



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E INTELLECTUAL DA UNICAMP



Versão do arquivo anexado / Version of attached file:

Versão do Editor / Published Version

Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-06631998000200013

DOI:. 10.1590/S0103-06631998000200013

Direitos autorais / Publisher's copyright statement:

©1998 by USP/Faculdade de Odontologia de Bauru. All rights reserved.

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA EFETIVIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DA RESINA ACRÍLICA DENTAL, ATIVADA ATRAVÉS DE ENERGIA DE MICROONDAS, QUANDO EM CONTATO COM METAL

USE OF MICROWAVE ENERGY FOR PROCESSING ACRYLIC RESIN NEAR METAL

Katia Olmedo BRAUN*
Altair Antoninha DEL BEL CURY**
Jaime Aparecido CURY***

BRAUN, K. O.; DEL BEL CURY, A. A.; CURY, J. A. Avaliação *in vitro* da efetividade de polimerização da resina acrílica dental, ativada através de energia de microondas, quando em contato com metal. *Rev Odontol Univ São Paulo*, v. 12, n. 2, p. 173-180, abr./jun. 1998.

Com o objetivo de verificar a efetividade da energia de microondas na polimerização da resina acrílica próxima ao metal, foram confeccionados 36 corpos-de-prova cilíndricos com 30,0 mm de diâmetro X 4,0 mm de espessura, contendo no seu interior uma sela metálica com 28,0 mm X 8,0 mm X 0,5 mm, divididos aleatoriamente em 3 grupos e submetidos aos seguintes processamentos: G1) resina *Clássico* polimerizada em ciclo curto; G2) resina *Acron-MC* polimerizada em forno de microondas por 3 minutos a 500 W; G3) resina *Clássico* polimerizada em forno de microondas por 3 minutos a 500 W. Após a polimerização, cada amostra foi dividida em duas partes aproximadamente iguais, sendo que uma das partes foi utilizada para a avaliação de monômero residual, enquanto a outra foi submetida aos testes de dureza e porosidade. A dosagem de monômero liberada na água durante doze dias consecutivos foi avaliada através da espectrofotometria. A dureza Knoop foi verificada nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 µm da sela metálica, e as porosidades interna e externa foram avaliadas a olho nu e com auxílio de microscópio com aumento de 100X. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que a energia de microondas pôde ser utilizada para a polimerização da resina acrílica contendo sela metálica no seu interior e que as resinas acrílicas convencionais, quando polimerizadas através da energia de microondas, apresentaram maior quantidade de poros.

UNITERMOS: Resinas acrílicas; Porosidade; Microondas.

INTRODUÇÃO

Em meados dos anos 30, a resina acrílica (polimetil metacrilato) foi incorporada aos materiais odontológicos, tornando-se, a partir de 1940, o material mais utilizado na confecção de bases de próteses, devendo isso à sua característica de translucidez, a qual permite a imitação da aparência natural da gengiva, sendo essa a principal vantagem sobre o material antecessor, a borracha vulcanizada, que, apesar de sua opacidade, apresentava propriedades físicas e mecânicas adequadas (SPENCER; GARIEFF³³, 1949).

Tradicionalmente, a resina acrílica tem sido processada em moldes sob pressão no interior de muflas metálicas imersas em água à temperatura

controlada, por um tempo específico, para que ocorra a conversão do monômero em polímero (TAKAMATA; SETCOS³⁴, 1989). Entretanto, através desse processo, a resina acrílica apresenta algumas limitações, como alteração dimensional e porosidade. Esses poros podem ser internos e/ou superficiais. Poros internos são considerados como área de concentração de "stress", resultando em uma maior vulnerabilidade à fratura e distorções das bases de prótese, enquanto os superficiais dificultam a limpeza desta (BAFILE *et al.*⁴, 1991; PHILLIPS²⁴, 1993), permitindo a colonização de microorganismos e causando, conseqüentemente, estomatite protética (DAVENPORT⁷, 1970).

Na tentativa de simplificar a técnica de processamento e de melhorar as propriedades físicas,

* Aluna de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

** Professora Assistente Doutora da área de Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

*** Professor Titular da área de Bioquímica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

diferentes formas de processamento foram introduzidas: calor seco, vapor, infravermelho, luz visível e irradiação por microondas (LEVIN *et al.*²⁰, 1989; TAKAMATA; SETCOS³⁴, 1989).

NISHII²², em 1968, foi o primeiro a utilizar a energia de microondas com a finalidade de polimerizar a resina acrílica. Esse processo ocorre através do aquecimento dielétrico, no qual a energia é simultaneamente absorvida pela área superficial e interna da resina. Dessa forma, elimina-se o tempo necessário para transferir o calor da água quente para a mufla, para o gesso de revestimento e, por fim, para a resina, fazendo com que esse processo seja bastante rápido, fácil e limpo (LEVIN *et al.*²⁰, 1989). Em 1985, REITZ *et al.*²⁵ concluíram que as propriedades físicas (dureza, resistência transversal e porosidade) da resina polimerizada por microondas não são estatisticamente diferentes das propriedades da resina polimerizada pelo banho de água convencional.

Entretanto, as microondas são ondas eletromagnéticas que podem ser absorvidas, transmitidas ou refletidas, dependendo do tipo de material presente no campo eletromagnético. Na presença de metal, as microondas são refletidas, sendo este um material totalmente intransponível para as elas (AL DOORI *et al.*¹, 1988).

Considerando que, em uma prótese parcial removível, a base de resina acrílica envolve uma sela metálica e sabendo que o metal é um material intransponível para as microondas, poder-se-ia afirmar que, teoricamente, a presença de metal no interior da massa de resina interferiria na sua polimerização e, conseqüentemente, em suas propriedades físicas.

Para se avaliar a efetividade da polimerização de resinas acrílicas dentais submetidas ao processamento através da energia de microondas na presença de metal, foram utilizados o teste de dureza superficial, que é um indicador de outras propriedades (PHILLIPS²³, 1993), e a dosagem de monômero residual, a qual permite verificar a conversão do monômero em polímero alcançada (JAGGER¹³, 1978) e a porosidade, que é uma das limitações da técnica de processamento (DE CLERK⁸, 1987).

MATERIAIS E MÉTODO

Foram utilizadas duas marcas comerciais de resinas acrílicas: *Acron-MC* (G. C. Dental Ind. Corp.) — resina para microondas — e *Clássico*

(Clássico Artigos Odontológicos Ltda.) — resina termopolimerizável convencional.

Confecção das amostras

Foram confeccionados 36 corpos-de-prova com matrizes cilíndricas de cera utilidade, medindo $30,0 \pm 0,05$ mm de diâmetro e $4,0 \pm 0,05$ mm de espessura, contendo no seu interior uma sela metálica com 28,0 mm X 8,0 mm X 0,5 mm. As matrizes de cera foram incluídas na mufla em gesso pedra tipo III, proporcionado conforme as instruções do fabricante. Os corpos-de-prova foram divididos aleatoriamente em 3 grupos, submetidos aos seguintes processamentos: Grupo 1 (G1): prensagem da resina termopolimerizável convencional *Clássico* polimerizada em banho de água aquecida (ciclo curto); Grupo 2 (G2): prensagem da resina *Acron-MC* para a polimerização com energia de microondas; Grupo 3 (G3): prensagem da resina termopolimerizável convencional *Clássico* polimerizada com energia de microondas.

As resinas foram preparadas conforme as instruções do fabricante e, na fase plástica, foram inseridas nos moldes que continham as selas metálicas em seu interior, à semelhança das próteses parciais removíveis (Figura 1). As amostras do Grupo 1 foram polimerizadas em banho de água, com ciclo curto de 3 horas (técnica modificada de Tuckfield²⁴), enquanto as amostras dos Grupos 2 e 3 foram polimerizadas em forno de microondas em potência de aproximadamente 500 W durante 3 minutos, conforme as instruções do fabricante. Terminado o ciclo de polimerização, as muflas foram submetidas a um resfriamento de 30 minu-

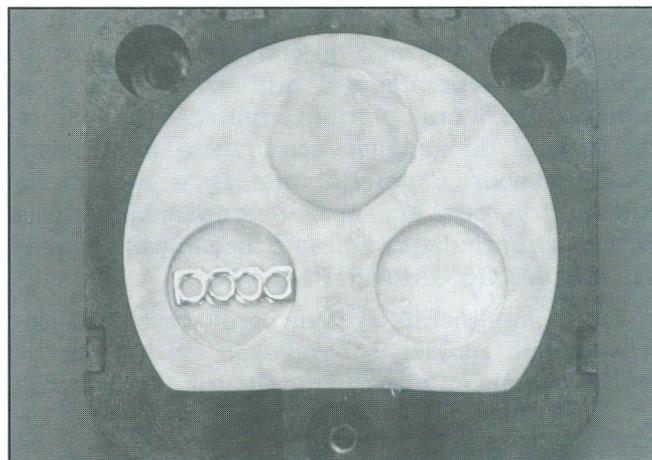


FIGURA 1 - Molde em gesso pedra mostrando diferentes etapas do preparo das amostras.

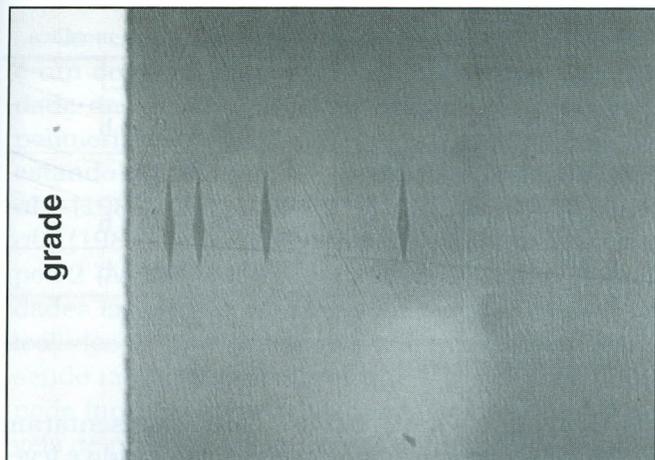


FIGURA 2 - Fotografia das impressões feitas no corpo-de-prova.

tos sobre a bancada de trabalho e a mais 30 minutos sob água corrente.

Os corpos-de-prova removidos das muflas foram submetidos ao acabamento com lixas d'água com granulação decrescente até 600 em politriz APL-4 (AROTEC), polidos com pasta de diamante com granulação de 1μ (METADI-BUEHLER) e limpos em ultra-som (THORNTON modelo T7) por 2 minutos. Todos os corpos-de-prova foram cortados em duas partes aproximadamente iguais, utilizando uma cortadeira metalográfica ISOMETTM, sendo que uma das partes foi utilizada para a análise de monômero residual, enquanto a outra foi submetida aos testes de dureza e porosidade.

Avaliação da dureza

A dureza Knoop das amostras foi avaliada utilizando-se o microdurômetro Shimadzu modelo 2000, sendo realizadas 5 penetrações com carga de 25 g por 10 segundos para cada lado da sela metálica nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 μ m (Figura 2).

Avaliação da porosidade

Foram avaliadas as superfícies interna e externa das amostras de duas maneiras: a olho nu e com o uso do microscópio Shimadzu modelo 2000 com aumento de 100X, em uma extensão de 6 mm X 4 mm (24 mm^2) (Figura 3). Foram atribuídos escores para melhor descrição da porosidade:

- nº de poros < 30 = Leve (L);
- nº de poros $[30 - 70]$ = Moderado (M);
- nº de poros > 70 = Pesado (P).

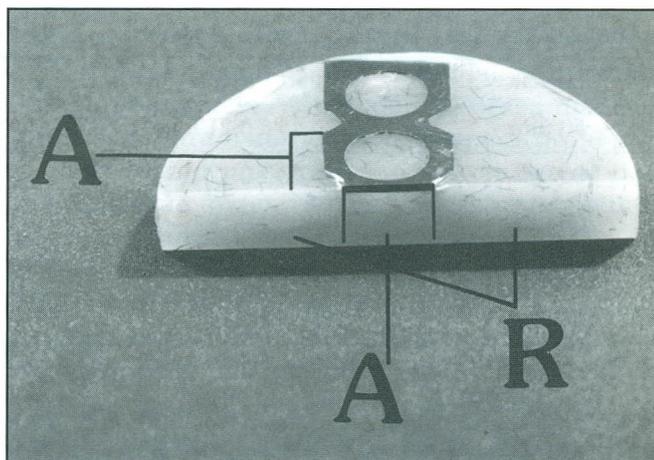


FIGURA 3 - Áreas das superfícies externa e interna onde a porosidade foi avaliada. A = 24 mm^2 avaliados no microdurômetro; At = área total da face interna; R = At - A.

Determinação do monômero residual

As metades restantes dos corpos-de-prova foram colocadas individualmente em frascos contendo 6,0 ml de água deionizada e mantidas na estufa a $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas. Transcorrido esse período, as soluções aquosas foram retiradas para análise da presença do monômero através de espectrofotometria (LAMB *et al.*¹⁹, 1982), utilizando o espectrofotômetro Beckman DU-65, sendo esse processo repetido a cada 24 horas até completar 188 horas, quando ocorreu a estabilização da liberação do monômero residual (DEL BEL CURY⁹, 1992). Após a leitura, a solução aquosa de monômero foi desprezada.

A porcentagem de monômero liberado na água pelos corpos-de-prova foi determinada a cada 24 horas utilizando-se espectrofotômetro marca Beckman modelo DU-65. O cálculo foi realizado pela regressão, utilizando o "software" *Quatro-Pró* (Borland International):

$C = \text{constante} + \text{coeficiente de } (x) \times \text{Absorbância}$, onde

C = concentração de monômero da solução.

Análise estatística

Os dados obtidos para a dosagem de monômero residual e microdureza foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas através do teste de Tukey, no nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de verificar a eficácia da polimerização da resina acrílica próxima ao metal, foram

TABELA 1 - Médias e desvios padrões das medidas de dureza Knoop (kg/mm²) obtidas a diferentes distâncias da grade metálica.

Distância	Grupo 1 (Cl. A)	Grupo 2 (A. MC)	Grupo 3 (Cl. MC)
50 µm	16,45 ± 0,21 b	17,46 ± 0,20 a	17,14 ± 0,23 a b
100 µm	16,78 ± 0,17 b	18,03 ± 0,21 a	17,21 ± 0,23 b
200 µm	17,05 ± 0,19 b	18,20 ± 0,19 a	17,56 ± 0,26 a b
400 µm	17,06 ± 0,16 b	18,25 ± 0,18 a	17,58 ± 0,24 a b
800 µm	16,75 ± 0,14 b	18,14 ± 0,21 a	17,55 ± 0,21 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% de significância em linha.

TABELA 2 - Frequência por amostra do número de poros pequenos, contados através do microscópio com aumento de 100X.

Class. do nº de poros	Parte interna			Parte externa		
	G1 (A)	G2 (A. MC)	G3 (MC)	G1 (A)	G2 (A. MC)	G3 (MC)
L	4	3	2	4	5	5
M	6	7	7	6	6	3
P	2	2	3	2	1	4

L = Leve, M = Moderado, P = Pesado.

avaliadas a dureza superficial Knoop, a presença de poros e a dosagem de monômero residual.

Os resultados obtidos com as medidas de dureza Knoop sugerem que o metal não interferiu na polimerização da resina acrílica quando processada através da energia de microondas, pois foi observado que as amostras do Grupo 2 (A. MC) apresentaram os melhores resultados, diferindo significativamente das do Grupo 1 (Cl. A) (Tabela 1). Esses dados estão de acordo com os resultados obtidos na pesquisa de ALKATIB *et al.*² (1990). Os Grupos 1 (Cl. A) e 3 (Cl. MC) (Tabela 4) não apresentaram valores de dureza com diferença estatística significativa, resultado coerente com os encontrados por NISHII²² (1968); REITZ *et al.*²⁵ (1985); TRUONG; THOMASZ³⁶ (1988); ILBAY *et al.*¹² (1994). Esses resultados talvez possam ser explicados devido à mais completa polimerização conferida às resinas acrílicas quando processadas através da energia de microondas (Tabela 4), combinada com a diferente composição da resina desenvolvida para a polimerização através da energia de microondas, que será discutida posteriormente.

Quanto à porosidade, foram detectados poros pequenos nas superfícies externa e interna de todas as amostras, verificando-se, na Tabela 2, que

os Grupos 1 (Cl. A) e 2 (Cl. MC) apresentaram tendência a repetição dos escores moderado e leve, enquanto o Grupo 3 (Cl. MC) apresentou a maior repetição do escore pesado, confirmando os resultados de REITZ *et al.*²⁵ (1985); AL DOORI *et al.*¹ (1988); BAFILE *et al.*⁴ (1991); ILBAY *et al.*¹² (1994); GARCIA RODRIGUES²⁶ (1995).

Na Tabela 3, pode-se verificar a média do número de poros visíveis a olho nu na superfície interna por amostra; nota-se que as amostras do Grupo 3 (Cl. MC) apresentaram, em média, maior número de poros que os Grupos 1 (Cl. A) e 2 (A. MC), estando de acordo com os resultados de REITZ *et al.*²⁵ (1985); AL DOORI *et al.*¹ (1988); ALKATIB *et al.*² (1990); BAFILE *et al.*⁴ (1991); ILBAY *et al.*¹² (1994), que detectaram uma maior quantidade de poros nas amostras de resina acrílica convencional polimerizadas através da energia de microondas.

A porosidade interna encontrada nas resinas convencionais polimerizadas através da energia de microondas poderá ser atribuída pelo aumento excessivo da temperatura, principalmente no início do ciclo de polimerização (FARAJ; ELLIS¹⁰, 1979), pois o ponto de ebulição do monômero é de 100,8°C; e, se a temperatura exceder esse ponto, o monômero entra em ebulição, evaporando e produzindo poros (DE CLERCK⁸, 1987). Entretanto, a resina desenvolvida para a polimerização em microondas apresenta menor quantidade de poros, fato esse que pode ter ocorrido em função da presença de trietileno ou tetraetilenoglicol na composição do monômero, os quais são dimetacrilatos que contêm um grupo reativo em cada extremidade e possuem baixa pressão de vapor em altas temperaturas, variando entre 100 e 150°C (COMBE⁶, 1986), o que permite o seu processamento em temperaturas elevadas sem que ocorra porosidade (BAFILE *et al.*⁴, 1991).

Os resultados sugerem que a sela metálica não é um dos fatores que poderia aumentar a porosidade das resinas acrílicas quando submetidas à polimerização através da energia de microondas, estando de acordo com os achados de KIMURA *et al.*¹⁶ (1983); DE CLERCK⁸ (1987); SHLOSBERG *et al.*³⁰ (1989), muito embora duas amostras nos Grupos 2 (A. MC) e 3 (Cl. MC) apresentassem porosidades excessivas próximas ao metal. Esses casos isolados de porosidade não têm uma origem clara, sendo importante lembrar que a origem dos poros pode também estar relacionada com outras variáveis de processamento, como contração de polimerização, inclusão de gases e homogeneidade inadequada da massa, pois a formação de poros na resina acrílica é um fenômeno complexo com origem multifatorial (WOLFAARDT *et al.*³⁷, 1986). Se-

gundo ROHRER; BULARD²⁷ (1985), geralmente as ondas eletromagnéticas são refletidas pelo metal e este não se aquece, não podendo, dessa maneira, contribuir para o aumento da temperatura e para a conseqüente produção de poros; mas, se uma concentração maior de ondas eletromagnéticas atingisse o metal, estas penetrariam 1 µm na superfície metálica, causando um deslocamento de elétrons; se essa corrente elétrica for intensa, pode ocorrer uma descarga elétrica, originando um aquecimento também intenso.

Ainda segundo vários autores (REITZ *et al.*²⁵, 1985; TRUONG; THOMAS³⁶, 1988; AL DOORI *et al.*¹, 1988; TAUBERT; NOWLIN³⁵, 1992; ILBAY *et al.*¹², 1994), a porosidade encontrada nas resinas acrílicas convencionais curadas através da energia de microondas poderia ser reduzida se o tempo de processamento fosse aumentado e a potência, diminuída. Outra maneira de se minimizar a porosidade das resinas acrílicas convencionais seria aumentar o tempo decorrido entre a prensagem da resina no molde e o início do ciclo de polimerização (TAUBERT; NOWLIN³⁵, 1992), o qual permitiria uma maior difusão do monômero para o interior das partículas de polímero, reduzindo aglomerados de monômero que, por contração de polimerização, provocariam porosidades (KIMPARA; MUENCH¹⁵, 1996).

TABELA 3 - Média do número de poros visíveis a olho nu na área interna da amostra por tratamento.

Áreas	Grupo 1 (Cl. A)	Grupo 2 (A. MC)	Grupo 3 (Cl. MC)
Área no microscópio (A)	0	2,92 ± 1,18	4,00 ± 2,33
Área total (At)	0,83 ± 0,32	3,58 ± 1,76	14,42 ± 3,94
R = At - A	0,83 ± 0,32	0,67 ± 0,30	10,42 ± 2,53

TABELA 4 - Médias e desvios padrões das medidas do conteúdo de monômero residual (% x 10⁻⁴) segundo o tratamento e o tempo avaliado.

Tempo	Grupo 1 (Cl. A)	Grupo 2 (A. MC)	Grupo 3 (Cl. MC)
24 h	178,84 ± 17,88 a	59,51 ± 11,09 b	116,54 ± 12,03 c
48 h	119,43 ± 11,28 a	39,60 ± 4,86 b	77,43 ± 5,03 c
72 h	85,28 ± 10,06 a	22,85 ± 4,51 b	50,18 ± 5,20 c
96 h	75,94 ± 7,53 a	24,75 ± 4,19 b	54,43 ± 4,60 c
120 h	75,83 ± 5,60 a	20,52 ± 2,79 b	59,19 ± 4,14 c
144 h	71,83 ± 4,46 a	20,61 ± 2,62 b	56,64 ± 3,59 c
168 h	72,45 ± 6,72 a	19,31 ± 2,77 b	68,86 ± 6,51 a
192 h	67,48 ± 4,69 a	18,63 ± 1,96 b	60,35 ± 3,92 a
216 h	43,88 ± 3,80 a	11,10 ± 1,76 b	33,83 ± 3,03 a
240 h	54,83 ± 2,96 a	10,27 ± 1,69 b	79,03 ± 21,47 a
264 h	36,64 ± 4,49 a	16,03 ± 2,01 b	35,37 ± 2,96 a
288 h	44,28 ± 2,16 a	6,79 ± 1,34 b	40,13 ± 2,75 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si no nível de 5% de significância em linha.

Através da dosagem de monômero residual, pode-se avaliar a efetividade de conversão do monômero em polímero e, conseqüentemente, a polimerização da resina acrílica. Os resultados obtidos sugerem que a sela metálica presente no interior da massa de resina acrílica, quando processada através da energia de microondas, não interfere na conversão de monômero em polímero, uma vez que as menores quantidades de monômero foram detectadas nas amostras dos Grupos 2 (A. MC) e 3 (Cl. MC), processadas através da energia de microondas (Tabela 4), estando de acordo com KODA *et al.*¹⁷ (1989); DE CLERCK⁸ (1987); DEL BEL CURY⁹ (1992); TRUONG; THOMAS³⁶ (1988); YUNUS *et al.*³⁸ (1994). Esse fato pode ser explicado pelo tipo de aquecimento da resina, que ocorre devido à polarização das moléculas de monômero, as quais entram em freqüência com as ondas eletromagnéticas e são movimentadas no interior da massa de forma não passiva. À medida que vai ocorrendo a polimerização, vai sendo reduzida a quantidade de monômero e, portanto, a mesma quantidade de energia vai sendo absorvida por uma quantidade menor de monômero, fazendo a molécula aumentar a sua atividade, atingindo uma mais completa polimerização (DE CLERCK⁸, 1987).

Nos Grupos 2 (A. MC) e 3 (Cl. MC) (Tabela 4), nos quais as amostras foram submetidas ao mesmo método de polimerização, o Grupo 2 (A. MC) apresentou menor quantidade de monômero residual, estando de acordo com os resultados de HARRISON; HUGGET¹¹ (1992), que obtiveram variações na quantidade de monômero detectado em 23 marcas de resinas diferentes quando submetidas ao mesmo ciclo de polimerização, sugerindo que esse resultado esteja relacionado com a composição da resina acrílica, sabendo-se que o monômero utilizado nas resinas para microondas é composto de uma mistura de metil e etil metacrilato (SANDERS *et al.*²⁹, 1987).

Pode-se verificar na Tabela 4 que há uma maior liberação de monômero na água nos primeiros dias e que esta tende a diminuir com o tempo, confirmando os resultados de LAMB *et al.*¹⁹ (1982); LAMB *et al.*¹⁸ (1983); KODA *et al.*¹⁷ (1989); DEL BEL CURY⁹ (1992); TRUONG; THOMAS³⁶ (1988); YUNUS *et al.*³⁸ (1994).

Esse comportamento da eliminação de monômero foi explicado por LAMB *et al.*¹⁹ (1982). Após o ciclo de polimerização, a concentração de monômero residual pode ser reduzida por dois mecanismos,

difusão do monômero do interior da resina para a água e polimerização adicional, pois foram detectados radicais ativos imediatamente após a polimerização de metil metacrilato; entretanto, segundo SMITH; BAINS³² (1956), pequenas moléculas de monômero residual não podem ser extraídas ou não estão acessíveis em polímeros bem polimerizados; assim, o total de metil metacrilato residual é o somatório do monômero difundido com o monômero não acessível.

A presença de monômero residual, de acordo com RUYTER²⁸ (1980), ocorre devido à presença de oxigênio, que é um importante inibidor da polimerização do metil metacrilato, sendo que a sua ação inibidora deve ser somada à presença de hidroquinona (componente inibidor de polimerização adicionado à fórmula do monômero).

Também se pode observar na Tabela 4 que os Grupos 1 (Cl. A) e 3 (Cl. MC), que foram confeccionados com a mesma resina, a partir do 7º dia (168 h) de dosagem, não mais apresentaram diferença estatisticamente significativa, enquanto o Grupo 2 apresentou-se diferente durante todo o período de dosagem, sugerindo que a composição da resina é um fator que interfere na quantidade de monômero residual que será alcançada (KODA *et al.*¹⁷, 1989).

A presença de monômero residual nas bases de resina acrílica pode causar dois tipos de efeitos adversos: reações alérgicas devido ao monômero residual liberado na saliva do paciente, conforme SMITH; BAINS³² (1956); McCABE; BASKER²¹ (1976); AUSTIN; BASKER³ (1980); BAKER *et al.*⁵ (1988), e alteração das propriedades físicas e mecânicas (dureza, resistência transversal etc.) da resina, conforme SMITH; BAINS³² (1956); JAGGER¹³ (1978); JEROLIMOV *et al.*¹⁴ (1985).

Os resultados de dureza Knoop obtidos se mostraram coerentes com os resultados de monômero residual, sendo que o Grupo 2 (A. MC) apresentou os menores valores de monômero residual (Tabela 4) e os maiores valores de dureza Knoop (Tabela 1). O Grupo 3 (Cl. MC) apresentou valores de microdureza intermediários, sendo semelhantes estatisticamente aos do Grupo 2 (A. MC) e aos do Grupo 1 (Cl. A), resultado também coerente com as dosagens de monômero; quanto a estas, embora os três grupos tenham se apresentado diferentes estatisticamente, o Grupo 3 (Cl. MC) apresentou também valores intermediários (Tabela 4). O Grupo 2 (A. MC) e o Grupo 1 (Cl. A) apresentaram entre si

diferença estatisticamente significativa no nível de 5%, sendo que o Grupo 1 (Cl. A) apresentou os menores valores de dureza (Tabela 1) e os maiores valores de monômero residual (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com os de JAGGER¹³ (1978), que verificou haver correlação entre a dosagem de monômero residual e as propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas e que a concentração de monômero residual é o fator mais importante na investigação das propriedades do material.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que:

1. A energia de microondas pode ser utilizada para a polimerização das resinas acrílicas contendo em seu interior uma sela metálica, com resultados adequados para dureza superficial e menores conteúdos de monômero residual.
2. O metal contido no interior da resina acrílica não contribuiu para o aumento da porosidade desta.
3. A resina convencional, quando polimerizada através da energia de microondas, apresenta maior porosidade.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo e Incentivo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro (Proc. 96/4814-5).

BRAUN, K. O.; DEL BEL CURY, A. A.; CURY, J. A. Use of microwave energy for processing acrylic resin near metal. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 12, n. 2, p. 173-180, abr./jun. 1998.

The conventional method for processing acrylic resin is a time consuming step in removable prosthodontics. Microwave energy could provide a solution, but there are still questions regarding this process taking place in the presence of metal. The aim of this study was, therefore, to compare residual monomer, microhardness and porosity of two acrylic resins cured by different methods in the presence of a metal framework. The conditions evaluated were: Group 1 - Acrylic resin *Clássico*, short cycle heatcured for 3 h; Group 2 - *Acron MC* resin cured in microwave oven for 3 min at 500 W; Group 3 - Acrylic resin *Clássico* cured in microwave oven for 3 min at 500 W. For each group, 12 specimens were prepared, measuring 30 X 4 mm (diameter X thickness) and containing inside a metal framework of 28 X 8 X 0.5 mm. After curing the samples were individually immersed in 6.0 ml of deionized water. Residual monomer released in the water, which was changed daily, was measured spectrophotometrically for 12 days. The specimens were polished in order to measure microhardness at the distances of 50 to 800 μ m of the metal framework. The specimens were cross-sectioned to evaluate the internal and external porosity under the naked eye and using a X100 magnification. Porosity under the naked eye was observed in all of the Group 3 samples and in 50% of those from Groups 1 and 2. Under magnification, porosity was found externally and internally in all of samples. It was concluded that microwave energy can be effectively used to polymerize removable partial denture bases, and that, when polymerized with microwave energy, conventional resin presents higher porosity.

UNITERMS: Acrylic resins; Porosity; Microwaves.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL DOORI, D. *et al.* A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional bath curing systems. **Dent Mater**, v. 4, n. 1, p. 25-32, Feb. 1988.
2. ALKHATIB, M. B. *et al.* Comparison of microwave-polymerized denture base resins. **Int J Prosthodont**, v. 3, n. 3, p. 249-255, May/June 1990.
3. AUSTIN, A. T.; BASKER, R. M. The level of residual monomer in acrylic denture base materials with particular reference to a modified method of analysis. **Br Dent J**, v. 149, n. 18, p. 281-286, Nov. 1980.
4. BAFILE, M. *et al.* Porosity of denture resin cured by microwave energy. **J Prosthet Dent**, v. 66, n. 2, p. 269-274, Aug. 1991.
5. BAKER, S.; BROOKS, S. C.; WALKER, D. M. The release of residual monomeric methyl methacrylate from acrylic appliances in the human mouth: an assay for monomer in saliva. **J Dent Res**, v. 67, n. 10, p. 1295-1299, Oct. 1988.
6. COMBE, E. C. **Notes on dental materials**. 5. ed. Edinburgh : Churchill Livingstone, 1986. p. 50-52, 258-263.
7. DAVENPORT, J. C. The oral distribution of candida in denture stomatitis. **Br Dent J**, v. 129, n. 18, p. 151-156, Aug. 1970.
8. DE CLERCK, J. P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. **J Prosthet Dent**, v. 57, n. 5, p. 650-658, May 1987.

9. DEL BEL CURY, A. A. **Estudo *in vitro* das propriedades físico-químicas de resinas acrílicas dentais termopolimerizáveis, quimicamente ativadas e curadas por microondas.** São Paulo, 1992. 133 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
10. FARAJ, S. A. A.; ELLIS, B. The effect of processing temperatures on the exotherm, porosity and properties of acrylic denture base. **Br Dent J**, v. 147, n. 16, p. 209-212, Oct. 1979.
11. HARRISON, A.; HUGGET, R. Effect of the curing cycle on residual monomer levels of acrylic resin denture base polymers. **J Dent**, v. 20, n. 6, p. 370-374, Apr. 1992.
12. ILBAY, S. G.; GÜVENER, S.; ALKMRU, H. N. Processing dentures using a microwave technique. **J Oral Rehabil**, v. 21, n. 1, p. 103-109, Jan. 1994.
13. JAGGER, R. J. Effect of the curing cycle on some properties of a polymethylmethacrylate denture base material. **J Oral Rehabil**, v. 5, n. 2, p. 151-157, Apr. 1978.
14. JEROLIMOV, V. *et al.* The effect of variations in the polymer/monomer mixing ratios on residual monomer levels and flexural properties of denture base materials. **Quintessence Int**, v. 9, n. 7, p. 431-434, July/Aug. 1985.
15. KIMPARA, E. T.; MUENCH, A. Porosidade em decorrência do processamento e volume de resina acrílica. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 10, n. 3, p. 237-239, jul./set. 1996.
16. KIMURA, H. *et al.* Applications of microwave for dental technique (part I). **J Osaka Univ Dent**, v. 23, p. 41-49, Aug. 1983.
17. KODA, T. *et al.* High-performance chromatographic estimation of eluates from denture base polymers. **J Dent**, v. 17, n. 2, p. 84-89, July 1989.
18. LAMB, D. J.; ELLIS, B.; PRIESTLEY, D. The effects of process variables on levels of residual monomer in autopolymerizing dental acrylic resin. **J Dent**, v. 11, n. 1, p. 80-88, Mar. 1983.
19. LAMB, D. J.; ELLIS, B.; PRIESTLEY, D. Loss into water of residual monomer from autopolymerizing dental acrylic resin. **Biomaterials**, v. 3, n. 3, p. 155-159, July 1982.
20. LEVIN, B.; SANDERS, J. L.; REITZ, P. V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. **J Prosthet Dent**, v. 61, n. 3, p. 381-383, Mar. 1989.
21. McCABE, J. F.; BASKER, R. M. Tissue sensitivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and its clinical application. **Br Dent J**, v. 140, n. 10, p. 347-350, May 1976.
22. NISHII, M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. **J Osaka Dent Univ**, v. 2, p. 23-40, Feb. 1968.
23. PHILLIPS, R. W. Propriedades físicas dos materiais dentários: reologia, cor, propriedades térmicas. In: PHILLIPS, R. W., ed. **Skinner materiais dentários**. 9. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1993. Cap. 3, p. 16-34.
24. PHILLIPS, R. W. Resinas para bases de dentadura: considerações técnicas e resinas diversas. In: PHILLIPS, R. W., ed. **Skinner materiais dentários**. 9. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1993. Cap. 11, p. 103-123.
25. REITZ, P. V.; SANDERS, J. L.; LEVIN, B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. **Quintessence Int**, v. 6, n. 8, p. 547-551, Aug. 1985.
26. RODRIGUES-GARCIA, R. C. M. Estudo da adaptação e porosidade de bases de próteses confeccionadas com resina acrílica dental submetida a dois ciclos de polimerização. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 10, n. 4, p. 295-302, out./dez. 1996.
27. ROHRER, M. D.; BULARD, R. A. Microwave sterilization. **J Am Dent Assoc**, v. 110, p. 194-196, Feb. 1985.
28. RUYTER, I. E. Release of formaldehyde from denture base polymers. **Acta Odontol Scand**, v. 38, n. 1, p. 17-27, Mar. 1980.
29. SANDERS, J. L.; LEVIN, B.; REITZ, P. V. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. **Quintessence Int**, v. 18, n. 7, p. 453-456, July 1987.
30. SHLOSBERG, S. R.; GOODACRE, C. J.; MUNOZ, C. A. *et al.* Microwave energy polymerization of poly (methyl methacrylate) denture base resin. **Int J Prosthodont**, v. 2, n. 5, p. 453-458, Sept./Oct. 1989.
31. STAFFORD, G. D.; BROOKS, S. C. The loss of residual monomer from acrylic orthodontic resins. **Dent Mater**, v. 1, n. 4, p. 135-138, Aug. 1985.
32. SMITH, D. C.; BAINS, M. D. The acrylic denture base. Residual monomer. **Br Dent J**, v. 105, n. 5, p. 86-91, Aug. 1956.
33. SPENCER, H. R.; GARIAEFF, P. The present status of vulcanite versus plastics: a base plate material. **Contact Point**, v. 27, p. 263-267, June 1949.
34. TAKAMATA, T.; SETCOS, J. C. Resin denture bases: review of accuracy and methods of polymerization. **Int J Prosthodont**, v. 2, n. 6, p. 555-562, Nov./Dec. 1989.
35. TAUBERT, T. R.; NOWLIN, T. P. Controlling porosity in microwave processed acrylic. **Trends Tech Contemp Dent Lab**, v. 9, n. 3, p. 45-48, Apr. 1992.
36. TRUONG, V.; THOMASZ, F. G. V. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. **Aust Dent J**, v. 33, n. 3, p. 201-204, June 1988.
37. WOLFAARDT, J. F.; CLEATON-JONES, P.; FATTI, P. The occurrence of porosity in a heat-cured poly (methyl methacrylate) denture base resin. **J Prosthet Dent**, v. 55, n. 3, p. 393-400, Mar. 1986.
38. YUNUS, N.; HARRISON, A.; HUGGET, R. Effect of microwave irradiation on the flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. **J Oral Rehabil**, v. 21, p. 641-648, Nov. 1994.

Recebido para publicação em 11/06/97
Aceito para publicação em 18/08/97