenciou-se dos demais ($p < 0,05$), apresentando valor de microdureza médio maior que dos demais grupos, os quais não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 1. Grupos experimentais (n=6).

Grupos	Tempo	Potência
G1	Não Tratado	
G2	5 minutos	650W
G3	3 minutos	650W
G4	1 minuto	650W

Tabela 2. Médias e desvios-padrão de resistência à flexão para os grupos (n=6).

Grupos	Médias (MPa)	Desvio-padrão
G1	86,04 A	10,32
G2	100,10 AB	5,52
G3	102,04 B	5,41
G4	104,81 B	14,17

Nota: Letras distintas unem grupos que diferem estatisticamente entre si ao nível de 5%.

Tabela 3. Médias e desvios-padrão da microdureza para grupos (n=6).

Grupos	Médias (HVN)	Desvios-padrão
G1	21,98 A	0,82
G2	20,15 B	1,24
G3	19,69 B	0,91
G4	19,44 B	0,41

Nota: Letras distintas unem grupos que diferem estatisticamente entre si ao nível de 5%.

DISCUSSÃO

A melhoria das propriedades mecânicas das resinas acrílicas tem sido um fator em constante pesquisa nos últimos anos^{1-3,13-14}. Autores citam que ocorrências como fraturas por fadiga do material estão diretamente relacionadas com a resistência desta à flexão^{3,13-15}, e consequentemente, são propostos reforços e/ou tratamentos da resina acrílica com intuito de melhorar essa propriedade^{7,8,16-17}.

No presente estudo foi avaliada a ação da energia de micro-ondas, quando utilizada na intenção de melhorar a resistência à flexão e dureza de superfície. Os resultados mostraram que a energia de micro-ondas propiciou aumento nos valores de resistência à flexão, onde maiores valores foram obtidos com o ciclo de 1min em 650W. Esse resultado é discordante com a literatura, a qual mostra maior desempenho em ciclo de 7min na potência de 650W, entretanto, ressalva-se que a resina acrílica utilizada neste experimento tem sua polimerização por ativação química, diferentemente das pesquisas verificadas na literatura onde a resina utilizada apresenta ativação térmica^{5,9}. Acredita-se que esse ganho de resistência esteja relacionado à diminuição da quantidade de monômero residual que atua como plastificante, por separar os segmentos da cadeia principal, como elucidado em outros trabalhos^{3,18}. Esta diminuição do monômero residual deu-se devido ao ciclo de energia de micro-ondas ter promovido aquecimento adicional da água onde o espécime encontrava-se imerso. Este aquecimento possibilitou maior mobilidade dos

monômeros não convertidos, aprisionados em meio à cadeia polimérica, permitindo que os mesmos reagissem, resultando em maior efetividade da polimerização^{1,19}.

No tocante ao teste de microdureza, adotou-se o aguardo de 48 horas posteriores ao ciclo de tratamento pela energia de micro-ondas acreditando-se obter a resina acrílica em satisfatório nível de polimerização, como observado por Azevedo et. al.²⁰ que encontraram maiores valores para microdureza deste material após períodos de armazenagem devido à gradativa conversão do monômero residual em polímero.

Foi observada diminuição da microdureza pela técnica de recorte Vickers de forma significativa nos corpos-de-prova quando comparada com o grupo-controle. Acredita-se que a diminuição da microdureza deve-se a substituição do monômero residual por água do recipiente no qual estava imerso durante o ciclo, substituição que pode ter sido exacerbada, e ainda, pela ação do aquecimento gerando assim diminuição dessa propriedade mecânica²⁰⁻²¹.

Um aspecto relevante notado durante a confecção dos corpos-de-prova do grupo G2 foi a ocorrência de alteração dimensional do tipo empenamento, o que incorreu em descarte dos mesmos. Acredita-se que esta alteração está relacionada ao fato da utilização de uma resina de ativação química que é mostrada na literatura instável dimensionalmente, apesar de demonstrado que suas alterações não apresentam diferença significativa^{2,22}. Pavan et. al.⁷ observaram que ao aplicar um ciclo de 10min na potência de 500W de tratamento por energia de micro-ondas promoveu discrepâncias na adaptação de bases de próteses totais de resina acrílica de ativação térmica ao modelo de gesso, tornando inaceitável sua aplicação; os autores consideraram adequado um ciclo de 3 minutos com potência de 500W para desinfecção e esterilização sem alteração na estabilidade e adaptação. No entanto, Neppelenbroek et. al.⁵ encontraram como melhor ciclo para desinfecção a aplicação por 6 minutos na potência de 650W, na qual obtiveram os melhores resultados para a resina acrílica de reembasamento com ativação química. Contrariamente, no presente experimento, o ciclo de 5 minutos induziu alterações dimensionais em boa parte dos corpos-de-prova, inviabilizando sua utilização. Diacov²³ mostrou que a resina acrílica de ativação química quando submetida ao controle de temperatura, 25°C, associado ao controle de pressão durante sua polimerização obteve maiores alterações volumétricas quando comparada à polimerização em temperatura ambiente. No presente estudo, o ciclo de tratamento por energia de micro-ondas de 5 minutos na potência de 650W proporcionou a ebulição dos 200ml de água na qual o corpo-de-prova estava imerso, o que pode ter

sido o responsável pela alteração dimensional dos mesmos. Diante destes aspectos, novos estudos são necessários para melhor entendimento dos mecanismos de ação da energia de micro-ondas e da sua atuação nas propriedades da resina acrílica.

CONCLUSÃO

Pôde-se depreender que o tratamento por energia de micro-ondas aumentou a resistência à flexão nos grupos G3 e G4, quando comparados aos grupos G1 e G2, sendo que o ciclo de 1 minuto a 650W foi o que apresentou maiores valores de resistência à flexão. Já o tratamento por energia de micro-ondas mostrou estatisticamente

diminuição de valores quanto à microdureza, sendo o grupo G1 o que apresentou valores mais altos para esta propriedade.

Colaboradores

LH SILVA foi responsável pelo desenvolvimento da metodologia e redação do artigo. RN TANGO foi responsável pela redação do artigo e interpretação dos dados. ET KIMPARA foi responsável pela concepção, orientação do trabalho e redação do artigo. GSFA SAAVEDRA participou da análise estatística e redação do artigo. TJA PAES JUNIOR participou do desenvolvimento da metodologia, orientação e redação do artigo.

REFERÊNCIAS

1. Lee SY, Lai YL, Hsu TS. Influence of polymerization conditions on monomer elution and microhardness of autopolymerized polymethyl methacrylate resin. *Eur J Oral Sci.* 2002;110(2):179-83.
2. Kimpara ET, Tango RN, Imai MA, Paes Júnior TJA, Zanet CG, Cavalcanti BN. Desajuste das bases de prova de resina acrílica ativada quimicamente: operador x técnica de confecção x forma e tempo de armazenagem x local de mensuração. *PGRO - Pós-Grad Rev Odontol.* 2002;5(2):44-52.
3. Paes Júnior TJA, Kiausinis V, Kimpara ET, Luchini LC. Estudo das resinas acrílicas para bases de próteses totais com relação à resistência flexural e à quantidade de monômero residual superficial. *RPG Rev Pós Grad.* 2006;13(3):229-35.
4. Jerolimov V, Huggett R, Brooks SC, Bates BDS. The effect of variations in the polymer/monomer mixing ratios on residual monomer levels and flexural properties of denture base materials. *Quintessence Dent Technol.* 1985;9(7):431-4.
5. Neppelenbroek KH, Pavarina AC, Spolidorio DMP, Vergani CE, Machado AL, Mima EGO. Effectiveness of microwave sterilization on three hard chairside relined resins. *Int J Prosthodont.* 2003;16(6):616-20.
6. Dixon DL, Breeding LC, Faler TA. Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. *J Prosthet Dent.* 1999;81(2):207-14.
7. Pavan S, Arioli Filho JN, Santos PH, Molloy Júnior FA. Effect of microwave treatments on dimensional accuracy of maxillary acrylic resin denture base. *Braz Dent J.* 2005;16(2):119-23.
8. Consani RLX, Lira AF, Mesquita MF, Consani S. Linear dimensional change in acrylic resin disinfected by microwave energy. *Cienc Odontol. Bras.* 2006;9(2):34-9.
9. Pavarina AC, Neppelenbroek KH, Guinesi AS, Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET. Effect of microwave disinfection on the flexural strength of hard chairside relined resins. *J Dent.* 2005;33(9):741-8.
10. Muench A, Ueti M. Alterações das posições dos dentes, em uma prótese total, em função do material de inclusão. *Rev Fac Odontol São Paulo.* 1974;12(1):131-8.
11. Del Bel Cury AA, Rached RN, Ganzarolli SM. Microwave-cured acrylic resins and silicone-gypsum moulding technique. *J Oral Rehabil.* 2001;28(4):433-8.
12. American Dental Association. Specification nº12 for denture base polymers. Councils on Dental Materials and Devices, Reports of Councils and Bureaus. *J Am Dent Assoc.* 1975;90:39-49.
13. Vasconcelos LMR, Feitosa MAL, Del Bel Cury AA, Garcia RCMR. Avaliação de um ciclo alternativo de polimerização para resina acrílica de micro-ondas. *RPG Rev Pós-Grad.* 2003;10(2):108-12.
14. Botega DM, Machado TS, Mello JAN, Garcia RCMR, Del Bel Cury AA. Polymerization time for a microwave-cured acrylic resin with multiple flasks. *Braz Oral Res.* 2004;18(1):23-8.
15. Barbosa DB, Lucas MG, Leles CR, Compagnoni MA. Resistência à flexão de resina acrílica polimerizada pela energia de micro-ondas. *Cienc Odontol Bras.* 2003;6(2):72-9.
16. Ogliari F, Collares FM, Campregher UB, Fortes CBB, Samuel SMW. Resistência flexural de resina acrílica polimerizável em micro-ondas. *Rev Fac Odontol Porto Alegre.* 2004;45(2):54-6.
17. Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. *J Prosthet Dent.* 1991;66:310-4.

18. Vallittu PK. Flexural properties of acrylic resin polymer reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J Prosthet Dent*. 1999;81:318-26.
19. Jerolimov V, Huggett R, Brooks SC, Bates BDS. The effect of variation in the polymer/monomer mixing ratios on residual monomer levels and flexural properties of denture base materials. *Quintessence Dent Technol*. 1985;9(7):431-4.
20. Ogawa T, Tanaka M, Koyano K. Effect of water temperature during polymerization on strength of auto polymerizing resin. *J Prosthet Dent*. 2000;84(2):222-4.
21. Azevedo A, Machado AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC. Hardness of denture base and hard chair-side relined acrylic resins. *J Appl Oral Sci*. 2005;13(3):291-5.
22. Braden M. The absorption of water by acrylic resins and other materials. *J Prosthet Dent*. 1964;14(12):307-16.
23. Diacov N. Estudo da alteração volumétrica das resinas acrílicas ativadas quimicamente (Acrilay e Duralay) com e sem controle de temperatura e pressão [tese]. São José dos Campos: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 1993.

Recebido em: 27/8/2009

Versão final reapresentada em: 9/1/2010

Aprovado em: 4/2/2010