

Resistência ao cisalhamento da união de sistemas cerâmicos e ligas de Ni-Cr contendo ou não berílio

Stefan Fiuza de Carvalho DEKON^a, Adriana Cristina ZAVANELLI^a,
Cristina do Amparo RESENDE^b, Luis Roberto Marcondes MARTINS^c

^aDepartamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia, UNESP
16015-050 Araçatuba - SP

^bMestranda do Curso de Clínica Odontológica,
Dentística, Faculdade de Odontologia, UNICAMP
13414-903 Piracicaba - SP

^cDepartamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia, UNICAMP
13414-903 Piracicaba - SP

Dekon SFC, Zavanelli AC, Resende CA, Martins LRM. Shear bond strength be of ceramic systems and Ni-Cr-based Alloys containing or not beryllium. Rev Odontol UNESP. 2005; 34 (1): 25-30.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência da união metal/cerâmica entre duas ligas à base de Ni-Cr (com ou sem Be) e três sistemas cerâmicos por meio de um teste de cisalhamento. Diante dos resultados (kgf) analisados estatisticamente pelo teste ANOVA e, posteriormente, pelo Tukey a 5%, foi possível concluir que: o sistema cerâmico Williams associado à liga Durabond apresentou os maiores valores de resistência ao cisalhamento (59,78), diferindo estatisticamente dos demais sistemas avaliados ($P < 0,05$); não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos confeccionados pela associação dos sistemas metal/cerâmica Durabond/Vita VMK (53,39), Litecast/Vita VMK (53,21) e Litecast/Williams (46,58) ($P > 0,05$); o sistema cerâmico Noritake apresentou os menores valores de resistência ao cisalhamento independente da liga utilizada (Durabond/Noritake - 32,36; Litecast/Noritake - 30,09) ($P < 0,05$).

Palavras-chave: Resistência de união; liga metalocerâmica.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the bond strength metal/ceramic between two Ni-Cr –based alloys (with or without beryllium) and three ceramics systems using a shear test. In front of results (kgf) analyzed statistically by ANOVA test and, subsequently by Tukey's test 5%, was possible concluded that: for Williams ceramic system associate to Durabond alloy showed the greatest values of shear bond strength (59.78), differing statistically of the others systems evaluated ($P < 0.05$); there isn't difference statistically significant among the groups manufacturing by association to metal/ceramic systems Durabond/Vita VMK (53.39), Litecast/Vita VMK (53.21) e Litecast/Williams (46.58) ($P > 0.05$); the Noritake ceramic system showed the least values of shear bond strength independent of alloy used (Durabond/Noritake - 32.36; Litecast/Noritake - 30.09) ($P < 0.05$).

Keywords: Bond strength; metal ceramic-alloys.

Introdução

A natureza da união entre ligas metálicas e porcelanas dentárias tem sido alvo de consideráveis discussões, justificadas pelo fato de que o sucesso de uma coroa metalocerâmica depende muito da resistência da união do sistema metalocerâmico.

Segundo Yamamoto¹⁸ (1985), 7% das restaurações metalocerâmicas estão sujeitas a fraturas e/ou separação

da porcelana; no entanto, um parecer definitivo sobre quais materiais e técnicas a serem empregados para obtenção dessas restaurações torna-se difícil em razão da variedade de conceitos preconizados pelos diferentes autores em relação às técnicas para sua confecção.

Nos anos 70, o uso de porcelanas aplicadas sobre ligas alternativas obteve grande aceitação por causa das proprieda-

des mecânicas favoráveis das mesmas e, também, por apresentarem custo inferior ao das ligas de metais nobres⁴. A liga (à base) de níquel-cromo é a principal representante destas ligas e pode ser encontrada com a adição de vários outros elementos como, por exemplo, Ti (titânio), Be (berílio).

O acréscimo de Be nas ligas à base de Ni-Cr melhora a propriedade de fusão e a interação com as cerâmicas odontológicas³, porém impregna o ar atmosférico durante os processos de usinagem, ou mesmo durante a fundição da liga, fato que exige cuidados especiais como proteção do operador e realização do processo em ambiente isolado a fim de evitar possíveis contaminações.

A beriliose é uma doença associada ao berílio, a qual acomete o organismo via aparelho respiratório. Os sintomas da intoxicação são: lesões cutâneas do tipo dermatite de contato, conjuntivite, rinofaringite e pneumonia química com edema pulmonar¹².

Wataha et al.¹⁶ (2002), avaliaram *in vitro* a toxicidade de cinco tipos de ligas odontológicas, duas à base de Ni-Cr, uma delas contendo Be, por meio de culturas de células. Após a realização de escovação em ambiente ácido (pH 4) ou escovação com pasta dental, as ligas foram comparadas com um grupo controle (sem escovação). Os autores reportaram que, para as ligas à base de Ni-Cr, o ambiente ácido não interferiu na toxicidade. Após escovação com pasta dental, porém, ambas as ligas à base de Ni-Cr apresentaram maior toxicidade, tendo a liga contendo berílio aumentado sua toxicidade em 60% quando comparada ao grupo controle. Esse aumento da toxicidade também ocorreu com as ligas à base de Ni-Cr sem berílio, porém de maneira mais branda (10% a 15%). Os autores concluíram que a escovação das ligas pode aumentar sua toxicidade *in vitro*, mas que esse aumento depende do tipo de liga e da condição de escovação.

Para a ocorrência de uma união metalocerâmica efetiva, é necessário que exista na superfície do substrato metálico uma camada de óxido com a finalidade de promover a união química entre o metal e a cerâmica¹³.

As ligas alternativas, tendo como principais representantes as à base de Ni-Cr, possuem facilidade de formação de uma camada superficial de oxidação durante o processo de cocção da cerâmica e, sendo assim, há necessidade de um controle da oxidação prévia à aplicação do sistema cerâmico. Dekon et al.,⁸ em um experimento utilizando uma liga comercial nacional à base de Ni-Cr, reportaram que, para a liga estudada, esse processo diminuiu os valores de resistência da união metalocerâmica. McLean¹³, em 1983, mostrou haver uma alteração na velocidade de oxidação das ligas à base de Ni-Cr que contém Be. Relatou que as ligas contendo berílio parecem possuir uma temperatura menor de fundição, menor contração e melhor precisão de fundição, o que, segundo o autor, torna as características de tais ligas superiores às das que não possuem berílio na composição.

Diante da melhoria de algumas propriedades das ligas à base de Ni-Cr que contém berílio, acima relatadas, esse estudo objetivou estudar a propriedade de resistência de união entre duas ligas contendo metais como: Ni-Cr (Durabond MS II – Odonto Comercial Importadora LTDA, São Paulo - SP) e Ni-Cr-Be (Litecast – Williams Dental - USA) associadas a três sistemas cerâmicos importados de grande aceitação no mercado nacional: Vita VMK (Vita – Alemanha), Super Porcelain EX-3 (Noritake – USA) e Will-Ceram (Williams - USA), avaliados por meio do teste de resistência ao cisalhamento.

Material e método

Os fatores em estudo foram o tipo de liga em dois níveis experimentais: presença ou ausência de berílio na composição da liga e o sistema cerâmico utilizado: Vita VMK (Vita - Alemanha), Super Porcelain EX-3 (Noritake - USA), Will-Ceram (Williams - USA). A variável resposta foi a resistência ao cisalhamento em quilograma-força (kgf), medida em 60 unidades experimentais num delineamento inteiramente ao acaso.

Existem vários testes para determinar a resistência de união metalocerâmica que foram preconizados por diferentes autores, como Shell, Nielsen¹⁵ (1962); Anthony et al.¹ (1970); Civjan et al.⁷ (1974); Lavine, Custer¹¹ (1966); Caputo et al.⁴ (1977). Neste experimento utilizou-se o método proposto por Chiodi Netto⁶ (1981), que é um teste de cisalhamento modificado a partir daquele preconizado por Shell, Nielsen¹⁵ (1962).

Padrões de cera cilíndricos com 15,0 mm de altura e 5,0 mm de diâmetro foram obtidos por meio de uma matriz especialmente desenvolvida para o estudo. Posteriormente à inclusão em revestimento fosfatado (Microfine 1700 (Talladium, Inc.), o processo de fundição foi realizado por meio de uma máquina de centrifugação (J. Safrany, São Paulo – SP, Brasil) armada com cinco voltas e uma mistura de gás-oxigênio com pressão indicada pelo fabricante, através de um maçarico com furos múltiplos (Draeger).

Após usinagem superficial com pedras de óxido de alumínio, as amostras foram lavadas com escova e água corrente e jateadas com óxido de alumínio (50 micrometros), durante 30 segundos, com a ponta do ejetor a 1,0 cm da amostra, objetivando-se uma textura superficial padronizada. Posteriormente, as amostras metálicas receberam tratamento superficial com ultra-som (Mini Sono-Cleaner CA-1470, Kaijo Denki Co Ltda., Tokyo, Japan), por um período de 5 minutos, e limpeza com jatos de vapor (Vapor-Jet). Os corpos-de-prova foram retirados da água destilada com o auxílio de uma pinça e permaneceram livres de toque com as mãos, estando prontos para receberem as respectivas cerâmicas (Figura 1).

Aplicação da porcelana

Cada sistema cerâmico avaliado foi manipulado com seu respectivo líquido de aglutinação segundo as recomendações dos fabricantes. A quantidade de material cerâmico a ser aplicado foi padronizada utilizando-se de uma matriz especial com duas porções superiores móveis, em forma semicircular de 3,0 mm de altura, que apresentava um orifício de 6,0 mm de diâmetro para aplicação da cerâmica opaca e de 7,0 mm para cerâmica de corpo, respectivamente (Figura 2). Foram aplicadas duas camadas de opaco e duas camadas de corpo, sendo cada uma das amostras medida por meio de paquímetro digital em função da possibilidade de ocorrerem mudanças inerentes aos processos de fundição e queima da cerâmica. A cerâmica foi aplicada somente em metade da circunferência do padrão metálico, a fim de evitar tensões residuais que pudessem interferir nos resultados finais.

Foram formados os seguintes grupos experimentais: Grupo I – Durabond/Vita VMK; Grupo II - Litecast/Vita VMK; Grupo III - Durabond/Noritake; Grupo IV - Litecast/Noritake; Grupo V - Durabond/Willians; Grupo VI - Litecast/Willians.

Teste de resistência ao cisalhamento

Posteriormente à sua confecção, os corpos-de-prova foram posicionados sobre a matriz utilizada para montar o padrão em cera, e o conjunto foi levado à máquina de ensaio universal (Dinamômetro Kratos Ltda., modelo K500-2000, São Paulo, Brasil), empregando-se a escala de 200 Kgf, com precisão de 500 g e velocidade de carregamento de 0,5 mm por minuto (Figura 3). Quando ocorreu a falha, os valores de pico foram registrados, tabulados e submetidos à análise estatística.

Resultado

Por apresentarem distribuição normal e variâncias homogêneas, os resultados foram submetidos ao teste de análise de variância de dois fatores (ANOVA *two way*), quando foi verificada a interação entre os fatores analisados (tempo de oxidação x tipo de cerâmica) (Tabela 1).

Posteriormente foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância com o objetivo de localizar as diferenças entre os grupos estudados (Tabela 2).

Na Figura 4, estão registrados os valores médios do teste de cisalhamento (kgf) de acordo com os tipos de liga e cerâmica utilizados, sendo possível observar que o sistema cerâmico Williams associado à liga Durabond (Grupo V) apresentou os maiores valores de resistência ao cisalhamento, diferindo estatisticamente dos demais sistemas avaliados ($P < 0,05$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos confeccionados pela associação dos sistemas metal/cerâmica Durabond/Vita VMK (Grupo I), Litecast/Vita VMK (Grupo II) e Litecast/Willians (Grupo

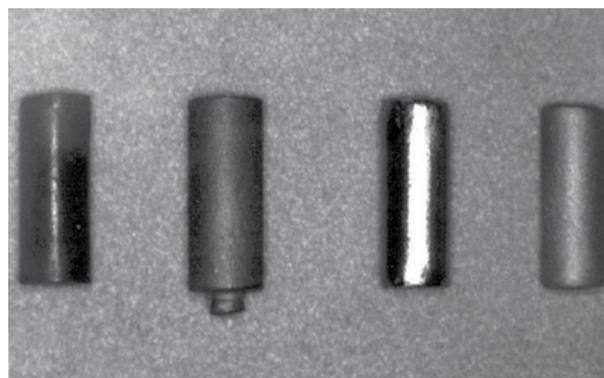


Figura 1. Sequência da obtenção do padrão metálico: em cera; após fundição; após tratamento com pedras de óxido de alumínio e após tratamento com jatos de óxido de alumínio.

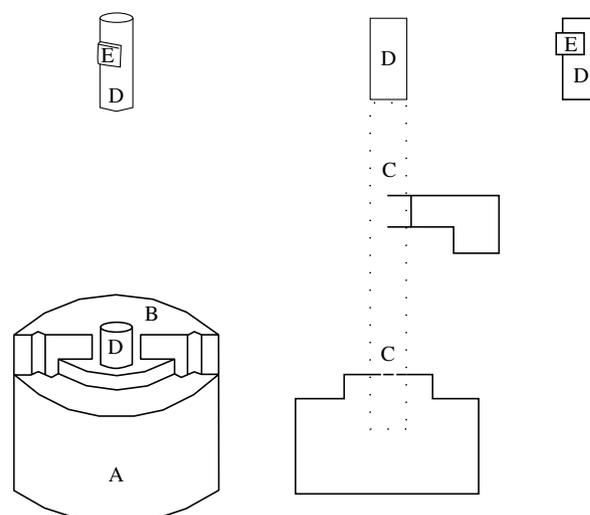


Figura 2. Esquema da matriz de aço utilizada para a aplicação do sistema cerâmico: A) porção inferior, B) porção superior, C) perfuração cilíndrica central, D) padrão metálico e E) porcelana aplicada*.

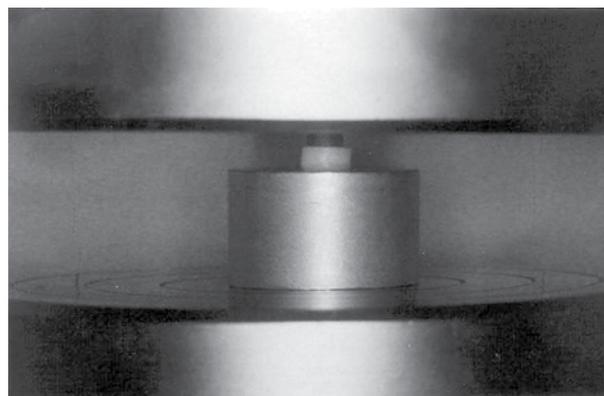


Figura 3. Corpo-de-prova posicionado na matriz para a realização do teste de cisalhamento.

*Esquema retirado de: Dekon SFC, Vieira LF, Bonfante G. Avaliação da resistência de união metalocerâmica em função de diferentes tempos de oxidação prévia. Rev Odontol Univ São Paulo. 1999; 13(1):57-60.

Tabela 1. Quadro da análise de variância

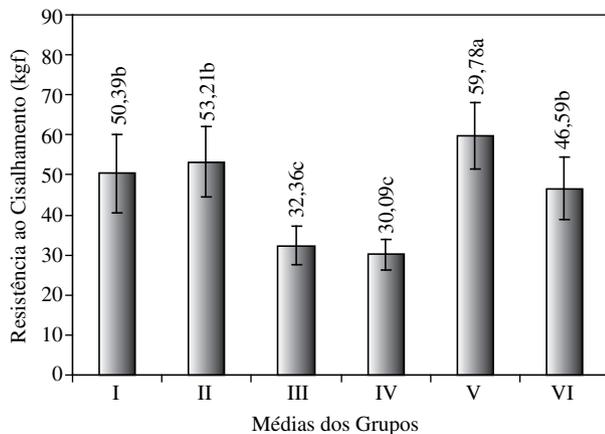
Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	PROB. > F
Liga	2	266,2760594	266,2760594	4,7349	0,03193
Cerâmica	2	6049,9285169	3024,9642584	53,7894	0,00001
Liga*Cerâmica	2	669,1299451	334,5649726	5,9492	0,00492
Resíduo	54	3036,8051109	56,2371317		
Total	59	10022,1396322			

Média geral = 45,403332

Coefficiente de Variação = 16,517%

Tabela 2. Médias do teste de cisalhamento para os diferentes sistemas metal/cerâmica*

Grupos	Médias	Desvio Padrão	Tukey (5%)
GI	53,39	9,82	b
GII	53,21	8,79	b
GIII	32,36	4,73	c
GIV	30,09	3,70	c
GV	59,78	8,19	a
GVI	46,58	7,78	b

**Figura 4.** Valores médios de resistência ao cisalhamento para os grupos estudados.

VI) ($P > 0,05$). O sistema cerâmico Noritake apresentou os menores valores de resistência ao cisalhamento independente da liga utilizada (Grupos III e IV) ($P < 0,05$). A observação das amostras após o ensaio mecânico em microscópio óptico, padronizando-se a magnificação em 10 vezes de aumento, demonstrou haver falhas apenas do tipo adesiva entre o metal e a cerâmica.

Discussão

As coroas metalocerâmicas têm sido utilizadas com sucesso há mais de 30 anos por conciliar a resistência do metal com a estética proporcionada pela porcelana.

Para esse tipo de coroa, a adesão entre o metal e a cerâmica acontece em razão de fatores físico-químicos e mecânicos. Segundo Riley¹⁴ (1977), não existe um teste universal, que seja totalmente confiável para realizar a mensuração da resistência da união metalocerâmica. Desse modo, os resultados possuem uma dependência direta, tanto do sistema metalocerâmico utilizado como do tipo de teste empregado e, por esse motivo, é comum ocorrerem diferentes valores para os diversos estudos da área.

Para Jochen et al.⁹ (1990), a aplicação da primeira camada de porcelana opaca é um passo crucial na prevenção de fraturas do tipo adesiva, pois um controle na espessura dessa camada é considerado o mais importante para uma boa adesão entre os dois materiais. McLean¹³ (1983) alertou para a necessidade da primeira camada da porcelana opaca não exceder a 100 micrômetros, pois, dessa forma, tem-se um maior controle da formação de óxidos na interface durante os procedimentos de cocção, que são fundamentais na efetividade da união metalocerâmica.

Autores como Landez¹⁰ (1975), reportaram-se à possibilidade de o controle na camada de óxido superficial ser feito de maneira visual. No presente estudo, entretanto, optou-se pela não realização de oxidação superficial das ligas estudadas uma vez que, em estudo anterior⁸, tal procedimento levou a uma diminuição dos valores de resistência de união metalocerâmica.

Para Wu et al.¹⁷ (1991), a utilização de agentes de união previamente à aplicação da primeira camada de opaco interfere na qualidade da camada de óxido formada, e, por esse motivo, tal passo não foi empregado durante a realização deste experimento.

A influência de diversos tratamentos superficiais das ligas sobre a formação dos óxidos e, por consequência, na união metalocerâmica, é uma variável intensamente pesquisada. De acordo com Carpenter⁵ (1979), a simples

*Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem ao nível de 5% de significância

modificação na textura da superfície do metal resulta em modificações na camada de óxido. Assim, torna-se importante avaliar se ligas com diferentes composições apresentam variações na camada de óxido formada e, dessa forma, na união metalocerâmica.

No presente estudo, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre algumas das associações metal/cerâmica. Por meio do Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, constatou-se que a porcelana Noritake apresentou valores de resistência de união estatisticamente inferiores em relação às outras marcas utilizadas, independente da liga empregada. Analisando-se a cerâmica da marca Vita VMK, esta não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos (G1 e G2), independente da liga utilizada. Porém, quando utilizada a cerâmica Willians, o grupo formado com a liga Durabond apresentou maiores valores de resistência de união quando comparado ao grupo em que foi utilizada a liga Litecast.

Bezzon et al.² em 1998, utilizando três composições experimentais de ligas à base de Ni-Cr contendo diferentes quantidades de berílio e uma liga sem berílio como controle, identificaram melhor comportamento de fusibilidade nas ligas contendo berílio e melhor resistência de união metalocerâmica na liga que continha 0,9% de berílio.

No entanto, em um segundo trabalho, Bezzon et al.³ (2001), no qual utilizaram uma outra liga experimental à base de Ni-Cr contendo 1,1% de berílio, observaram comportamento semelhante ao das ligas à base de Ni-Cr sem berílio utilizadas em relação à fusibilidade e à resistência de união com a cerâmica. Concluíram que, para essas propriedades estudadas, não houve benefício que justificasse a utilização de ligas contendo berílio, ante os riscos da manipulação pela possibilidade de intoxicação provocada pelo berílio.

No presente estudo, aos Grupos III e IV couberam os menores valores de resistência de união em relação aos demais grupos. O pior desempenho da porcelana Noritake pode ter ocorrido devido à sua menor temperatura de queima, o que sugere a utilização de uma liga específica para esse sistema cerâmico.

Ante os diferentes resultados encontrados na literatura, é possível admitir que, para cada liga comercial e cada sistema cerâmico, novas pesquisas se fazem necessárias em busca das melhores técnicas e associações a serem empregadas, a fim de se obter os melhores resultados quando da união entre esses materiais.

Entretanto, relatos de Yamamoto¹⁸ (1985) evidenciaram que os valores de união metalocerâmica exibidos em estudos laboratoriais são superiores aos valores necessários clinicamente para separar a cerâmica do metal. Desse modo, outros fatores também devem ser considerados como responsáveis pelo insucesso desse tipo de restaurações.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- o melhor desempenho na propriedade resistência de união metalocerâmica coube ao conjunto liga metálica Durabond e sistema cerâmico Willians (Grupo V);
- não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos confeccionados pela associação dos sistemas metal/cerâmica Durabond/Vita VMK, Litecast/Vita VMK e Litecast/Willians (Grupos I, II e VI); e
- o pior desempenho coube ao sistema cerâmico Noritake, independente da liga utilizada (Grupos III e IV).

Agradecimento

A Profa. Dra. Glaucia Maria Bovi Ambrosano da Disciplina de Bioestatística da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela análise estatística dos resultados.

Referências

1. Anthony DH, Burnett AP, Smith DL, Brooks MS. Shear test for measuring bonding in cast gold alloy-porcelain composite. *J Dent Res.* 1970; 49:27-33.
2. Bezzon OL, Mattos MGC, Ribeiro R, Rollo JMDA. Effect of beryllium on the cast ability and resistance of ceramometal bonds in nickel-chromium alloys. *J Prosthet Dent.* 1998; 80:570-4.
3. Bezzon OL, Ribeiro RF, Rollo JMA, Crosara S. Castability and resistance of ceramometal bonding in Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys. *J Prosthet Dent.* 2001; 85:299-304.
4. Caputo AA, Dunn B, Reisbick MH. A flexural method for evaluation of metal-ceramic bond strength. *J Dent Res.* 1977; 56:1501-6.
5. Carpenter M, Goodking RJ. Effect of varying surface texture on bond strength of one semiprecious and one nonprecious ceramo-alloy. *J Prosthet Dent.* 1979; 42:86-95.
6. Chiodi Netto J. Avaliação da resistência de união da porcelana aplicada sobre liga de Ni-Cr e sobre solda [Tese Livre-Docência]. Bauru: Faculdade de Odontologia da USP; 1981.
7. Civjan EF, Huget EF, Simon LB, Risinger RJ. Determination of apparent bond strength of alloy-porcelain systems. *J Dent Res.* 1974; 53:240.
8. Dekon S. Avaliação da resistência de união metalocerâmica em função de diferentes ciclos de oxidação prévia [Dissertação Mestrado]. Bauru: Faculdade de Odontologia de Bauru da USP; 1994.
9. Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Effect of opaque porcelain application on strength of bond to silver-palladium alloys. *J Prosthet Dent.* 1990; 63:414-8.

10. Landez C. Le point de vue du céramiste. *Actual Odontostomatol.* 1975; 109:36-53.
11. Lavine MH, Custer F. Variables affecting the strength of bond between porcelain and gold. *J Dent Res.* 1966; 45:32-6.
12. Lerman Y, Schwarz Y, Kaufman G, Ganor E, Fireman E. Case series: use of induced sputum in the evaluation of occupational lung diseases. *Arch Environ Health.* 2003; 58:284-9.
13. McLean JW. The metal-ceramic restoration. *Dent Clin North Am.* 1983; 27:747-61.
14. Riley EJ. Ceramo-metal restoration state of the science. *Dent Clin North Am.* 1977; 21:669-82.
15. Shell JS, Nielsen JP. Study of bond between gold alloys and porcelain. *J Dent Res.* 1962; 41:1424-37.
16. Wataha JC, Lockwood PE, Noda M, Nelson SK, Mettenberg DJ. Effect of tooth brushing on the toxicity of casting alloys. *J Prosthet Dent.* 2002; 87:94-8.
17. Wu Y, Moser JB, Jamenson LM, Malone WFP. The effect of oxidation heat treatment on porcelain bond strength in selected base metal alloys. *J Prosthet Dent.* 1991; 66:439-44.
18. Yamamoto M. *Metal-ceramics principles and methods of Makoto Yamamoto.* Chicago: Quintessence; 1985.