

Avaliação de monômero residual em resinas acrílicas de uso ortodôntico e protético: análise por espectroscopia

Roberto Rocha Filho*, Lylian Vieira de Paula**, Vilma Conceição Costa***, Paulo Isaias Seraidarian****

Resumo

Objetivo: duas marcas comerciais de resinas acrílicas ativadas quimicamente (RAAQ), uma de uso ortodôntico (Orto Cril®) e outra de uso protético (Jet®), polimerizadas em presença e ausência de pressão, foram analisadas em relação ao conteúdo de monômero (MMA) residual liberado em solução, em diferentes intervalos de tempo (0,083; 0,25; 1; 1,25; 2,17; 5; 9; 14 e 21 dias). **Metodologia:** a espectroscopia de absorção no ultravioleta foi utilizada na análise de soluções aquosas de MMA, com concentrações conhecidas, visando a determinação de uma curva de calibração. Soluções aquosas contendo corpos-de-prova, confeccionados com as citadas RAAQ, foram também submetidas à análise por espectroscopia de absorção no ultravioleta. **Resultados e Conclusões:** os resultados foram comparados aos dados da curva de calibração, visando estabelecer a concentração de MMA residual das amostras. Eles permitiram concluir que o nível de MMA residual liberado em solução foi mais elevado durante as primeiras 24 horas, havendo uma tendência à estabilização a partir desse período e que a resina acrílica de uso ortodôntico apresentou níveis mais elevados de MMA em solução do que a de uso protético, em ambas as condições de polimerização empregadas, com presença e ausência de pressão. Além disso, a presença de pressão, durante a polimerização das duas resinas, elevou a concentração de MMA em solução, não havendo, entretanto, efeito da interação entre as marcas das resinas e a presença e ausência de pressão na concentração de MMA em solução, medida ao longo do tempo. Porém, todas as três variáveis (tempo, resina e pressão) foram significantes.

Palavras-chave: Resinas acrílicas. Monômero residual. Metilmetacrilato. Espectroscopia.

INTRODUÇÃO

As resinas acrílicas, polímeros baseados no metilmetacrilato (MMA), possuem ampla utilização em Odontologia, principalmente nas áreas de Ortodontia e Prótese Dentária. Desde o início de sua

utilização até os dias atuais, várias técnicas para o processamento das resinas foram introduzidas com o objetivo de melhoria de suas propriedades físicas, assim como de redução do tempo do processo de polimerização³.

* Mestre em Clínica Odontológica, ênfase em Prótese Dentária pela FO-PUC Minas e Professor de Prótese Fixa da FO-PUC Minas.

** Doutora em Prótese Dentária pela FO-USP. Professora do Curso de Mestrado em Clínica Odontológica, ênfase em Prótese Dentária da FO-PUC Minas. Professora de Prótese Fixa da FO-PUC Minas.

*** Doutora em Engenharia Metalúrgica, área de concentração Ciência de Materiais pela UFMG. Pesquisadora do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear.

**** Doutor em Prótese Buco-Maxilo-Facial pela UEP - São José dos Campos. Coordenador do Curso de Mestrado em Clínica Odontológica, ênfase em Prótese Dentária da FO-PUC Minas. Professor de Oclusão da FO-PUC Minas.

Entretanto, apesar dos variados métodos adotados, a conversão do monômero em polímero nunca é completa, especialmente em resinas acrílicas ativadas quimicamente (RAAQ). Dessa forma, alguma quantidade de monômero, denominada monômero residual, está presente nesses materiais. Estudos indicam que quantidades variadas de MMA podem ser liberadas na cavidade bucal, durante o uso de aparelhos ortodônticos removíveis ou de trabalhos protéticos como placas oclusais, coroas e pontes provisórias^{2,10}. Esse monômero residual pode, além de alterar as propriedades físicas finais das resinas^{5,15}, quando em contato com a saliva e tecidos moles, levar ao aparecimento de reações teciduais locais e sistêmicas em alguns indivíduos^{7,9,14} (Fig. 1, 2).

Um ponto concernente de questionamento é o fato de resinas acrílicas, fabricadas especificamente para a construção de aparelhos ortodônticos, apresentarem níveis de monômero residual mais elevados do que as resinas acrílicas convencionais^{1,2,18}. Tal comprovação não seria esperada, uma vez que as RAAQ de uso ortodôntico representam uma evolução das resinas acrílicas de uso protético, que já possuem um período bastante extenso de utilização.

Rose et al.¹⁷, estudando a ação de resinas acrílicas de uso ortodôntico, comprovaram uma maior atividade citotóxica que nas resinas de uso protético. Ficou também evidente nesse estudo a inter-relação entre maior nível de monômero residual e maior atividade citotóxica.

A aplicação de pressão durante o processo de polimerização de RAAQ pode acelerar a velocidade da reação e reduzir a porosidade das mesmas^{4,17}. Sendo essa uma técnica freqüentemente empregada para a obtenção de aparelhos ortodônticos removíveis, alguns trabalhos encontrados na literatura também avaliaram a sua influência. Assim, Vallittu et al.¹⁹ relataram aumento na espessura da camada superficial não polimerizada em RAAQ, com aplicação de maiores níveis de pressão. Lee et al.¹⁵ relataram redução do nível de MMA residual em RAAQ processada em polimerizadora com água, temperatura e pressão, em relação à RAAQ polimerizada em condição ambiente. Entretanto, os autores concluíram ser a polimerização em água (ausência de oxigênio) o principal fator responsável pela redução do monômero residual e a temperatura o principal responsável pelo incremento das propriedades mecânicas. A variável pressão, tida como crítica no processo de polimerização de RAAQ, não mostrou influência significativa no nível de MMA residual liberado em solução, nem na dureza superficial.

O fator tempo é também uma variável a ser considerada nesse tipo de estudo. Muitos trabalhos analisaram a liberação de MMA residual em diversos intervalos de tempo e constataram uma maior liberação em solução nas primeiras 24 horas^{5,6,10,12}. Todavia, Koda et al.¹² relataram maiores níveis de MMA residual após 7 dias, utilizando corpos-de-



FIGURA 1 - Paciente em uso de aparelho ortodôntico removível.

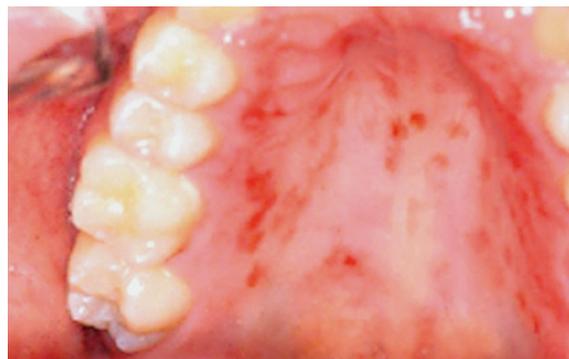


FIGURA 2 - Alterações teciduais provocadas pelo uso de aparelho ortodôntico removível.

prova confeccionados em RAAQ e RAAT (Resinas acrílicas ativadas termicamente), armazenados em soluções aquosas. Já Yunus et al.²⁰ relataram que a liberação do MMA residual em RAAQ se estabilizou em um período entre 80 e 100 horas, após a imersão dos corpos-de-prova em solução.

Devido aos questionamentos acima relatados, os objetivos do presente trabalho foram avaliar e comparar o nível de monômero residual em duas RAAQ, uma de uso ortodôntico (Orto Cril® - Dental Vipi Ltda.) e outra de uso protético (Jet® - Artigos Odontológicos Clássico Ltda.), polimerizadas em presença e ausência de pressão, em nove diferentes intervalos de tempo (0,083; 0,25; 1; 1,25; 2,17; 5; 9; 14 e 21 dias) e estabelecer a existência ou não de interação entre as marcas das resinas e presença ou ausência de pressão, na concentração de monômero residual em solução, medida ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para a quantificação do MMA residual nas RAAQ pesquisadas foi o da espectroscopia por absorção no ultravioleta. Para a determinação da concentração de MMA residual em soluções com os corpos-de-prova, houve a necessidade do estabelecimento prévio de uma curva de calibração a partir de 45 diluições de uma solução padrão de MMA (1% V/V), conforme metodologia estabelecida por Lamb et al.¹³, Stafford e Brooks¹⁸ e modificada no presente trabalho. Dessa forma, uma

solução aquosa constituída por 99ml de água deionizada (DI) e 1ml de líquido para resina acrílica autopolimerizante da marca Jet®, composto de MMA 98% e dimetiltoluidina (DMT) 2%, foi preparada e mantida hermeticamente fechada. Para melhor homogeneização, a solução padrão foi armazenada por 1 dia antes da realização das diluições. Após o período de armazenamento, foram preparadas 45 diluições, abrangendo concentrações de MMA em solução de 1×10^{-4} a 50×10^{-4} V/V%.

Para a análise através da espectroscopia de absorção no ultravioleta, foi utilizado o espectrofotômetro UV-2401 PC (Shimadzu®), com a faixa de leitura entre 190nm e 400nm, abrangendo a faixa de absorção do MMA, que se situa em torno de 210nm¹³ (Fig. 3).

Na construção da curva de calibração, os valores máximos de absorbância (medida da intensidade de absorção de energia) de cada uma das 45 diluições foi relacionado à sua correspondente concentração (Gráf. 1).

Duas marcas comerciais de RAAQ, Jet® e Orto Cril®, foram empregadas na obtenção dos corpos-de-prova, em forma de anel circular, que foram confeccionados de acordo com as especificações encontradas na ISO 1567, com as seguintes dimensões: $66 \pm 0,1$ mm de diâmetro externo, $50 \pm 0,1$ mm de diâmetro interno e $5 \pm 0,1$ mm de espessura⁸.

Foram obtidos 20 corpos-de-prova em RAAQ,



FIGURA 3 - Espectrofotômetro UV-2401 PC (Shimadzu®).

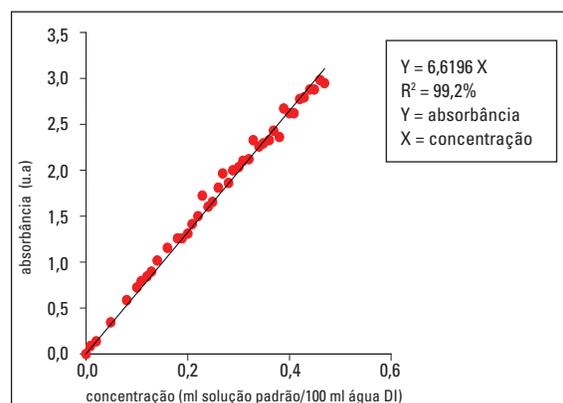


GRÁFICO 1 - Gráfico representando a relação linear entre absorbância (u.a.) e concentração (ml solução padrão/100ml de água DI).

divididos em quatro grupos, com cinco amostras em cada:

- Grupo 1: resina de uso ortodôntico Orto Cril[®], processada em uma polimerizadora de resinas M-1000[®] (EDG Equipamentos e Controle Ltda.), a 25°C, pressão de 25psi (1,75Kg/cm²), por um período de 15 minutos, de acordo com a técnica preconizada pela disciplina de Odontologia Infantil da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais¹⁶.

- Grupo 2: resina de uso protético Jet[®], processada na mesma polimerizadora de resinas e nas mesmas condições de temperatura e pressão descritas para o grupo 1.

- Grupo 3: resina de uso ortodôntico Orto Cril[®], com polimerização processada sobre bancada e à temperatura ambiente.

- Grupo 4: resina de uso protético Jet[®], com polimerização processada sobre bancada e à temperatura ambiente.

Cada um dos 20 corpos-de-prova (Fig. 4) foi colocado em um recipiente de vidro contendo 200ml de água deionizada (DI), vedado com filme plástico aderente (PVC), recoberto por papel aluminizado e atado com presilha elástica (Fig. 5). Em seguida, os recipientes foram armazenados em estufa para esterilização e secagem (Olidef[®]), a 37°C, durante todo o período da pesquisa, em um total de 21 dias.

Para a espectroscopia de absorção no ultravioleta das 20 soluções, foi utilizado o mesmo espectrofotômetro UV-2401 PC (Shimadzu[®]) do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), com a faixa de leitura entre 190nm e 400nm (Fig. 3). Foram realizadas leituras das 20 soluções que continham os corpos-de-prova, em nove diferentes intervalos de tempo (0,083; 0,25; 1; 1,25; 2,17; 5; 9; 14 e 21 dias). Em cada um dos intervalos de tempo estipulados, eram coletados 10ml de cada solução e o volume repostado com igual quantidade de água deionizada¹⁸. A seguir, as amostras das soluções coletadas eram levadas ao espectrofotômetro e realizadas as leituras. Os valores de absorbância dessas leituras foram comparados com os dados da curva

de calibração e foram obtidas as concentrações de MMA liberadas em solução, nos referidos intervalos.

Análise estatística

O presente trabalho procurou verificar a existência de diferença significativa entre o tipo de resina e a presença ou ausência de pressão, considerando-se os nove intervalos de tempo, ou seja, realizar o estudo das variáveis ao longo do tempo. Para isso, a técnica utilizada foi a Análise de Dados Longitudinais.

Da análise dos dados longitudinais do trabalho conclui-se que há mais de uma observação para cada corpo-de-prova, que as observações dos corpos-de-prova são independentes e que as observações no mesmo corpo-de-prova são dependentes.

A técnica estatística empregada consiste em ajustar um modelo aos dados. Esse é um modelo de regressão linear que utiliza o método de Máxima Verossimilhança para estimação dos coeficientes do mesmo, ou seja, uma resposta Y modelada em termos de variáveis explicativas X. Dessa forma, o Método de Máxima Verossimilhança foi empregado devido à dependência entre as observações no mesmo corpo-de-prova ao longo do tempo (estrutura de correlação de dados).

RESULTADOS

Como o objetivo do trabalho foi analisar o comportamento das resinas com presença e ausência de pressão ao longo do tempo, empregou-se o método estatístico de Análise de Dados Longitudinais. Foram consideradas as marcas das resinas, a ausência ou presença de pressão, os quatro grupos e o comportamento dos dados ao longo do tempo.

A tabela 1 mostra os dados obtidos ao se considerar a marca das resinas, isoladamente, em todos os intervalos testados. Como foram utilizados 10 corpos-de-prova para cada marca comercial de RAAQ e realizadas 9 leituras nos intervalos de tempo estipulados, obteve-se um n=90 para cada resina. Verificou-se que a variação da concentração para a resina Orto Cril[®] foi de 0,76 x 10⁻⁵g/ml a 3,82 x 10⁻⁵g/ml, com uma concentração média igual a 2,40 x 10⁻⁵g/ml.



FIGURA 4 - Corpo-de-prova após acabamento.



FIGURA 5 - Corpo-de-prova armazenado em solução de água DI.

Tabela 1 - Descritiva da concentração (g/ml) pelo tipo de resina.

variável	resina	n	média	d.p.	mínimo	máximo
concentração (g/ml)	Ortocril®	90	$2,40 \times 10^{-5}$	$0,78 \times 10^{-5}$	$0,76 \times 10^{-5}$	$3,82 \times 10^{-5}$
	Jet®	90	$1,76 \times 10^{-5}$	$0,59 \times 10^{-5}$	$0,67 \times 10^{-5}$	$3,18 \times 10^{-5}$

Tabela 2 - Descritiva da concentração (g/ml) pela pressão.

variável	pressão	n	média	d.p.	mínimo	máximo
concentração (g/ml)	ausente	90	$1,82 \times 10^{-5}$	$0,70 \times 10^{-5}$	$0,67 \times 10^{-5}$	$3,65 \times 10^{-5}$
	presente	90	$2,33 \times 10^{-5}$	$0,74 \times 10^{-5}$	$0,78 \times 10^{-5}$	$3,82 \times 10^{-5}$

Tabela 3 - Descritiva da concentração (g/ml) pelos quatro grupos.

variável	grupo	pressão	n	média	d.p.	mínimo	máximo
concentração (g/ml)	1	presente	45	$2,59 \times 10^{-5}$	$0,77 \times 10^{-5}$	$0,88 \times 10^{-5}$	$3,82 \times 10^{-5}$
	2	presente	45	$2,08 \times 10^{-5}$	$0,61 \times 10^{-5}$	$0,78 \times 10^{-5}$	$3,18 \times 10^{-5}$
	3	ausente	45	$2,21 \times 10^{-5}$	$0,75 \times 10^{-5}$	$0,76 \times 10^{-5}$	$3,65 \times 10^{-5}$
	4	ausente	45	$1,44 \times 10^{-5}$	$0,36 \times 10^{-5}$	$0,67 \times 10^{-5}$	$2,11 \times 10^{-5}$

Tabela 4 - Descritiva da concentração (g/ml) pelo intervalo de tempo.

variável	tempo (dias)	n	média	d.p.	mínimo	máximo
concentração (g/ml)	0,083	20	$0,95 \times 10^{-5}$	$0,17 \times 10^{-5}$	$0,67 \times 10^{-5}$	$1,41 \times 10^{-5}$
	0,25	20	$1,59 \times 10^{-5}$	$0,37 \times 10^{-5}$	$0,92 \times 10^{-5}$	$2,44 \times 10^{-5}$
	1	20	$2,51 \times 10^{-5}$	$0,60 \times 10^{-5}$	$1,48 \times 10^{-5}$	$3,70 \times 10^{-5}$
	1,25	20	$2,55 \times 10^{-5}$	$0,63 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-5}$	$3,76 \times 10^{-5}$
	2,17	20	$2,61 \times 10^{-5}$	$0,63 \times 10^{-5}$	$1,52 \times 10^{-5}$	$3,82 \times 10^{-5}$
	5	20	$2,48 \times 10^{-5}$	$0,63 \times 10^{-5}$	$1,49 \times 10^{-5}$	$3,62 \times 10^{-5}$
	9	20	$2,11 \times 10^{-5}$	$0,55 \times 10^{-5}$	$1,39 \times 10^{-5}$	$3,30 \times 10^{-5}$
	14	20	$1,95 \times 10^{-5}$	$0,65 \times 10^{-5}$	$1,13 \times 10^{-5}$	$3,28 \times 10^{-5}$
	21	20	$1,96 \times 10^{-5}$	$0,72 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-5}$

Já a resina Jet® apresentou uma variação da concentração de $0,67 \times 10^{-5}$ g/ml a $3,18 \times 10^{-5}$ g/ml e uma concentração média de $1,76 \times 10^{-5}$ g/ml. Observa-se que a resina Jet® foi a que levou aos menores valores da concentração de MMA em solução, assim como ao menor desvio-padrão.

A variável pressão foi também analisada isoladamente, levando-se em consideração a presença a

ausência da mesma. Pela mesma razão descrita anteriormente, o valor obtido de n foi também igual a 90.

A concentração de MMA, considerando ausência de pressão, apresentou seu menor valor igual a $0,67 \times 10^{-5}$ g/ml e o maior igual a $3,65 \times 10^{-5}$ g/ml. A concentração média foi igual a $1,82 \times 10^{-5}$ g/ml e desvio-padrão de $0,70 \times 10^{-5}$ g/ml. Em presença de pressão,

o menor valor para a concentração de MMA foi $0,78 \times 10^{-5}$ g/ml e o maior $3,82 \times 10^{-5}$ g/ml. A média foi de $2,33 \times 10^{-5}$ g/ml e o desvio-padrão igual a $0,74 \times 10^{-5}$ g/ml. Observa-se que, quando se aplica pressão, a concentração de MMA em solução aumenta (Tab. 2).

A tabela 3 apresenta os resultados da concentração média de MMA, considerando-se os quatro grupos separadamente.

Observa-se que o maior valor da concentração média de MMA ($2,59 \times 10^{-5}$ g/ml) se encontra no grupo 1 (resina ortodôntica Orto Cril[®], polimerizada com pressão), assim como a maior variação ($0,77 \times 10^{-5}$ g/ml). O grupo 4 (resina protética Jet[®], polimerizada sem pressão) apresentou o menor valor para a concentração média de MMA ($1,44 \times 10^{-5}$ g/ml) e também a menor variação ($0,36 \times 10^{-5}$ g/ml).

Quando se comparam os valores de concentração média de MMA em solução, na análise dos quatro grupos, observa-se que aqui também existe um aumento desse valor, quando se aplica pressão durante o processo de polimerização das resinas.

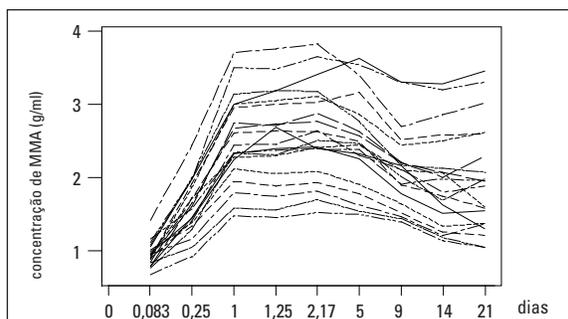


GRÁFICO 2 - Perfil geral dos corpos-de-prova.

Como a concentração de MMA foi medida em nove diferentes intervalos de tempo, também foi realizada uma análise levando-se essa variável em consideração. A tabela 4 contém as medidas-resumo para a concentração em todos os intervalos de tempo.

O gráfico 2 mostra o comportamento das 20 amostras (corpos-de-prova) em relação à concentração durante as nove medições. Nota-se que a concentração aumenta durante as primeiras 24 horas, tende a estabilizar até o quinto dia, sofre uma redução até o nono dia e depois parece ficar constante.

No gráfico 3, no qual é apresentada a concentração média de MMA nos 4 grupos, nota-se que o grupo 1, que utilizou a resina Orto Cril[®] com pressão, fornece os maiores valores da concentração média de MMA, enquanto o grupo 4, que utilizou a resina Jet[®] sem pressão, forneceu os menores valores de concentração média de MMA.

Devido à dependência entre as observações em um mesmo corpo-de-prova ao longo do tempo,

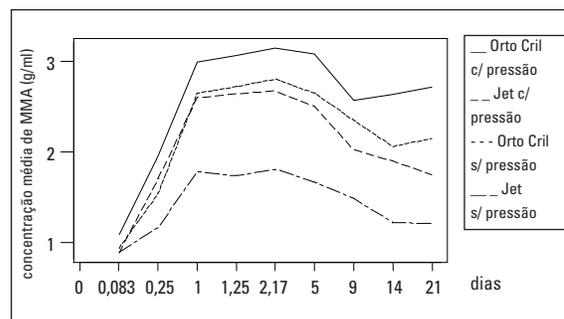


GRÁFICO 3 - Gráfico de concentração média de MMA em g/ml dos 4 grupos.

Tabela 5 - Estimativas dos coeficientes das variáveis que foram significantes.

variáveis	coeficiente	erro padrão	estatística de teste t	valor-p
intercepto	1,79	0,12	14,86	<0,0001
tempo	0,07	0,02	3,96	0,0001
resina	-0,64	0,09	-6,90	<0,0001
pressão	0,51	0,09	5,48	<0,0001

Tabela 6 - Variáveis que não foram significantes.

variáveis	estatística de teste (rv)	valor-p
interação entre tempo, resina e pressão	-0,0008	0,9994
interação entre tempo e pressão	0,9499	0,3435
interação entre tempo e resina	-1,1112	0,2680
interação entre resina e pressão	1,4273	0,1553

o tratamento estatístico empregado foi a Análise de Dados Longitudinais, que utiliza um modelo de regressão linear e o método de Máxima Verossimilhança para estimar os coeficientes das variáveis do modelo. Esse modelo de regressão recebe o nome de Modelo Marginal porque não há presença de intercepto aleatório, isto é, não há variação no início das 20 curvas de concentração. Todas as curvas saem aproximadamente do mesmo ponto, correspondente à concentração de 1×10^{-5} g/ml (Gráf. 3).

Para a verificação da significância dos coeficientes do modelo foram realizados Testes da Razão de Verossimilhança (TRV), ao nível de 5%.

De acordo com a tabela 5, para a variável Intercepto verifica-se que o valor- $p < 0,05$ (nível de significância), ou seja, há presença do Intercepto no modelo, seu valor é significativo e igual a 1,79. Para a variável tempo, o valor- $p < 0,05$, havendo diferença entre os 9 intervalos de tempo, sendo portanto essa variável significativa. Dessa forma, pode-se inferir que o comportamento da concentração de MMA muda ao longo do tempo. A variável resina também apresenta o valor- $p < 0,05$, havendo diferença entre a resina Orto Cril® e a resina Jet®, sendo essa variável significativa. De maneira semelhante às anteriores, a variável pressão também mostra um valor- $p < 0,05$, existindo diferença entre a presença ou ausência de pressão, sendo portanto a variável também significativa.

Pela tabela 6 verifica-se que a hipótese nula não foi rejeitada em todas as interações, pois o valor- $p > 0,05$ (nível de significância). Pode-se inferir que nenhum tipo de interação entre as variáveis foi significativa.

DISCUSSÃO

Vários autores relataram, em seus estudos, que as resinas de uso ortodôntico apresentaram um conteúdo de MMA residual mais elevado do que as resinas acrílicas convencionais^{1,2,17,18}. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram tais observações, já que em ambas as condições de polimerização empregadas a resina de uso ortodôntico

Orto Cril® apresentou valores médios de concentração de MMA em solução superiores aos da resina acrílica Jet® (Tab. 1). Todavia, Austin e Basker¹ reportaram que, a despeito do nível mais elevado de MMA residual encontrado em RAAQ de uso ortodôntico, parecia não haver na literatura, até aquela data, número significativo de relatos sobre alterações na mucosa bucal nesses pacientes. Na opinião dos autores, seria possível a mucosa de indivíduos jovens possuir uma resistência mais elevada à irritação química e que a qualidade e quantidade de saliva nesses indivíduos diminuísse os efeitos do MMA residual. Knott et al.¹¹, ao contrário dos autores citados anteriormente, sugeriram que o maior nível de MMA residual em resinas ortodônticas seria um fato grave, pois poderia estar havendo sensibilização desses pacientes.

Através dos resultados de nosso estudo, a comprovação da existência de maiores níveis de MMA residual em resinas acrílicas de uso ortodôntico é bastante relevante, já que as mesmas são utilizadas em pacientes jovens e poderia estar havendo sensibilização desses pacientes em idade bastante precoce.

Pode-se observar que não há, na literatura, consenso entre os diversos autores a respeito do efeito da utilização de pressão durante o procedimento de polimerização de RAAQ^{15,17,19}. Ao se analisar essa variável, pode-se verificar pela tabela 2, na qual ela é considerada isoladamente, um valor médio de $1,82 \times 10^{-5}$ g/ml de MMA nos grupos polimerizados com ausência de pressão e de $2,33 \times 10^{-5}$ g/ml de MMA nos grupos polimerizados com pressão. Com a análise estatística aplicada (Análise de Dados Longitudinais), que leva em consideração a variável tempo, nota-se que o comportamento da variável pressão é semelhante ao comportamento descrito anteriormente, ou seja, existe um aumento na concentração de MMA ao longo do tempo, quando se aplica a pressão (Gráf. 3). Esse trabalho mostra que a aplicação de pressão torna a concentração de MMA em solução mais elevada, ao contrário do trabalho realizado por Lee et al.¹⁵, no qual é analisada a influência das condições de polimeri-

zação de RAAQ (temperatura, pressão e imersão em água) sobre o nível de MMA residual liberado em solução. Foi concluído que a ausência de oxigênio (imersão em água) e a temperatura seriam dois fatores dominantes sobre o nível de MMA residual, enquanto a pressão aplicada isoladamente não teria impacto sobre esse nível.

Dos resultados obtidos no presente trabalho, poder-se-ia sugerir que a aplicação de pressão proporcionaria uma maior quantidade de oxigênio em contato com a superfície da resina em processo de polimerização. Tal fato explicaria a maior espessura de camada superficial não polimerizada, relatada por Vallittu et al.¹⁹, assim como o maior nível de MMA liberado em solução, evidenciado por nossos resultados.

Ao se considerar a variável tempo, verificou-se um aumento na concentração de MMA durante as primeiras 24 horas, tendência à estabilidade até o quinto dia, uma redução até o nono dia, para depois voltar a ficar constante (Gráf. 2). Pressupondo-se que não houvesse mais liberação de MMA em solução após o quinto dia, o resultado esperado das curvas no gráfico 2 seria que a concentração de MMA permanecesse estável durante o restante do período de observação. A diminuição da concentração de MMA, a partir do quinto dia, só poderia ser explicada pela diminuição da quantidade do mesmo em solução. Tal comportamento foi verificado nos trabalhos de Stafford, Brooks¹⁸ e Baker et al.², sendo que os últimos sugeriram duas causas para a redução da concentração de MMA. A primeira pela evaporação do MMA da solução e a segunda por hidrólise, com transformação do MMA em ácido metacrílico. Como no presente trabalho as soluções se encontravam tampadas e vedadas, fica praticamente eliminada a hipótese da evaporação. Assim sendo, a hipótese da hidrólise do MMA parece ser a mais aceitável.

Os achados dos trabalhos de Koda et al.¹² e Yunus et al.²⁰ evidenciaram que a liberação do MMA residual em RAAQ se estabilizaria em um período entre 80 e 100 horas, após a imersão dos corpos-de-prova em solução. Entretanto, os dados obtidos nes-

se trabalho mostraram que a liberação de MMA em solução ocorreu em grau mais elevado nas primeiras 24 horas, tendendo a se estabilizar a partir desse período, de acordo com a maioria de outros trabalhos encontrados na literatura^{5,6,10,15,17}. Tal comprovação nos leva a concordar com o procedimento, sugerido por Stafford, Brooks¹⁸ e Baker et al.², de imersão em água, por 24 horas, de aparelhos confeccionados em RAAQ, previamente ao uso pelos pacientes, no intuito de diminuir a quantidade de MMA residual liberada na cavidade bucal.

CONCLUSÕES

A utilização da técnica de espectroscopia de absorção no ultravioleta para a análise de soluções aquosas de MMA, nas condições estabelecidas nesse trabalho, nos permite dizer que:

1) A resina de uso ortodôntico (Orto Cril[®]) apresentou concentrações médias de MMA, em soluções aquosas, mais elevadas do que a resina de uso protético (Jet[®]).

2) A presença de pressão, durante a polimerização das resinas, elevou a concentração de MMA em solução, de forma estatisticamente significante.

3) Em ambas as resinas examinadas, a liberação de MMA em solução ocorreu em grau mais elevado nas primeiras 24 horas, tendendo a se estabilizar a partir desse período. Sendo assim é recomendável a imersão em água, por 24 horas, de aparelhos confeccionados em RAAQ, previamente ao uso pelos pacientes.

4) Os resultados encontrados permitiram concluir que não há efeito da interação entre as marcas das resinas e a ausência ou presença de pressão na concentração de MMA em solução, medida ao longo do tempo. Entretanto, todas as três variáveis (tempo, resina e pressão) são significativas.

5) Sugere-se maiores investigações sobre o efeito da aplicação de pressão durante o processo de polimerização de RAAQ sobre o nível de MMA residual e propriedades físicas.

Enviado em: dezembro de 2004
Revisado e aceito: julho de 2005

Evaluation of residual monomer in autopolymerizing acrylic resins: spectroscopy analysis

Abstract

Aim: Two commercial brands of auto polymerizing acrylic resins (one for orthodontics use, Orto Cril[®], and the other for prosthetics use, Jet[®]) were analyzed concerning the amount of methyl methacrylate (MMA) monomer dissolved in solution, processed under and not under pressure, in different intervals (0.083; 0.25; 1; 1.25; 2.17; 5; 9; 14 and 21 days). **Methods:** The ultra-violet absorption spectroscopy was used in the analysis of aqueous solutions of MMA, with known concentrations, in order to determine the calibration curve. Aqueous solutions containing samples made with the acrylic resins described above were submitted to ultra-violet absorption spectroscopy analysis.

Results and Conclusions: The results were compared to the calibration curve data, in order to establish the MMA concentration. These results led to the conclusion that the residual MMA level dissolved in the solution was higher in the first twenty-four hours, tending to stability from this period on. Auto polymerizing acrylic resins processed under pressure showed higher levels of MMA, even though it was not noticed an interaction effect between the resins brand and the presence of pressure in the level of MMA concentration measured throughout the intervals. In spite of that, the three variables (time, resins and pressure) were of noticeable importance.

Key words: Acrylic resins. Residual monomer. Methyl methacrylate. Spectroscopy.

REFERÊNCIAS

1. AUSTIN, A. T.; BASKER, R. M. The level of residual monomer in acrylic denture base materials. **Br Dent J**, London, v. 149, p. 281-286, 1980.
2. 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 R**, Chicago, v. 67, no. 10, p. 1295-1299, 1988.
3. BARTOLONI, J. A. et al. Degree of conversion in denture base materials for varied polymerization techniques. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 27, no. 6, p. 488-493, 2000.
4. CRAIG, R. G. **Restorative dental material**. 8th ed. St. Louis: Mosby, 1989.
5. DEL BEL CURY, A. A.; RACHED R. N.; GANZAROLLI, M. S. Microwave-cured acrylic resins and silicone-gypsum moulding technique. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 28, no. 5, p. 433-438, 2001.
6. HARRISON, A.; BELTON, E. L.; MEADES, K. Do self-curing acrylic resin repairs gain strength with age? **J Dent**, Bristol, v. 5, no. 4, p. 334-338, 1977.
7. HOCHMAN, N.; ZALKIND, M. Hypersensitivity to methyl methacrylate: mode of treatment. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 77, no. 1, p. 93-96, 1997.
8. INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **Specification 1567: Dentistry – Denture base polymers**. 3th ed. [Switzerland], 1999.
9. JORGE, J. H. et al. Citotoxicity of denture base acrylic resins: a literature review. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 90, no. 2, p. 190-193, 2003.
10. KEDJARUNE, U.; CHAROENWORALUK, N.; KOONTONG-KAEW, S. Release of methyl methacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: cytotoxicity testing related to residual monomer. **Aust Dent J**, Sidney, v. 4, no. 1, p. 25-30, 1999.
11. KNOTT, N. J. et al. Are present denture base materials and standards satisfactory? **Br Dent J**, London, v. 165, p. 198-200, 1988.
12. KODA, T. et al. High-performance liquid chromatographic estimation of eluates from denture base polymers. **J Dent**, Bristol, v. 17, no. 2, p. 84-89, 1989.
13. LAMB, D. J.; ELLIS, B.; PRIESTLEY, D. Loss into water of residual monomer from autopolymerizing dental acrylic resin. **Biomaterials**, Guilford, v. 3, p. 155-159, 1982.
14. LASSILA, L. V. J.; VALLITTU, P. K. Denture base polymer Alldent Sinomer ®: mechanical properties, water sorption and release of residual compounds. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 28, no. 7, p. 607-613, 2001.
15. LEE, S. Y.; LAI, Y. L.; HSU, T. S. Influence of polymerization conditions on monomer elution and microhardness of autopolymerized polymethyl methacrylate resin. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 110, p. 179-183, 2002.
16. PEREIRA, T. J.; LEITE, A. J. **Manual de laboratório: disciplina de Odontologia infantil**. Belo Horizonte: Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2001.
17. ROSE, E. C. et al. Contribution to the biological assessment of orthodontic acrylic materials: measurement of their residual monomer output and cytotoxicity. **J Orofac Orthop**, Munchen, v. 61, no. 4, p. 246-257, 2000.
18. STAFFORD, G. D.; BROOKS, S. C. The loss of residual monomer from acrylic orthodontics resins. **Dent Mater**, Tokyo, v. 1, no. 4, p. 133-138, 1985.
19. VALLITTU, P. K.; RUYTER, I. E.; BUYKULMAZ, S. Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymers. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 106, no. 1, p. 588-593, 1998.
20. YUNUS, N.; HARRISON, A.; HUGGETT, R. Effect of microwave irradiation on the flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 21, no. 6, p. 641-648, 1994.

Endereço de correspondência

Roberto Rocha Filho
Rua Alagoas 1460 s/ 502
CEP: 30.130-160 - Belo Horizonte/MG
E-mail: robertorocha@pucminas.br