

ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO METALOCERÂMICA. EFEITO DO TIPO DE LIGA METÁLICA E TRATAMENTO SUPERFICIAL

TOMIO NONAKA¹
CELSO LUIZ DE ANGELIS PORTO²
ANTONIO CARLOS GASTALDI³
GERALDO MAIA CAMPOS⁴

NONAKA, T.; PORTO, C.A.; GASTALDI, A.C.; CAMPOS, G.M. Estudo da resistência de união metalocerâmica. Efeito do tipo de liga metálica e tratamento superficial. *Semina: Ci. Biol./ Saúde*, Londrina, v. 17, n. 2, p. 214-222, jun. 1996.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência de união metalocerâmica, utilizando-se dois tipos de tratamentos superficiais (ataque eletroquímico e jato abrasivo com óxido de alumínio), de duas ligas metálicas à base de níquel-cromo (Durabond e Nickron). Os corpos-de-prova foram confeccionados a partir de padrões obtidos em matriz metálica, para que todos apresentassem a mesma área. Em seguida foram usinados e submetidos a tratamentos superficiais, com subsequente aplicação da porcelana. Para realização dos testes de resistência à compressão utilizamos a máquina Instron, com velocidade de 0,02 mm/min. A partir dos resultados obtidos, pôde-se concluir que: O ataque eletroquímico apresentou pior desempenho quanto à resistência de união do que o tratamento superficial jato abrasivo com óxido de alumínio. As ligas metálicas utilizadas aparentemente propiciaram resultados idênticos de resistência de união, se consideradas as médias gerais de cada liga, que foram não significantes estatisticamente. Entretanto, comparando-se as interações ligas metálicas x tipos de tratamento, ficou demonstrado que o ataque eletroquímico determinou uma resistência maior, quando usada a liga Durabond, do que quando utilizada a liga Nickron. O jato abrasivo com óxido de alumínio determinou uma resistência maior, quando usada a liga Nickron, do que quando utilizada a liga Durabond. A liga metálica Nickron demonstrou maior resistência à compressão com o jato abrasivo do que com o ataque eletroquímico. A liga metálica Durabond apresentou resistência semelhante, com ambos os tratamentos (jato abrasivo e ataque eletroquímico).

PALAVRAS-CHAVE: Metalocerâmica, Liga Metálica, Resistência à Compressão e Tratamento Superficial.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das próteses metalocerâmicas para a restauração de dentes, estética e funcionalmente, alterou vários conceitos das próteses unitárias e fixas. Em função de sua qualidade estética, foram prontamente aceitas pelos pacientes, pois eles esperam e exigem esse resultado. Entretanto, o resultado almejado é, em alguns casos, frustrante. Esta decepção é atribuída à maneira empírica pela qual protéticos e cirurgiões-dentistas buscam harmonia entre os dentes naturais e os artificiais. À evolução da porcelana desde Fauchard em 1728 até LAND¹⁹ em 1903, quando se iniciou a aplicação da porcelana sobre lâmina de platina previamente adaptada ao modelo preparado, seguiu-se uma fase de melhoramento na aplicação da porcelana dental, assim como de suas propriedades em geral. Entretanto, o grande problema destas restaurações estava no seu ajuste cervical e na necessidade de torná-las aplicáveis em próteses fixas

mais extensas. Com a intenção de melhorar a adaptação das coroas de porcelana fundidas, em 1956, começaram a aparecer publicações de pesquisas realizadas que levaram à divulgação da técnica de aplicação da cerâmica sobre ligas de ouro.

SILVER et al.²⁶(1956), preconizaram modificações nos preparos dos dentes e sugeriram uma explicação para os fenômenos de adesão da porcelana à superfície metálica. Ligas de ouro, devido as suas comprovadas propriedades, são ainda o material preferido em Odontologia. Elas são superiores às de outros tipos de materiais restauradores de dentes em muitos aspectos, porém apresentam como principal inconveniente o valor intrínseco do ouro, que as coloca fora do poder aquisitivo da maioria da população. No ano de 1973, quando o valor do ouro começou a se elevar e a preocupar aqueles que o utilizavam como elemento principal para as ligas odontológicas, marcou o início do aumento do número de pesquisas sobre as ligas não-áuricas para restaurações dentais. Nos últimos anos,

1 - Depto. de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, Avenida do Café s/n., Campus da USP, Ribeirão Preto, SP., CEP 14040-904.

2 - Depto. de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Araraquara/UNESP.

3 - Depto. de Química da Faculdade de Química de Araraquara/UNESP.

4 - Depto. de Estomatologia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP.

considerável esforço tem conduzido ao desenvolvimento de novas ligas, que apresentem propriedades mecânicas, físicas e químicas o mais próximo dos do ouro. Os pesquisadores vem tentando a substituição das ligas de ouro por ligas alternativas à base de diversos metais como: prata, paládio, estanho, cobre, alumínio, zinco, níquel, cromo, ferro, aço, etc. O aparecimento no comércio, das ligas do sistema níquel-cromo trouxe expectativa e até mesmo certa euforia na classe odontológica. A maior parte das ligas metálicas alternativas utilizadas atualmente baseia-se no sistema níquel-cromo. Houve sempre uma grande preocupação, desde o seu advento, com a natureza da união metalocerâmica e com a sua resistência. TANAKA et al.²⁷ (1979), apresentaram um método para criar micro-retenções em superfícies metálicas, através da corrosão eletroquímica. Um grupo de pesquisadores iniciou estudos sobre a resistência à tração da união metal/resina composta e/ou metal/dente, definindo características para a obtenção de superfícies micro-retentivas em sua face interna, aumentando a retenção das próteses adesivas. THOMPSON et al.³⁰(1981), DEL CASTILLO e THOMPSON¹¹ (1982), THOMPSON e LIVADITIS²⁹ (1982), THOMPSON et al.³¹(1983) e BARRACK⁵ (1984), concluíram que, com a técnica do ataque eletroquímico, seria possível conseguir uma superfície retentiva, através de micro-retenções ("pits"), para que a prótese pudesse resistir às forças a que é submetida na cavidade bucal. GOMES¹⁴(1986) estudou a ação do ataque eletroquímico em ligas à base de níquel-cromo e cobalto-cromo, avaliou as medidas de perda de massa, variando-se o tipo de solução eletroquímica, a densidade de corrente elétrica e o tempo de ataque. SILVER et al.²⁶ (1956), SHELL e NIELSEN²⁵ (1962), LAVINE e CUSTER²⁰ (1966), VICKERY e BADINELLI³² (1968). KELLY et al.¹⁶(1969), VON RADNOTH e LAUTENSCHLAGER³³ (1969), SCED e McLEAN²⁴ (1972), ANUSAVICE et al.³ (1977), LACY¹⁸ (1977), CARPENTER e GOODKIND⁶ (1979) e CARTER et al.⁷ (1979), admitem que, a união da porcelana ao metal se deve as forças de Van der Waals, física e química. Um dos primeiros testes que apareceram na literatura odontológica foi de SHELL e NIELSEN²⁵ (1962). Posteriormente, estes testes foram repetidos por LAVINE e CUSTER²⁰ (1966), KNAP e RYGE¹⁷ (1966), KELLY et al.¹⁶ (1969), ANTHONY et al.¹ (1970), LUBOVICH e GOODKIND²¹ (1977), CHONG e BEECH¹⁰(1980). Mais recentemente DRUMMOND et al.¹² (1984), desenvolveram um estudo para determinar a resistência de união da porcelana com ligas metálicas preciosas e não preciosas. Autores como ANUSAVICE et al.² (1977), acham que poucas pesquisas têm sido realizadas para analisar as reações da zona de aderência da porcelana com as ligas de níquel-cromo. CARPENTER e GOODKIND⁶ (1979), discutem a controvérsia existentes

sobre o efeito da textura da superfície das ligas níquel-cromo na união da porcelana.. LAVINE e CUSTER²⁰ (1966), concluíram que uma superfície rugosa aumenta a resistência, enquanto que SHELL e NIELSEN²⁵ (1962), concluíram que é mínimo o efeito da rugosidade. Todos esses fatos indicam que os testes mecânicos para determinação da união porcelana/metal são muito importantes e que ainda continua sendo necessária a procura de um método seguro, reprodutível e que utilize dispositivos de fácil construção e aplicação para a avaliação dessa união.

MATERIAIS E MÉTODO

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento deste trabalho envolveu o cruzamento experimental de duas ligas com tratamentos (ataque eletroquímico e jato abrasivo com óxido de alumínio) e 10 repetições, resultando num conjunto final de 40 dados numéricos experimentais : $2 \times 2 \times 10 = 40$.

MATERIAIS

Utilizamos duas ligas metálicas para fundição, ambas do sistema níquel-cromo, DURABOND (Odonto Comercial Ltda.) e NICKRON (Metalloy Ltda.). Foram utilizados dois tipos de soluções, sendo um tipo para o ataque eletroquímico (HCl - 18%) e o outro tipo para a limpeza da peça metálica (HNO₃ a 0,5N).

CONFECÇÃO DOS PADRÕES EM CERA AZUL

Os padrões foram confeccionados com cera azul regular, tipo II (Sybron/Kerr Mfg. Co. USA). A matriz bipartida utilizada para obtenção do padrão de cera era lubrificada na sua parte interna com isolante para resina acrílica Duralay. Após a aplicação do isolante, ajustávamos perfeitamente as duas partes da matriz e fixávamos os dois anéis em suas extremidades. Em seguida era levada a uma estufa a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 30 minutos. A cera azul era fundida num cadinho de porcelana a $70 \pm 1^\circ\text{C}$. Com auxílio da espátula n° 5, em forma de colher, enchia-se a perfuração cilíndrica, através do orifício do anel. Aguardava-se a solidificação da cera e com uma lâmina de vidro apoiada na superfície metálica da matriz, foram recortados os excessos de cera. Abria-se a matriz e incluía-se imediatamente o padrão de cera em revestimento.

INCLUSÃO E FUNDIÇÃO

O padrão de cera foi fixo na extremidade do cilindro com fio de cera de 0,25 cm de diâmetro. Uma câmara de compensação foi confeccionada a uma distância de

1,0 cm do padrão. Os padrões foram incluídos em revestimento fosfatado à base de cristobalita para fundição (HOLLENBACK¹⁵, 1964; CHARBENEAU et al.⁹ 1978), obedecendo a especificação do fabricante. A manipulação foi feita com auxílio de um espatulador e inclusive à vácuo por 2 minutos. O aquecimento para desidratação, evaporação do padrão e expansão térmica foi controlado, pelo pirômetro do forno. Aquecimento gradual durante 20 minutos, até atingir a temperatura de 400 °C, mantendo-se por mais 20 minutos nesta temperatura. Em seguida invertia-se a posição do anel e deixava-se que fosse atingidos os 950 °C. Essa temperatura foi mantida durante 1 hora e 20 minutos. O anel foi esfriado após a fundição até atingir a temperatura ambiente. O acabamento foi feito com pedra abrasiva de óxido de alumínio e ponta montada diamantada. Os corpos-de-prova de forma cilíndrica, media 0,6 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura. Para obtenção destas dimensões, todos os corpos-de-prova foram levados a um torno mecânico. Após o torneamento mecânico, metade dos corpos-de-prova de cada uma das ligas (L1 e L2) foram submetidos ao jateamento com óxido de alumínio de 50mm por 30 segundos. A outra metade foi submetida ao ataque eletroquímico. O ataque eletroquímico da superfície útil a ser tratada das ligas metálicas foi baseado nos estudos de GOMES¹⁴ (1986). Optamos por um tempo de 9 minutos e uma densidade de corrente de 350 mA/cm². Todas as regiões do corpo-de-prova que não deveriam sofrer ataque eletroquímico foram isoladas com fita vedarosa de politetrafluoretileno, deixando exposta somente a superfície útil do mesmo. Utilizamos 80 ml da solução de ácido nítrico 0,5N (TANAKA et al.²⁷ (1979). Decorrido o tempo de ataque, em 9 minutos, desligávamos a unidade geradora e o eletrodo. Em seguida, lavamos em água corrente durante 30 segundos. Os corpos-de-prova, foram submetidos a um processo de limpeza em aparelho de ultra-som, contendo 100ml de HCl a 18%. O processo de limpeza foi executado durante 15 minutos e depois os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada. Para verificar a eficiência do ataque, a superfície da liga foi analisada em microscópio estereoscópio com 100x de aumento.

APLICAÇÃO E COCÇÃO DA PORCELANA

Para aplicação da porcelana, o corpo-de-prova foi posicionado na matriz, ficando com 1,0 cm da sua altura, acima do nível da matriz. Nessa posição foi aplicada a porcelana opaca (Paint-on 68 Vita-VMK- cor 531 P) com um pincel, formando uma faixa homogênea e uniforme, cerca de 0,5 cm de largura. O corpo-de-prova foi colocado no forno de porcelana pré-aquecido a 770° C. Após um pré-aquecimento por 5 minutos, iniciamos o ciclo de fusão da porcelana. Para atingir a temperatura final de

980°C ao vácuo, levou 5 minutos, completando a primeira queima da porcelana opaca. Nova camada de porcelana opaca foi aplicada, apenas variando a temperatura final de 980°C para 970°C, constituindo-se a segunda queima. Completada a cocção da porcelana opaca, iniciamos a compactação da porcelana de corpo (Vita-VMK 68). Construiu-se uma faixa de 0,5 cm de largura e 0,3 cm de espessura, formando um semi-círculo ao redor do corpo-de-prova de 1,9 cm de diâmetro. Para obtenção da faixa de porcelana com estas dimensões, utilizamos como guia o anel bipartido do bloco superior da matriz. Para atingir a temperatura final de 960°C ao vácuo, o forno levava 5 minutos.

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Após a cocção da porcelana, os corpos-de-prova foram ajustados com disco diamantado e ponta montada de carborundo em forma de roda montados em peça de mão. Para realização dos testes mecânicos, cada corpo-de-prova foi posicionado na máquina UNIVERSAL INSTRON. Os testes foram realizados com velocidade do travessão de 0,02cm/minuto, velocidade do papel de 2cm/minuto e fundo de escala para medidas de carga de 200 Kgf. A força de compressão para ruptura da união metal/porcelana, foi registrada em gráficos e expressa em Kgf.

RESULTADOS

Os valores dos testes de resistência à compressão da união metalocerâmica para tratamentos superficiais (ataque eletroquímico e jato abrasivo com óxido de alumínio) e ligas metálicas, com 10 repetições em cada condição experimental, estão contidos na TABELA 1.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os dados utilizados na análise estatística deste trabalho consistiram em 40 valores numéricos referentes aos testes de resistência à compressão, valores esses resultantes do produto fatorial de 2 tipos de tratamento por 2 tipos de ligas metálicas e 10 repetições : $2 \times 2 \times 10 = 40$. Esses valores estão relacionados na TABELA 1. Esse conjunto de dados foi inicialmente submetido a uma série de testes preliminares, a fim de verificar se a distribuição amostral era normal. Esses testes demonstraram que os dados amostrais não apresentavam distribuição normal, nem mesmo após serem testadas algumas transformações dos dados (logarítmica e raiz quadrada). Diante disso, optou-se pela aplicação da estatística não paramétrica, uma vez que a não-normalidade da distribuição amostral desaconselhava a aplicação de testes paramétricos do

TABELA 1 - Valores dos testes de resistência à compressão da união metalocerâmica, em Kgf

Tratamentos Superficiais	Durabond	Nickron
Ataque Eletroquímico	124,0	105,0
	96,0	68,0
	90,0	86,0
	90,0	60,0
	100,0	62,0
	146,0	60,0
	76,0	102,0
	108,0	62,0
	118,0	102,0
	102,0	68,0
Jato Abrasivo com Óxido de Alumínio	74,0	132,0
	98,0	178,0
	90,0	200,0
	125,0	190,0
	130,0	200,0
	78,0	100,0
	190,0	157,0
	78,0	132,0
134,0	168,0	
65,0	186,0	

tipo de análise de variância, teste t de Student, ou mesmo de intervalos de confiança. O teste não-paramétrico aplicado foi o teste U de Mann-Whitney, comparando-se dois a dois os fatores de variação envolvidos na pesquisa. Essas comparações realizadas são discutidas a seguir :

1 . COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE METÁLICA

O teste de Mann - Whitney no qual se comparam os 20 dados referentes ao ataque eletroquímico com os 20 dados relativos ao jato abrasivo com óxido de alumínio,

forneceu um valor de U menor, igual a 89,5, que corresponde a uma probabilidade de 0,14% para a hipótese de igualdade entre as amostras confrontadas, significativa portanto ao nível de alfa = 0,01 (ou seja, menor que 1% de probabilidade de igualdade). Tomando-se agora as médias dos 2 tratamentos (TABELA 2) como referência comparativa, constata-se que a média relativa ao tratamento pelo jato abrasivo com óxido de alumínio é significativamente maior que a média correspondente ao tratamento pelo ataque eletroquímico. Isso significa que a resistência à compressão é maior quando se aplica o jato abrasivo do que quando se realiza o ataque eletroquímico.

TABELA 2 - Médias calculadas para os tratamentos superficiais, em Kgf

Tratamentos Superficiais	
Ataque Eletroquímico	Jato Abrasivo com Óxido de Alumínio
91,25	135,25

2 . COMPARAÇÃO ENTRE LIGAS METÁLICAS

O valor do U menor, igual a 178,0, fornecido pelo teste de Man-Whitney realizado com os 20 dados

referentes à liga Durabond contra os 20 dados relativos à liga Nickron (TABELA 3), indica uma igualdade entre as 2 ligas, com uma probabilidade de 27,59% para hipótese de igualdade entre eles.

TABELA 3 - Médias calculadas para as ligas metálicas, em Kgf

Ligas Metálicas	
Durabond 105,6	Nickron 120,9

Assim, as médias gerais 105,6 e 120,9 são consideradas estatisticamente equivalentes.

3. COMPARAÇÃO ENTRE AS INTERAÇÕES LIGAS METÁLICAS X TIPOS DE TRATAMENTO

Há matematicamente 4 maneiras de se combinarem as duas ligas e os dois tratamentos envolvidos nesta pesquisa: Durabond / Ataque, Durabond / Jato, Nickron / Ataque e Nickron / Jato. Essas 4

combinações reúnem 10 dados cada um, dos 40 dados que compõem a amostra. O cruzamento dessas interações, de modo a permitir confrontá-las 2 a 2, determina matematicamente a realização de $4 \times 3 / 1 \times 2 = 12 / 2 = 6$ comparações, ou seja, a realização de 6 testes de Mann-Whitney. Dessas 6 comparações estatísticas possíveis, apenas 4 têm interesse para o presente estudo, e serão analisadas em seguida. Isso indica que da combinação ataque eletroquímico / ligas metálicas resultam valores estatisticamente diferentes de resistência à compressão.

TABELA 4 - Médias calculadas para a interação durabond / ataque x nickron ataque, em Kgf

Durabond / Ataque	Nickron / Ataque
105,0	77,5

A comparação direta entre as médias gerais dessas interações (TABELA 4) demonstra que a

combinação Durabond / Ataque mostra uma resistência maior que a combinação Nickron / Ataque.

TABELA 5 - Médias calculadas para a interação durabond / jato x nickron / jato, em Kgf

Durabond / Jato	Nickron / Jato
106,2	164,3

O confronto direto das médias acusa um valor para a combinação Nickron / Jato maior do que o da interação Durabond / Jato, resultados portanto exatamente inversos.

A comparação entre os dois tipos de tratamento

sobre a mesma liga metálica Durabond / Ataque x Durabond / Jato atuam de forma semelhante, produzindo resistências à compressão que são praticamente iguais (TABELA 6).

TABELA 6 - Médias calculadas para a interação durabond / ataque x durabond / jato, em Kgf

Durabond / Ataque	Durabond / Jato
105,0	106,2

Isto quer dizer que, ao contrário do que ficou determinado em relação à liga Durabond, os dois tratamentos atuam de forma completamente diferente sobre a liga Nickron, produzindo valores

significativamente diferentes de resistência à compressão, o que pode ser verificado pela grande desigualdade existente entre as médias das duas interações. (TABELA 7)

TABELA 7 - Médias calculadas para a interação nickron / ataque x nickron / jato, em Kgf

Nickron / Ataque	Nickron / Jato
77,5	164,3

DISCUSSÃO

Quando se procura avaliar a resistência de união da porcelana à liga metálica, depara-se logo de início, com um fator importante : a metodologia a ser empregada. Vários foram os métodos propostos para avaliar a resistência de união da porcelana à liga metálica. Um dos primeiros testes que apareceram na literatura odontológica, pelo fato de reproduzir quase todos os fatores nessa união e pode ser considerado confiável, foi sem dúvida o de SHELL e NIELSEN²⁵ (1962). Utilizou-se neste trabalho, o teste proposto por CHIODI⁹(1981). Sem pretensões de estabelecer um novo teste, procurou-se apenas um modelo prático e de fácil execução na avaliação das diferenças na resistência da união metalocerâmica, com dois tipos de tratamentos superficiais. No presente estudo, constatou-se que, em quase cem por cento dos testes, o opaco sempre se deslocou completamente do metal. Esses resultados estão de acordo com KNAP e RYGE¹⁷ (1966), POGGIOLI et al.²³ (1968), SCED e McLEAN²⁴ (1972) e CHIODI⁹ (1981).

O estudo das interações ligas metálicas x tipos de tratamentos superficiais, mostram que, na verdade não existe uma identidade de comportamento entre as ligas testadas neste experimento. De fato, se for analisado especificamente o efeito dos tratamentos sobre a liga Durabond, observa-se que as médias de ambos são praticamente iguais, indicando não haver diferença entre os tratamentos quando se usa esta liga metálica. Por sua vez, se for considerado o material Nickron, verifica-se que essa liga responde de maneira completamente diferente à ação dos dois tratamentos aplicados sobre ela. Essas observações põem em evidência a importância do estudo das interações para uma análise perfeita e completa de um ensaio, como é o caso presente. O estudo das interações, explicam com bastante clareza o que de fato está ocorrendo : a) a liga Durabond responde de tal forma aos dois tipos de tratamento que a sua resistência final à compressão mostra valores médios equivalentes. b) a liga Nickron, pelo contrário, reage de tal forma que, sob a ação do jato abrasivo, apresenta valores elevados de resistência, bem maiores que os mostrados pela outra liga com ambos

os tratamentos. Entretanto, essa mesma liga mostra valores muito menores que os da liga Durabond quando sobre ela se aplica o tratamento ataque eletroquímico. Esses valores maiores e menores, porém, foram de tal ordem que, uma vez calculado o valor médio reunindo ambos tratamentos, acabaram por apresentar valores semelhantes estatisticamente. A questão se resume pois em tentar explicar porque a liga Durabond é afetada igualmente pelos dois tratamentos e a liga Nickron responde de maneira diversa a um e outro. Deve haver algum detalhe na composição de cada uma que determina essa diferença de comportamento

Para a união da porcelana ao metal, necessário se torna a presença de um meio, e este tem sido considerado também como principal à presença de uma camada de óxido, na liga que vai contatar, com a cerâmica. O elemento ferro na liga Nickron, por exemplo, forma grande quantidade de óxidos. Poderia ocorrer que: a) ataque eletroquímico agiria apenas superficialmente sobre a camada de óxidos, mantendo porém um resíduo não atacado muito abundante, no fundo das microretenções, obliterando-os, e prejudicando a retenção, dando, como resultado pior resistência da união porcelana / metal. b) a ação do jato abrasivo removeria, pelo impacto, a maior parte desses óxidos, facilitando tanto a combinação química do óxido residual com a porcelana, como a própria retenção mecânica, pelo fato de criar irregularidades e micro—retenções mais profundas, dando resultados melhores de união. Como a liga Durabond não contém ferro na sua composição, não se formam óxidos em quantidade exagerada de tal forma que os dois tratamentos acabam proporcionando retenção semelhante. Outra hipótese : é possível que, ao jatearmos a superfícies removemos ou limpamos a peça e retiramos parte dos óxidos formados durante a própria fundição. Dependendo das características da liga, podemos provocar a formação de retenções mecânicas que auxiliam no aumento da resistência da união. O ataque eletroquímico provoca a formação de retenções mecânicas bem definidas e uma camada também definida de óxido necessária a união química. Pode ser que a camada de óxido esteja mais íntima, uma vez que foi obtida no próprio processo e não removida pelo jato, diminuindo talvez a própria união óxido / metal e

assim a resistência mecânica. As prováveis justificativas para esses achados, e fazendo-se as devidas ressalvas pela metodologia empregada serão provavelmente as apresentadas por SCED e McLEAN²⁴ (1972). Estes autores informaram que as falhas dos trabalhos clínicos de porcelana, que utilizavam ligas não nobres provavelmente estavam na redução da quantidade de óxido de cromo, presente na interface metal / porcelana, e que um alto nível de cromo é quase essencial para todas as ligas de metais básicos. De fato, o ataque eletroquímico reduz a presença de cromo na superfície, provavelmente provocando a redução de óxidos de cromo formados por esse metal. Esse fato está também consubstanciado na informação de BARAN⁴(1983) que, num estudo sobre a metalurgia das ligas de níquel-cromo utilizadas em prótese, afirmou que o cromo é responsável pela resistência à corrosão dessas ligas metálicas, e que ele não influencia diretamente na quantidade de óxido de cromo formado na superfície atacada eletroquimicamente. Este fato também está em concordância com a informação de VICKERY e BADINELLI³² (1968), que explicaram a inclusão de agentes de união aumenta a resistência de união, e esses agentes, nesse caso, constituem traços de elementos como o ferro e o estanho que sob condições normais de fusão e fundição, tendem a precipitar-se ou segregar-se nos limites granulares, promovendo a união química. Explicaram ainda que a simples presença de óxido de cromo na superfície de uma liga contribui para aumentar as forças de união metalocerâmica por compressão. Com relação ao tratamento superficial, outros fatos que podem justificar os valores mais baixos para o ataque eletroquímico das ligas metálicas estão baseados em informações fornecidas por ANUSAVICE et al.³ (1977), afirmaram que zona de aderência pode ser afetada pela interação dos íons Si, Sn e Cr, quando a concentração de Sn atinge um nível suficiente na interface óxido cerâmica, dependendo das suas concentrações e interações. Nossos achados são também concordes com as opiniões emitidas por PHILLIPS²² (1984) quando da análise de união metalocerâmica, considerando as vantagens do jateamento da superfície metálica para aumentar a resistência de união e conseqüentemente aumentando a resistência contra tensões de cisalhamento. Enumerando as vantagens obtidas pelo jateamento abrasivo, destaca o aumento do umedecimento do substrato metálico pela porcelana, aumento da resistência devido ao embricamento mecânico sob compressão e área de superfície aumentada para união química da porcelana. Numa tentativa de esclarecer o

mecanismo de união metalocerâmica VON RADNOTH e LAUTENSCHLAGER³³ (1969), informam que uma camada de óxido de estanho (Sn O₂) se forma na superfície do metal, durante a cocção da porcelana. O íon estanho parece ser o responsável pelo mecanismo de união da porcelana e o metal; também, nesta condição, o ataque eletroquímico por efeito de dissolução poderia afetar negativamente alterando a camada de óxido de estanho. Igualmente outro fato que poderá justificar os resultados desta pesquisa, baseia-se nas informações de SILVER et al.²⁶ (1956) , DUNN e REISBICK¹³ (1976) e GOMES¹⁴ (1986). O ataque eletroquímico ressaltam, pode a priori, não significar maior perda de massa uma superfície mais retentiva, já que o condicionamento pode perder sua característica seletiva, aumentando o diâmetro e a reentrância do "pit" e não a sua profundidade, ou mesmo poder-se-á ter o eletropolimento, ou ataque generalizado, ao invés de ataque seletivo. O comportamento diferente encontrado para as ligas metálicas estudadas neste trabalho, encontra respaldo nas informações de POGGIOLI et al.²³ (1968), quando informam que o melhor resultado obtido no seu trabalho foi com ligas a base de níquel, as quais propiciaram forte ligação com os opacos de várias porcelanas estudadas, propiciando uma interação mais efetiva entre os materiais envolvidos. Ultrapassando os achados deste trabalho com os aspectos clínicos, julgamos oportuno considerar que, para obtenção do sucesso em metalocerâmica, é necessário aprimoramento técnico em todas as fases, desde o perfeito conhecimento das propriedades das ligas, critério seletivo na sua escolha, técnica de fundição e tratamento superficial para aplicação da porcelana. Apesar dos trabalhos protéticos desta natureza terem atingido este sucesso, entendemos que, em alguns detalhes, e técnica principalmente aqueles relacionados com a união metalocerâmica, precisam ser repensados e melhorados através de outros estudos.

CONCLUSÕES

Dentro dos métodos de pesquisa propostos e considerando os resultados obtidos nas condições experimentais deste trabalho, parece-nos lícito concluir que:

- 1 . O tratamento superficial pelo jato abrasivo com óxido de alumínio apresentou melhores resultados de resistência da união metalocerâmica que o tratamento superficial pelo ataque eletroquímico;
- 2 . As ligas metálicas utilizadas aparentemente condicionaram resultados idênticos para a união

metalocerâmica, se consideradas as médias gerais de cada liga, que foram não significantes estatisticamente;

3. Comparando-se as interações ligas metálicas x tipos de tratamento ficou demonstrado que :

3.1 - O ataque eletroquímico determinou uma resistência maior quando usada a liga Durabond, do que quando utilizada a liga Nickron;

3.2 - O jato abrasivo com óxido de alumínio determinou uma resistência maior

quando usada a liga Nickron do que quando utilizada a liga Durabond;

3.3 - A liga metálica Nickron demonstrou maior resistência à compressão com jato abrasivo do que com o ataque eletroquímico;

3.4 - A liga metálica Durabond apresentou resistência semelhante, com ambos os tratamentos (jato abrasivo e ataque eletroquímico).

NONAKA, T.; PORTO, C.L.A.; GASTALDI, A.C.; CAMPOS, .G.M. Study of the metal-ceramic bond strength. Effect of the types of metal alloy and surface treatment. *Semina : Ci. Biol./Saúde*, Londrina, v. 17, n. 2, p. 214-222, Jun. 1996.

ABSTRACT : *The objective of the present study was to compare metal - ceramic bond strength using two types of surface treatment (electrochemical etched and abrasive jet with aluminum oxide) and two nickel - chromium - based metal alloys (Durabond and Nickron). Test bodies were prepared from patterns obtained from a metal matrix so that they would all have the same area. They were then smoothed on a lathe and submitted to surface treatment during which porcelain was applied. Compression strength tests were performed with an Instron machine at the speed of 0,02 mm/min. On the basis of the results obtained we may conclude that :*

1. *Electrochemical etched showed a worse performance in terms in terms of bond resistance than surface treatment with an abrasive aluminum oxide jet;*

2. *The metal alloys apparently gave identical bond strength results if we consider the overall means for each alloy, which werenot statistically significant;*

3. *However, when the metal alloy x type treatment interactinos were compared, it was demonstrated that:*

3.1 - *Electrochemical etched induced greater resistance for the Durabond than for the Nickron alloy;*

3.2 - *The abrasive jet with aluminum oxide induced greater resistance for the Nickron than the Durabond alloy;*

3.3 - *The Nickron metal alloy demonstrated greater compression strength with the abrasive jet than with electrochemical etch;*

3.4. - *The Durabond metal alloy showed similar strength with both treatments (abrasive jet and electrochemical etch).*

KEY- WORDS: *Metal-ceramic, Alloys Metal, Compression Strength Tests, Surface Treatment*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - AMERICAN DENTAL ASSOCIATION Specification nº 2 for casting investment for dental gold alloy. *Guide to dental materials and devices* . 6. ed. Chicago, 1972 / 1973. p. 143-146.

2 - ANUSAVICE, K.J.; RINGLE, R.D.; FAIRHURST, C.W. Adherence controlling elements in ceramic-metal systems. I. Precious alloys. *J. Dent. Res.*, v. 56, n. 9, p. 1045-1052, 1977.

3 - ANUSAVICE, K.J.; RINGLE, R.D.; FAIRHURST, C.W. Bonding mechanism evidence in a ceramic-nonprecious alloy systems *J. Biomed. Mater. Res.*, v.11, n. 5, p.701-709, 1977.

4 - BARAN, G.R. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. *J. Prosthet. Dent.*, v.50, n.5, p.639-650, 1983.

5 - BARRACK, G. Recent advances in etched cast

restorations. *J. Prosthet. Dent.*, v.52, n.5, p.619-626, 1984.

6 - CARPENTER, M.^o; GOODKIND, R.J. Effect of varying surface texture on bond strength of one semiprecious and one nonprecious ceramo-alloy. *J. Prosthet. Dent.*, v.42,n.1, p.86-95,1979.

7 - CARTER, J.M.; AL - MUDAFAR, J.; SORENSE, S.E. Adherence of a nickel-chromium alloy and porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, v.41, n.2, p.167-172, 1979.

8 - CHARBENEAU, G.T.; CARTWRIGHT, C.B.; COMSTOCK, F.W.; KAHLER, F.W.; SNYDER, D.T.; DENNISON, J.B.,; MARGESON, R.D. *Princípios e prática de dentística operatória*. Rio de Janeiro, Guanabara, Koogan, 1978. p.389.

9 - CHIODI, N.J. *Avaliação da resistência de união da porcelana aplicada sobre liga de Ni-Cr e sobre solda.*

Bauru, 1981. Tese (Livro - Docência) - Faculdade de Odontologia de Bauru - USP-USP.

- 10 -CHONG, M.P.; BEECH, D.R. A simple shear test to evaluate the bond strength of ceramic fused to metal. *Aust. Dent. J.* v.25, n.6, p.357-371, 1980.
- 11 -DEL CASTILLO, E.; THOMPSON, V.P. Electrolytically etched nonprecious alloys: resin bond and laboratory variables. In: GENERAL SESSION OF IADR, 60. New Orleans, 1982. Apud *J. Dent. Res.*, 61 (Special issue A): 186, 1982. (Abstr. 64).
- 12 -DRUMMOND, J.L.; RANDOLPH, R.G.; JEKAKS, V.J.; LENKE, J.W. Shear testing of the porcelain - metal bond. *J. Dent. Res.* v.63, n.12, p.1400-1401, 1984.
- 13 -DUNN, B.; REISBICK, M.H. Adherence of ceramic coatings on chromium-cobalt structures. *J. Dent. Res.*, v.55, n.3, p.328-332, 1976.
- 14 -GOMES, J.C. *Ataque eletroquímico em ligas Ni-Cr e Co-Cr. Efeito de soluções, tempos e intensidades de corrente.* Araraquara, 1986. Tese (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP.
- 15 -HOLLENBACK, G.M. *Science and technic of the cast restorations.* St. Louis, Mosby, 1964.
- 16 -KELLY, M.; ASGAR, K.; O'BRIEN, W.J. Tensile strength determination of the interface between porcelain fused to gold. *J. Biom. Mater. Res.*, v. p. 43-408, 1969.
- 17 -KNAP, F.J.; RYGE, G. Study of bond strength of dental porcelain fused to metal. *J. Dent. Res.*, v.45, n.4, p.1047-1051, 1966.
- 18 -LACY, A.M. The chemical nature of dental porcelain. *Dent. Clin. N. Amer.*, v.21, n.4, p.661-667, 1977.
- 19 -LAND, C.H. Porcelain dental art. *Dent. Cosmos*, v.45, n.6, p.437-444, 1903
- 20 -LAVINE, M.H.; CUSTER, F. Variables affecting the strength of bond between porcelain and gold. *J. Dent. Res.*, v.45, n.1, p.32-36, 1966.
- 21 -LUBOVICH, R.P.; GOODKIND, R.J. Bond strength studies of precious, semiprecious, and nonprecious ceramic-metal alloys with two porcelains. *J. Prosthet. Dent.*, v.37, n.3, p.288-299, 1977.
- 22 -PHILLIPS, R.W. *Materiais dentários de Skinner.* 2a ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1984. p.367.
- 23 -POGGIOLI, J.; MONTAGNON, J.; LAMBART, J. Emaillage d'un alliage non précieux-avec la porcelaine dentaire. *Rev. Franc. Odonto-Stomat.*, v.15, n.9, p.1215-1220, 1968.
- 24 -SCED, I. R.; McLEAN, .W. The strength of metal/ ceramic bonds with base metals containing chromium. *Brit. Dent. J.*, v.132, n.6, p.232-234, 1972.
- 25 -SHELL, J.S.; NIELSEN, J.P. Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J. Dent. Res.* v.41, n.6, p.1424-1437, 1962.
- 26 -SILVER, A.B.M.; KLEIN, G.; HOWRD, M.C. Platinum - porcelain restorations. *J. Prosthet. Dent.*, v.6, n.5, p.695-705, 1956.
- 27 -TANAKA, T.; ATSUTA, M.; UCHIYAMA, Y.; KAWASHIMA, I. Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. *J. Prosthet. Dent.*, v.42, n.3, p. 282-291, 1979.
- 28 -THOMPSON, V.P. Electrolytic etching modes of various nonprecious alloys for resin bonding. In: GENERAL SESSION OF IADR, 60 New Orleans, 1982. Apud *J. Dent. Res.*, 61 (Special issue A): 186, 1982 (Abstr. 65).
- 29 -THOMPSON, V.P.; LIVADITIS, G.J. Etched casting acid etch composite bonded posterior bridges. *Pediatr. Dent.*, v.4, n.1, p.38-43, 1982.
- 30 -THOMPSON, V.P.; LIVADITIS, G.J.; DEL CASTILLO, E. Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloy for resin-bonded prostheses. In: GENERAL SESSION OF IADR, 59. Chicago, 1981. Apud *J. Dent. Res.*, 60 (Special issue A): 377, 1981. (Abstr. 265).
- 31 -THOMPSON, V.P.; DEL CASTILLO, E.; LIVADITIS, G.J. Resin-bonded retainers. Part I: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v.50, n.6, p.771-779, 1983.
- 32 -VICKERY, R.C.; BADINELLI, L.A. Nature of attachment forces in porcelain gold systems. *J. Dent. Res.*, v.47, n. 5, p. 683-689, 196
- 33 -VON RANOTH, M.S.; LAUTENSCHIAGER, E.P. Metal surface changes during porcelain firing. *J. Dent. Res.*, v.48, n.2, p. 321-324, 1969.