

Avaliação da força de retenção de grampos circunferenciais para prótese parcial removível obtidos por dois métodos de fusão¹

Evaluation of retention force of removable partial dentures circumferential clasps made by two casting methods

Eliana Pereira da SILVA - Pós-graduanda da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, Área de Concentração: Reabilitação Oral
Renata Cristina Silveira RODRIGUES - Pós-graduanda da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, Área de Concentração: Reabilitação Oral

Maria da Glória Chiarello de MATTOS - Professor Titular de Prótese Parcial Removível, Depto. de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP

Ricardo Faria RIBEIRO - Professor Associado de Prótese Parcial Removível, Depto. de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP

¹ Resumo de Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP

Relevância Clínica

As estruturas metálicas de prótese parcial removível têm sido obtidas nos laboratórios protéticos de forma bastante empírica, o que acaba gerando casos de insucesso. Este trabalho tem como objetivo demonstrar que é plenamente possível confeccionar estruturas metálicas adequadas que garantam, aliadas ao correto planejamento e execução, amplo sucesso às reabilitações que usam a prótese parcial removível como alternativa.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a força de retenção de grampos circunferenciais de Prótese Parcial Removível obtidos em ligas de cobalto-cromo submetidas a dois métodos de fusão. As ligas foram fundidas sob chama direta e por indução sob vácuo, sendo injetadas no molde por centrifugação. Utilizando duas ligas comerciais: Vera-PDI e Wironit, foram fundidos 24 corpos-de-prova, 12 para cada método de fusão, sendo seis para cada liga. Para a realização do ensaio foi utilizado um aparelho de teste que permitiu a inserção e remoção da estrutura metálica sobre uma matriz de cobalto-cromo, simulando a colocação da prótese pelo paciente. Foram executados, para cada corpo-de-prova, 5450 ciclos represen-

tando o uso simulado correspondente ao período de cinco anos, sendo medida a força requerida nos movimentos de inserção e remoção. Os dados gerados no ensaio foram coletados por um computador conectado à máquina de teste e submetidos à análise estatística para avaliar sua significância, evidenciando que tanto a liga quanto o método de fusão alteraram o comportamento mecânico das estruturas metálicas (teste t de Student) com aumento significativo ($\alpha=0,01$) dos valores de força observados quando as ligas foram fundidas por indução, e que a liga Vera-PDI sempre apresentou os maiores valores para as forças de inserção e remoção.

Palavras-Chave

Prótese parcial removível; ligas de cromo; técnica de fundição odontológica; grampos dentários.

Introdução

O processo de fundição foi introduzido na Odontologia por Philbrook em 1897 e popularizado por Taggart dez anos mais tarde¹. Desde então as pesquisas têm sido constantes para o seu aperfeiçoamento.

A técnica de fundição utilizada constitui fator relevante, visto que procedimentos de aquecimento, temperatura da liga e do

anel, técnica de fusão, tipo de revestimento, podem influenciar as propriedades obtidas, tais com resistência à tração, limite de escoamento, ductilidade, dureza e alongamento^{5,6,15}.

Na década de 1930 surgiram as ligas de cobalto-cromo que, desde então, tornaram-se as mais indicadas para a confecção de estruturas de prótese parcial removível (PPR)¹⁷. A popularidade dessas ligas pode ser atribuída à baixa densidade, que propicia a obtenção de peças mais leves e delicadas, à alta resistência à corrosão, alto módulo de elasticidade e baixo preço, em comparação com as ligas de ouro¹⁸.

Para que se pudesse obter fundições consideradas boas com as ligas de cobalto-cromo era recomendado o uso das chamas de acetileno-oxigênio, em razão das altas temperaturas exigidas durante o processo. Porém, para prevenir a adição de carbono à liga, tem-se recomendado a fusão por indução¹⁴.

Com o uso de chamas para a fusão das ligas é mais difícil prevenir o superaquecimento da liga durante o processo de fundição. O superaquecimento da liga resulta numa estrutura granular grosseira que, em estruturas pequenas como os grampos, poderá causar maior tendência à fragilidade, ocasionando propriedades mecânicas impróprias. Devido ao alto custo do método de fundição por indução a escolha recai, naturalmente, sobre os métodos de chama direta⁹.

A ocorrência de defeitos e porosidades em estruturas fundidas pode variar de acordo com a técnica de fusão da liga^{15,17}, e com a distância da chama¹. Embora haja controvérsias, alguns autores observaram que as propriedades mecânicas da liga de cobalto-cromo não podem ser melhoradas por tratamento térmico após a fundição, diferentemente das ligas áureas^{8,16}.

Um estudo comparativo entre a fundição por indução e por chama mostrou que a fundição por indução não era superior ao método por chama, a não ser que fosse utilizada atmosfera inerte de argônio, e que ambas poderiam causar alterações na composição da liga¹¹. Os autores observaram o grau de variação do tamanho dos grãos, com maior variação para as ligas fundidas por indução, e a resistência à tração e o limite convencional de escoamento, com resultados semelhantes.

Em relação à fratura por fadiga, é necessário considerar o número de vezes em que a carga é aplicada sobre a estrutura metálica, pois o grampo atua normalmente abaixo do limite de proporcionalidade da liga, não sendo esta carga suficiente para causar deformações permanentes ou fraturas⁷.

Segundo alguns autores, possíveis fracassos das PPR podem ser atribuídos a fundições incorretas, dentre outras causas, com fraturas resultantes da fragilidade da liga⁵. É importante ressaltar que diferentes ligas não se comportam igualmente quando submetidas ao teste de fadiga flexural⁴.

Estudos recentes determinaram que a resistência à fadiga dos grampos pode ser aumentada pelo prolongamento da fusão por indução^{20,21,22} e a ductilidade das ligas também pode ser melhorada com este método de fusão¹⁵.

Nos laboratórios protéticos comerciais a fusão é realizada

quase que exclusivamente sob chama de gás-oxigênio, contrariando as recomendações dos fabricantes das ligas de cobalto-cromo (indução ou chama de acetileno-oxigênio), podendo resultar em alterações das propriedades químicas e mecânicas da liga¹⁸.

O objetivo deste estudo foi avaliar a força de retenção de grampos circunferenciais para PPR quando obtidos por dois métodos de fusão diferentes.

Material e Métodos

Para a realização do ensaio simulando a inserção e remoção da estrutura metálica foi confeccionada uma matriz em liga de cobalto-cromo representando um segmento de hemi-arco mandibular direito parcialmente desdentado. Nos dentes pilares (45 e 47) foi calibrada retenção de 0,50mm nas posições indicadas para o posicionamento de grampos circunferenciais. Embora a retenção indicada para as ligas de cobalto-cromo seja de 0,25 mm, foi utilizada a retenção de 0,50mm para simular a atuação rotineira dos laboratórios de prótese que, na falta de planejamento realizado por dentistas, utilizam tal retenção como ideal. Também foram preparados nichos oclusais e planos guia proximais e linguais, em ambos os dentes pilares, para individualização da trajetória de inserção (Figura 1).

A matriz foi aliviada e duplicada em silicone (Elite Double, Zhermack, Itália) para a obtenção dos modelos refratários em revestimento fosfatado (Termocast, Polidental, Brasil). Sobre estes modelos foram posicionados padrões pré-fabricados de grampos circunferenciais (Rewax, Renfert GmbH, Alemanha), sendo confeccionados 12 corpos-de-prova por método de fusão (seis para cada liga), totalizando 24 corpos-de-prova.

Para o grupo I foi utilizada fusão sob chama de gás-oxigênio (5kgf/cm²), com a injeção da liga no molde por centrifugação, com tensão de três voltas da mola da centrífuga.

Para o grupo II a fusão foi realizada por indução sob vácuo, utilizando a máquina Neutrodyn Easity (F.lli Manfredi, Itália), com injeção da liga por centrifugação (centrífuga elétrica incorporada à câmara interna da máquina).

Foram utilizadas as ligas Vera-PDI (Aalba Dent Inc., EUA) e Wironit (Bego, Alemanha), cujas composições e intervalos de fusão são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1- Ligas de cobalto-cromo utilizadas:

Liga (Nome comercial)	Composição (% em massa)	Intervalo de fusão
Vera-PDI	Co: 63,5%; Cr: 27%; Mo: 5,5%	1360-1390° C
Wironit	Co: 64,0%; Cr: 28,5%; Mo: 5,0%; Si: 1,0%; Mn: 1,0%; C: 0,5%	1305-1260° C

Informações dos fabricantes

Após a fundição as peças foram desincluídas e jateadas com óxido de alumínio ($80\text{lib/pol}^2 = 5,62\text{kgf/cm}^2$). A seguir, quando necessário, rebarbas e pequenos nódulos foram cuidadosamente removidos. Os corpos-de-prova foram, então, submetidos a polimento eletrolítico padronizado, cujo aspecto final pode ser visto na Figura 2.

Para a realização do ensaio foi utilizado o aparelho de teste desenvolvido por Ribeiro¹⁹ (1998), Figuras 3 e 4, que permite a inserção (Figura 5) e a remoção (Figura 6) da estrutura metálica sobre os dentes pilares, simulando a colocação da PPR pelo paciente. Foram executados, para cada corpo-de-prova, 5450 ciclos, representando o uso simulado da estrutura metálica correspondente ao período de cinco anos, considerando a realização de três ciclos inserção-remoção/dia.

Em intervalos correspondentes aos períodos de simulação (0, 1/2, 1, 2, 3, 4 e 5 anos) foi medida a força (N) requerida para cada ciclo nos movimentos de inserção e remoção para cada corpo-de-prova, e os dados gerados foram coletados por um computador conectado à máquina de ensaios e posteriormente submetidos à análise estatística para avaliar sua significância.



Figura 1



Figura 2

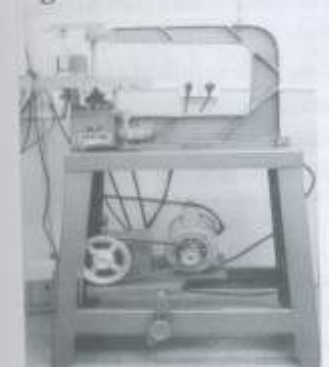


Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6

Resultados

Para a análise estatística dos dados obtidos foi empregado o programa GMC 7.7 (Departamento de Morfologia, Estomatologia e Fisiologia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP). A análise preliminar do conjunto de resultados indicou que a distribuição amostral era normal e homogênea, autorizando o uso da estatística paramétrica, sendo utilizado o teste t de Student para comparações de amostras independentes, duas a duas. Os resultados são apresentados na Tabela 1. Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise estatística, que evidencia a ocorrência de diferença estatisticamente significativa em nível de 1% para as diversas comparações que podem ser realizadas ($\alpha = 0,01$).

Na Figura 7 está representado o gráfico do comportamento médio das ligas Vera-PDI e Wironit, em função de suas condições experimentais (ligas/métodos de fusão) ao longo dos períodos de tempo de observação propostos durante o ensaio de simulação de uso.

Tabela 1 - Ligas/método de fusão X tempo - Médias (N)
Tempo de uso simulado (anos)

LIGAS	0	1/2	1	2	3	4	5	Média ± s
Vera-PDI Indução	32,61	41,56	43,24	41,30	45,81	45,02	43,97	41,93 ± 4,43
Vera-PDI Chama	26,53	28,73	28,78	30,17	30,61	29,94	29,23	28,14 ± 1,35
Wironit Indução	28,83	31,06	33,08	33,81	33,97	33,54	33,28	32,51 ± 1,89
Wironit Chama	15,84	23,63	25,39	23,92	23,58	23,40	22,83	22,46 ± 3,11

Tabela 2 - Comparações entre condições experimentais (teste t de Student)

Amostras comparadas	T calculado	Prob. H ₀
Vera-PDI/Indução X Wironit/Indução	5,17	0,04%*
Vera-PDI/Chama X Wironit/Chama	5,06	0,04%*
Vera-PDI/Indução X Vera-PDI/Chama	7,30	0,00%*
Wironit/Indução X Wironit/Chama	7,17	0,00%*
Vera-PDI/Indução X Wironit/Chama	9,42	0,00%*
Vera-PDI/Chama X Wironit/Indução	3,83	0,26%*

* Significante em nível de 1% ($\alpha = 0,01$)

Observa-se de maneira geral, comportamento ascendente para os valores de força registrados ao longo dos ensaios. O comportamento verificado para as condições experimentais propostas (variação do método de fusão) de todas as ligas é bastante homogêneo, com pequenas oscilações. A maior variação foi observada para a combinação liga Vera-PDI fundida por indução, que apresenta evidente aumento da força, especialmente no primeiro intervalo de tempo do ensaio. A liga Wironit, fundida sob chama de gás-oxigênio, apresentou grande aumento de força até o período de 1 ano de simulação de uso, tendo ligeira queda a partir de então até o final do ensaio. Para as demais combinações experimentais, liga Vera-PDI fundida sob chama de gás-oxigênio e liga Wironit fundida por indução, houve maior constância dos valores de força, com aumentos menos evidentes durante os ensaios.

É interessante observar que os valores de força observados ao final dos ensaios foram maiores que os iniciais, evidenciando a manutenção da capacidade retentiva dos grampos nestas condições.

Apesar das variações de força observadas, não foram registradas fraturas de corpos-de-prova ao longo dos ensaios.

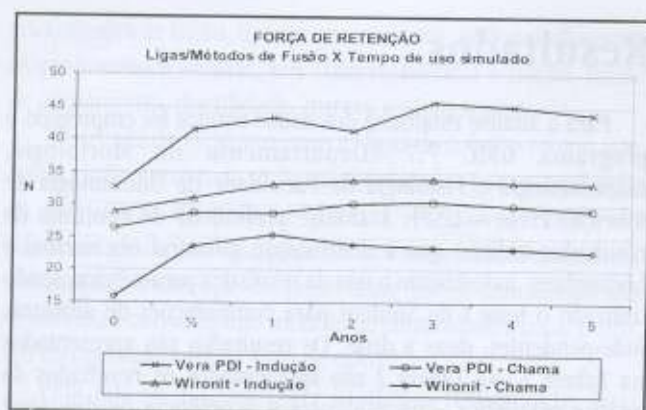


Figura 7- Gráfico do comportamento médio das ligas ao longo do ensaio

Discussão

O procedimento de fundição das ligas odontológicas nos laboratórios é afetado por alguns fatores que influenciam as propriedades da liga fundida, como a temperatura de fundição, que influi na estrutura microscópica e nas propriedades mecânicas^{12,22}.

Os resultados mais satisfatórios são obtidos com aparelhos mais complexos que permitem o ajuste e o controle da aceleração da centrifuga, temperatura e velocidade da fundição¹⁵.

O aquecimento intenso ou prolongado durante a fusão da liga é prejudicial, pois poderá provocar evaporação de alguns componentes. Este fator é particularmente importante quando se emprega o calor da chama de gás-oxigênio, e não há controle da quantidade de calor aplicado à liga, podendo haver a formação de uma nova liga, diferente da inicial⁷.

Outro fator importante é o controle do teor de carbono das ligas de cobalto-cromo, porque modificações da composição da liga alteram o comportamento mecânico^{5,8,14,19}.

Como relatado em outros trabalhos^{4,10}, foi constatado neste estudo que grampos fundidos por indução apresentaram maiores valores de força ao longo dos ciclos de inserção/remoção para ambas as ligas estudadas.

Ao contrário de outros trabalhos que relataram perda de retenção logo após a instalação da prótese^{2,21,22}, neste estudo foi observado aumento dos valores de força até o período de três anos de simulação de uso, com pequena queda a partir deste intervalo de tempo para o final do ensaio. Este fato pode ser explicado pelo trabalho mecânico a frio desenvolvido sobre os grampos, inclusive pela utilização de retenção de 0,50mm, maior que a indicada para grampos confeccionados com ligas de cobalto-cromo, que resultariam em encurtamento do metal. Embora possa ser interessante o aumento da força de retenção, por outro lado, é importante considerar que essa força seria mais facilmente transmitida ao periodonto, e a liga, encurvada, apresentaria redução na sua resistência limite, por fadiga.

Apesar das ligas pertencerem ao sistema básico de cobalto-cromo e, teoricamente, apresentarem módulos de elasticidade semelhantes, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre elas quanto ao comportamento registrado durante os ensaios. Embora houvesse padronização de todo o processo de obtenção dos corpos-de-prova, desde o encerramento até a fundição, a composição própria

de cada uma delas pode ter individualizado o comportamento observado¹⁰.

Estudos anteriores compararam a fundição por indução e sob chama¹¹, com resultados indicando que a fundição por indução não era superior ao método por chama, a não ser que se usasse uma atmosfera inerte controlada, por exemplo de argônio. Neste estudo os resultados obtidos demonstraram que tanto a liga quanto o método de fundição influenciaram no comportamento observado durante os ensaios.

Ao permitir controle mais exato das variáveis envolvidas, a fundição por indução sob vácuo seria mais indicada para garantir resultados satisfatórios com segurança. Por sua vez, a fundição sob chama direta, especialmente com chama de gás-oxigênio, está mais sujeita aos efeitos de vários fatores que podem levar a variações dos resultados obtidos e, quanto maior a variação de valores, maior a chance de que problemas possam ocorrer.

A discrepância entre os resultados observados quando se comparam os dois métodos de fundição para cada uma das ligas, demonstra comportamento mecânico diferente, que poderia ser explicado por alterações de microestrutura, não pesquisadas neste trabalho, mas relatadas por vários autores.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que:

- Tanto as ligas, como os métodos de fusão empregados, influenciaram a força de retenção observada para os grampos circunferenciais de PPR;
- O método de fusão por indução sob vácuo aumentou a força necessária à remoção dos corpos-de-prova;
- Poder-se-ia indicar a liga Wironit como melhor alternativa para o uso clínico devido ao fato de que, embora gere menores valores de força, mantém a capacidade retentiva dos grampos;
- Tomados os devidos cuidados, pode-se utilizar a fusão sob chama direta de gás-oxigênio, embora tenham sido obtidos menores valores de força de retenção do que aqueles obtidos com a fusão por indução que, sob este aspecto, seria a mais indicada.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the retention force of removable partial dentures circumferential clasps obtained in cobalt-chromium alloys under two casting methods. The alloys were casted by direct flame and for induction under vacuum, and injected into the mold by centrifugation. Using two commercial alloys: Vera-PDI and Wironit, twenty-four samples were obtained, 12 for each cast method, six for each alloy. The test was accomplished in a machine that allowed the insertion and removal of the metal framework on a cobalt-chromium matrix, simulating the placement of the prosthesis by a patient. Each sample was submitted to 5450 cycles representing a 5-years simulated use. The force requested in the insertion and removal movements was measured. A computer connected to

the test machine collected the data generated by each sample. These data were submitted to the statistical analysis (Student's t test), showing that so much the alloys as the cast method alter the mechanical behavior of the metal frameworks ($\alpha = 0.01$). The studied alloys had a significant increase in the load values when melted by induction, and Vera-PDI alloy always have the higher force values.

Keywords

Removable partial dentures; chromium alloys; dental casting technique; dental clasps.

Referências

1. ANUSAVICE, K.J. Ligas odontológicas para fundição. In: PHILLIPS, R.W. **Materiais dentários de Phillips**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. cap. 20, p.248-270.
2. BATES, J. F. Studies related to the fracture of partial dentures - The functional strain in cobalt-chromium: a preliminary report. **Br. Dent. J.**, London, v. 120, n. 2, p. 79-83, Jan. 1966.
3. BATES, J.F.; SCOTT, J. Studies related to the fracture of partial dentures - Fractography of cobalt-chromium alloys. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v. 7, n. 5, p. 419-429, Sept. 1973.
4. BOMBONATTI, P.E.; GARLIPP, O.A.; BARROS, L.E. Resistência a flexões sucessivas de ligas de cromo-cobalto. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, São Paulo, v. 22, n. 6, p. 241-245, nov./dez. 1968.
5. CARTER, T.J.; KIDD, J.N. The precision casting of cobalt-chromium alloy. Part I - the influence of casting variables on dimensions and finish. **Br. Dent. J.**, London, v. 118, n. 9, p. 383-390, May 1965.
6. CARTER, T.J.; KIDD, J.N. The precision casting of cobalt-chromium alloy. Part II - The influence of casting on microstructure and mechanical properties. **Br. Dent. J.**, London, v. 118, n. 9, p. 431-436, May 1965.
7. CRAIG, R.G. Dental casting of Metals. In: _____ **Restorative dental materials**, 6th ed., St Louis: Mosby, 1980. Cap. 12, p. 230-41.
8. DHARMAR, S.; RATHNASAMY, J. Radiographic and metallographic evaluation of porosity defects and grain structure of cast chromium cobalt removable partial dentures. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 69, n. 4, p. 369-373, Apr. 1993.
9. EARNSHAW, R. Cobalt-chromium alloy in Dentistry. **Br. Dent. J.**, London, v. 101, n. 3, p. 67-75, Aug. 1956.
10. FREGONESI, L.A. **Estudo comparativo de algumas propriedades físicas e da microestrutura de ligas à base de cobalto-cromo, após três fusões sucessivas**. 1991, 137 f. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
11. HARCOURT, H.J.; COTTERILL, W.F. Induction melting of cobalt-chromium alloys. A comparison with flame melting. **Br. Dent. J.**, London, v. 118, n. 8, p. 323-329, Apr. 1965.
12. HERÖ, H. Effect of casting temperature on some properties of Co-Cr-Mo dental casting alloys. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 42, p. 371-377, Dec. 1984.
13. HERÖ, H. et al. Ductility and structure of some cobalt-base dental casting alloys. **Biomaterials**, Guildford, v. 5, n. 4, p. 210-218, Jul. 1984.
14. LEINFELDER, K.; LEMMONS, J.E. Base metal alloys and biomaterials for dental surgical implants. In: _____ **Clinical restorative materials and techniques**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1988. p. 139-149.
15. LEWIS, A. J. Failure of removable partial denture castings during service. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 39, n. 2, p. 147-149, Feb. 1978.
16. HUGET, E.F. Ligas de metais básicos. In: O'BRIEN, W.J.; RYGE, G. **Materiais dentários**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981, cap. 23, p. 245-256.
17. OSBORNE, J.; LAMMIE, G. A. Some observations concerning chrome-cobalt denture bases. **Br. Dent. J.**, London, v. 94, n. 3, p. 55-67, Feb. 1953.
18. REISBICK, M.H.; CAPUTO, A.A. Influence of loading rates on mechanical properties of cobalt-chromium alloys. **Br. Dent. J.**, London, v. 138, n. 8, p. 295-298, Apr. 1975.
19. RIBEIRO, R.F. **Análise do comportamento de ligas de cobalto-cromo em diferentes condições de reaproveitamento**. 1998. 159 f. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
20. STRANDMAN, E. Influence of different types of acetylene-oxygen flames on the carbon content of a dental Co-Cr alloy. **Odontol. Revy**, Lund, v. 27, n. 3, p. 223-238, Mar. 1976.
21. VALLITTU, P.K.; MIETTINEN, T. Duration of induction melting of cobalt-chromium alloy and its effect on resistance to deflection fatigue of cast denture clasps. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 75, n. 3, p. 332-336, Mar. 1996.
22. VALLITTU, P.K.; KÖKKÖNEN, M. Deflection fatigue of cobalt-chromium, titanium, and gold alloy cast denture clasp. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 74, n. 4, p. 412-419, Oct. 1995.

Endereço para correspondência:

Ricardo Faria Ribeiro
 Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP
 Depto. de Materiais Dentários e Prótese
 Av. do Café, s/n - Monte Alegre 14040-904 - Ribeirão Preto - SP
 Fone: (0xx16) 602-4005; Fax: (0xx16) 633-0999
 E-mail: rribeiro@forp.usp.br