

RESISTÊNCIA À FLEXÃO E À FADIGA DA RESINA ACRÍLICA QUIMICAMENTE ATIVADA ACRESCIDA DE FIBRAS HÍBRIDAS

FLEXURAL AND FATIGUE STRENGTH OF CHEMICALLY ACTIVATED RESIN IN ASSOCIATION WITH AN HYBRID FIBRE

Andréa Gomes de OLIVEIRA¹; Heitor PANZERI²

RESUMO: Como grande desvantagem das resinas acrílicas encontra-se a sua alta possibilidade de fraturas em serviço, que normalmente ocorrem por fadiga flexural do material. Neste estudo, avaliou-se em máquina universal de ensaios (EMIC-Modelo MEM 2000), as resistências à flexão e à fadiga de 40 corpos-de-prova (65mm X 10mm X 3mm) confeccionados em resina acrílica ativada quimicamente (Vipi Cril, Dental Vipi, Pirassununga, SP), associada a uma fibra híbrida de aramida e vidro (Superfiber, Superdont Ltda, Rio de Janeiro), comparativamente ao grupo controle, sem fibra; assim como, verificou-se o grau de união fibra híbrida/matriz, por microscopia eletrônica de varredura, após o tratamento superficial das fibras híbridas por imersão na resina fluida. Os resultados mostraram o aumento da resistência flexural e a diminuição da resistência à fadiga da resina associada à fibra híbrida, além da ausência de união fibra/matriz nas amostras estudadas.

UNITERMOS: Aramida, Vidro, Resina Acrílica, Reforço.

INTRODUÇÃO

Na área odontológica são aplicadas diversas variedades de plásticos sintéticos. Desde a década de 1940 a resina acrílica tem sido o material mais utilizado para bases protéticas, graças à sua estabilidade de cor, facilidade de processamento, de reparos e pigmentação, além de sua biocompatibilidade (SCHREIBER, 1971).

Entretanto o mercado protético investe cerca de 18 milhões de dólares anualmente no reparo de próteses (DENTAL PRACTICE BOARD, 1997). Dessa forma, apesar de suas qualidades, as resinas acrílicas possuem propriedades mecânicas às vezes insuficientes para resistir a esforços aplicados durante determinado tempo (BEYLI; VonFRAUNHOFER, 1981; HARALDSON et al., 1979; HUGGET et al., 1987; SMITH, 1961).

Neste contexto, a grande desvantagem das resinas acrílicas tornou-se a alta possibilidade de fraturas em serviço. As fraturas protéticas ocorrem principalmente por fadiga flexural ou por falhas ao impacto, sendo, a primeira, a de maior incidência (MANLEY et al., 1979; SCHREIBER, 1971; SMITH 1961; STAFFORD; SMITH, 1970).

Algumas alternativas ao uso de resinas acrílicas têm sido discutidas, como o uso das resinas epóxicas, policarbonatos, poliestirenos e materiais polivinílicos. Também, alguns incrementos para reforçar o polimetilmetacrilato têm sido estudados, como metais, nylon, agentes de ligação cruzada, polímeros borrachosos, corpúsculos de cerâmica, sílica e safira, óxido de alumínio, fibras de vidro, de polietileno, de aramida e de carbono (BROWN, 2000; GUTTERIDGE, 1988; PRICE 1986; SKIRVIN et al., 1982; TANER, et al., 1999; WYLEGALA, 1973).

O uso de fibras de vidro para reforço de próteses foi inicialmente descrito por Smith em 1957. O autor já relatava o reforço, pela simples mistura de pequenas fibras ou por laminação de películas de vidro à resina acrílica.

Fregonesi e Panzeri (1980) avaliaram os resultados da adição do reforço por fibras de vidro às resinas acrílicas dispondo-as em camadas sucessivas. Os valores de resistência flexural e deflexão foram inferiores ou iguais àqueles materiais ensaiados sem reforço, o que os autores atribuíram à delaminação das camadas da resina. Fregonesi (1985) reforçou a resina acrílica com fibras de vidro encontrando um aumento na resistência à

¹ Professora Adjunta, Mestre, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia.

² Professor Titular, Doutor, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Received 03/06/03 Accept 09/10/03

tração com as fibras picadas e diminuição dessa resistência com as fibras moídas. Com qualquer das fibras usadas encontrou aumento dessa resistência tratando as fibras de vidro com agente silano A-174.

Vallittu et al. (1994) sugeriram o pré-tratamento da fibra com uma mistura de PMMA-MMA e observaram que tal mistura gerou pequena alteração dimensional da matriz, viabilizando sua utilização.

Ahlstrand e Finger (2002) relataram técnicas para confecção direta de próteses fixas reforçadas por fibras de vidro pré-impregnadas por resina, que segundo os autores facilitam seu processamento. Ressaltaram as vantagens do uso de sistemas reforçados por fibras como a conservação dos dentes pilares, o baixo custo e o curto tempo clínico do procedimento.

A aramida consiste em outro elemento de reforço para a resina acrílica, sendo este o termo genérico para um grupo de fibras constituído por poli-para-fenileno tereftalamida (Kevlar, Du Pont de Nemours and Co, Wilmington, DE, USA). Estas fibras são resistentes aos agentes químicos, são estáveis termicamente e apresentam alta estabilidade mecânica. As fibras de poliaramida têm sido usadas na indústria marinha e aeroespacial para produzir laminados de alta resistência, fácil fabricação e baixo peso (MULLARKY, 1985).

O Kevlar possui um módulo de elasticidade que chega a ser duas vezes maior que das fibras de vidro, o que o destacou como um material para reforço de polímeros, além de não necessitar de agentes de adesão (JAGGER et al., 1999).

Nos anos 80 utilizou-se a fibra de aramida na odontologia, em próteses fixas, adesivas e retentores ortodônticos, reforço para próteses sobre implante e contenção periodontal. A partir de 1990, algumas aplicações para as fibras de aramida são citadas, como na confecção de próteses provisórias pós-implante (BINON; SULLIVAN, 1990), na confecção de próteses ortopédicas e aparelhos ortodônticos (LATOUR; BLACK, 1992), na produção de tecidos conectivos artificiais (AMBROSIO et al., 1998) e para aumentar a resistência de cimentos de fosfato de cálcio (XU et al., 2000 apud BROWN, 2000).

Miyairi (1975), relataram que a laminação da porção palatina de próteses totais, com reforço de fibras Kevlar 49, melhora a resistência à flexão e à fadiga das resinas acrílicas para base de próteses em 160% e 130% respectivamente e o módulo de elasticidade em 80%.

Mullarky (1985) aplicou 3,3% a 17,4% de fibras de aramida, unidirecionadas, à matriz de resina PMMA. O autor conclui que este reforço seletivo pode aumentar a resistência à fadiga da resina em até 200%, assim como o aumento no módulo de Young e na resistência à tração.

Por outro lado, Grave et al. (1985), obtiveram valores menores de resistência transversal nos grupos de resina reforçados por fibras de aramida e carbono, comparativamente ao grupo controle, e atribuíram o fato às falhas de adesão resina-reforço e à redução da espessura da matriz pela presença das fibras.

Muitos pesquisadores investigaram o reforço do PMMA com um só tipo de fibra, entretanto, Vallittu e Narva (1997) procuraram reforçá-lo com uma fibra híbrida, isto é, um compósito que consistia de uma fibra de vidro e fibras Kevlar embebidas em uma matriz resinosa. A adição das fibras de vidro à resina acrílica auto-polimerizável em concentrações de 12,4% aumentou sua resistência ao impacto.

John et al. (2001), comparando o reforço da resina acrílica termopolimerizável, por fibras de nylon, vidro e aramida com o grupo controle, sem reforço, perceberam acréscimo significativo na resistência flexural nos grupos reforçados por aramida e vidro.

Dentre as alternativas de reforço para a resina acrílica, muitas geram aumento no tempo dos procedimentos, nos custos, além de gerarem dificuldades estéticas ou de acabamento e polimento dos aparelhos protéticos, e em alguns casos não representam métodos eficazes de reforço do poli-metilmacrilato. Portanto, é importante que a equipe de profissionais do consultório e laboratório odontológicos conheça a eficácia dos materiais para reforço, assim como suas indicações e restrições técnicas de aplicação.

O objetivo deste estudo foi avaliar as resistências à flexão e à fadiga da resina acrílica ativada quimicamente (Vipi-Cril, Dental Vipi, Pirassununga, SP), acrescida de fibras híbridas de vidro e aramida (Superfiber, Superdont Ltda, Rio de Janeiro), assim como observar, através de microscopia eletrônica de varredura, o grau de união fibra híbrida/matriz.

MATERIAL E MÉTODO

Obtenção das Matrizes Metálicas

Para obtenção dos corpos-de-prova construíram-se, em fresadora mecânica, três matrizes metálicas em alumínio com as medidas de 65 mm de comprimento, 10 mm de largura e 3 mm de espessura.

Obtenção dos Corpos-de-Prova

As matrizes metálicas foram incluídas em mufla (OGP-Produtos Odontológicos Ltda). A impressão negativa das matrizes na contra-mufla foi preenchida com

cera rosa 07 (Cera Rosa 07, Probem), formando um espaçador, para a realização de duas etapas de prensagem.

Ao alcançar a fase plástica de sua polimerização (FARAJ; ELLIS, 1979; GOMEZ et al. 1998; PHILLIPS, 1978), efetuou-se a deposição da resina acrílica quimicamente ativada (Vipi.Cril / Dental Vipi) no molde contido na base da mufla.

Para a prensagem da resina acrílica foi interposta uma película de papel celofane na união da base da mufla com a contra-mufla, evitando a adesão destas partes (PHILLIPS, 1978). Ao término do período de polimerização da resina, abriu-se a mufla removendo o papel celofane e o excesso da resina acrílica depositada.

O condicionamento das fibras híbridas do tipo FITA 17 (Superfiber / Superdont Ltda), foi realizado imergindo-as em resina acrílica quimicamente ativada (Vipi.Cril / Dental Vipi), na fase arenosa (SCHREIBER, 1971). Em seguida, a superfície da resina acrílica foi umedecida com seu monômero e então, o filamento da fibra híbrida de reforço foi centralizado e disposto no sentido do maior comprimento do corpo de prova (VALLITTU et al., 1994).

Para evitar o deslocamento das fibras durante a prensagem da resina, estas foram fixadas com resina acrílica, em quatro pontos (YAZDANIE; MAHOOD, 1985).

A seguir retirou-se a camada de cera rosa 07 (Cera-Rosa 7/ Probem), depositada na impressão negativa da contra-mufla e procedeu-se a aplicação da segunda camada de resina acrílica, no molde da contra-mufla.

Os corpos-de-prova foram submetidos a acabamento e suas dimensões foram conferidas com paquímetro digital, descartando-se aqueles que estivessem em desacordo com as medidas padronizadas. Foram obtidos dez corpos-de-prova acrescidos de fibra híbrida para cada ensaio proposto.

Para cada grupo controle foram confeccionados dez corpos-de-prova em resina acrílica ativada quimicamente (Vipi-Cril, Dental Vipi) utilizando-se uma única etapa de prensagem, já que os mesmos não continham as fibras para reforço.

Os corpos-de-prova foram imersos em água à temperatura ambiente, por duas semanas antes dos testes (RUYTER et al., 1986; SCHREIBER, 1971).

Ensaio de Flexão

O ensaio de resistência à flexão de três pontos foi realizado em uma máquina universal de ensaios (EMIC-

Modelo MEM 2000) sendo que os três pontos apresentavam-se arredondados para permitir o deslocamento da amostra quando da aplicação da carga. A máquina foi calibrada para uma velocidade de deslocamento constante de 5mm/min. Ao tocar o corpo-de-prova o deslocamento era zerado e a carga aplicada.

A resistência à flexão (F_s) foi calculada pela fórmula (KANIE, 2000), sendo P_m a carga máxima, l a distância entre os dois apoios, b a largura da amostra e h a sua espessura:

$$F_s = \frac{3P_m}{2bh^2}$$

Ensaio de Fadiga

Para o teste de resistência à fadiga, foi utilizada a máquina universal de ensaios (EMIC-Modelo MEM 2000), acoplada a um dispositivo que gerava 96 ciclos flexurais por minuto. A flexão inicial imposta aos corpos-de-prova foi de 2,5mm, que corresponderia a uma carga média de 5kgf, valores estes, inferiores àqueles gerados para a fratura das amostras do primeiro ensaio, o que evitaria uma fratura sem que houvesse a fadiga das mesmas.

Ao passar dos ciclos flexurais era observado o tempo necessário para a fratura das amostras e o mesmo convertido em número de ciclos. Como tempo máximo para fratura fora estipulado sete minutos, por amostra, visto que a maior parte dos corpos-de-prova fraturava-se aquém deste teto. Quando da ausência de fratura, este era o número relativo aos ciclos do corpo em questão, evitando a morosidade do ensaio.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para visualização da interface de união fibra/resina neste estudo, foi utilizado Microscópio Eletrônico de Varredura (Zeiss, DMS 940A, UFSCar, São Carlos, SP), através do qual foram registradas as fotomicrografias das superfícies fraturadas dos corpos-de-prova, acrescidos de fibras, que apresentaram os maiores e menores valores de resistência à fadiga e resistência à flexão.

RESULTADOS

Ensaio de Flexão

Os resultados da resistência flexural dos corpos-de-prova confeccionados com fibras de reforço híbridas e sem fibras de reforço, encontram-se na Tabela 1.

Depois de aplicado o teste U de Mann-Whitney (SIEGEL, 1975), aos valores de resistência à flexão, observaram-se diferenças significativas entre o grupo de resinas com fibras e o grupo controle, sendo que os valores mais elevados foram os relativos às resinas com fibra de

reforço (Tabela 2).

A média dos valores de resistência à flexão encontrados para a resina acrílica auto-polimerizável, acrescida de fibras híbridas e para o grupo controle encontra-se expressa na Tabela 1.

Tabela 1. Resistência à Flexão da resina auto-polimerizável acrescida de fibras híbridas e grupo controle

	Grupo com Fibra	Grupo Controle
E1	118.11	91.04
E2	93.47	75.63
E3	80.72	93.47
E4	108.34	80.12
E5	86.67	82.85
E6	100.37	90.92
E7	105.15	82.76
E8	101.97	88.04
E9	111.31	83.64
Média	100.17	84.77

Valores em MPa

Tabela 2. Resultado do Teste U de Mann-Whitney quanto à resistência à flexão da resina acrílica auto-polimerizável, acrescida de fibras híbridas e o grupo controle

Variável Analisada	Probabilidade
Resistência Flexural	0,0036*

* $p < 0,05$

Ensaio de Fadiga

Os resultados para força máxima e número de ciclos gerados no teste de fadiga dos corpos-de-prova em resina auto-polimerizável, acrescidos de fibras híbridas e grupo controle, encontram-se apresentados na Tabela 3.

Os corpos-de-prova foram submetidos a um ciclo máximo de sete minutos, dentro do qual, todos os representantes do grupo controle não se romperam. No grupo de corpos-de-prova acrescidos de fibras híbridas, apenas dois corpos completaram o tempo de sete minutos sem se fraturarem. Todos os corpos-de-prova submetidos

ao teste de fadiga que apresentaram ruptura dentro do tempo estipulado de sete minutos mostraram fratura sem separação das partes (Tabela 3).

Com o objetivo de verificar a existência ou não de diferenças significantes entre os valores de força aplicada e número de ciclos, obtidos com corpos-de-prova sem fibra de reforço e o grupo controle, no ensaio de fadiga, foi aplicado o teste U de Mann-Whitney (SIEGEL, 1975), aos dados em questão. De acordo com os resultados houveram diferenças significantes entre todas as variáveis analisadas sendo que os valores mais elevados foram os relativos aos corpos-de-prova com fibra (Tabela 4).

Tabela 3. Resultados do teste de fadiga dos corpos-de-prova em resina acrílica auto-polimerizável acrescida de fibras híbridas e grupo controle

Corpo-de-Prova	Força Máxima – Kgf		Número de ciclos	
	Grupo com Fibra	Grupo Controle	Grupo com Fibra	Grupo Controle
A1	6.02	4.93	22.4*	672**
A2	6.65	6.05	672**	672**
A3	7.01	5.67	384*	672**
A4	6.67	6.6	160*	672**
A5	9.23	5.5	16*	672**
A6	6.88	6.32	672**	672**
A7	6.42	4.88	464*	672**
A8	9.17	6.20	19.2*	672**
A9	9.23	5.59	4.8*	672**
A10	6.58	6.06	51.2*	672**

* fratura sem separação; ** sem fratura

Tabela 4. Probabilidades encontradas, quando da aplicação do teste de Mann-Whitney aos valores de força aplicada e número de ciclos, obtidos com corpos-de-prova em resina auto-polimerizável acrescidos de fibras híbridas e o grupo controle em teste de fadiga

Variáveis Analisadas	Probabilidades
Força aplicada	0,0011*
Número de ciclos	0,0006*

* $p < 0,05$

Microscopia Eletrônica de Varredura

Após análise de fotomicrografias realizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura, não foi constatada união fibra/resina como se observa na figura 1. Observou-se a propagação da linha de fratura a partir da região de união fibra/matriz (Fig. 2)

O corpo-de-prova E3 apresentou o menor valor

para resistência flexural, no grupo estudado e comparativamente ao corpo-de-prova E1, mostrou linha de fratura mais pronunciada iniciando na área de inserção da fibra híbrida (Fig. 1 e 2).

Para os corpos-de-prova submetidos ao ensaio de fadiga, não foram percebidas alterações em microscopia que sugiram a discrepância de valores de ciclos e força máxima aplicada às amostras.

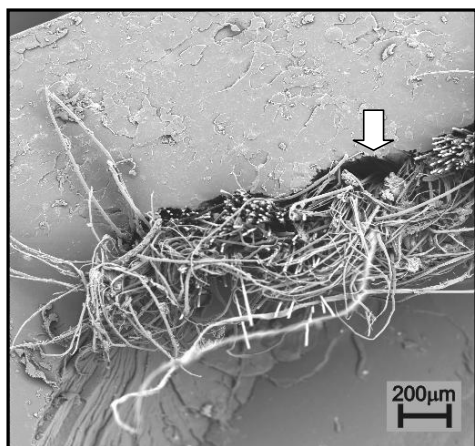


Figura 1- Superfície fraturada do corpo-de-prova E1

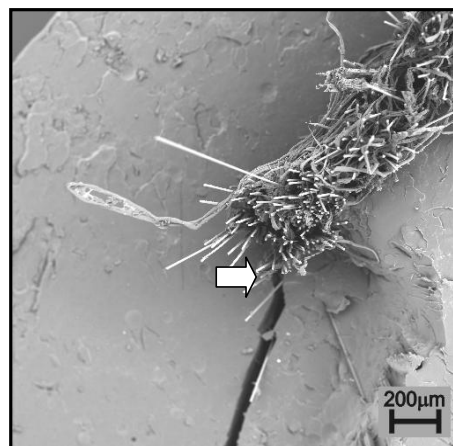


Figura 2- Superfície fraturada do corpo-de-prova E3.

DISCUSSÃO

Os valores para a resistência à flexão da resina acrílica foram apresentados por Simond e Ellis (1943) entre 62,1 e 103,5 MPa e por Dubois (1944) entre 89,7 e 103,5 MPa. A resistência à flexão da resina reforçada por fibras, em nosso estudo, apresentou valores médios de 100,17 MPa, quando comparados a 84,77 MPa para a resina sem reforço.

O aumento da resistência à flexão em resinas associadas a fibras de aramida também foi observado por Grant e Greener (1967), Miyairi (1975) de 80,36 MPa para 208,74 MPa, Ruyter et al. (1986), Vallittu et al. (1994) com acréscimo de cerca de 30% no grupo reforçado por fibras, Ramos (1996) com acréscimo de cerca de 20% e por John et al. (2001) com valores de 69,6 MPa para 84,9 MPa.

Em contradição, Grave et al. (1985) observaram a redução nos valores de resistência flexural de amostras onde foram aplicadas fibras de aramida, os autores atribuíram o fato à falhas de adesão fibra/matriz e à redução na espessura das amostras pela presença das fibras.

Vallittu et al. (1994) e John et al. (2001) também relataram em seus estudos, o aumento da resistência flexural de amostras confeccionadas através da associação de fibras de vidro à resina acrílica. Por outro lado, Fregonesi e Panzeri (1980) observaram valores inferiores para a resistência à flexão em amostras de resina acrílica associada a fibras de vidro, atribuindo o fato à delaminação das camadas da resina, provocada pela presença das fibras.

Comparando-se o reforço por vidro ao reforço por aramida, Vallittu e Lassila (1992) mostraram valores maiores de resistência à flexão para o vidro, concordando com Vallittu (1993), Goldberg et al. (1994) e John et al. (2001). Em contra-partida, Vallittu et al. (1994) mostrou valores superiores para o reforço por aramida.

Outros autores como Uzun et al. (1999) e Chen et al. (2001) mostraram não haver diferenças significantes, para os valores de resistência à flexão, entre os grupos de resina acrílica associada a fibras de vidro e aramida e o grupo controle.

O acréscimo na resistência flexural do compósito, explica-se devido ao alto módulo de elasticidade das fibras, que recebem o estresse sem deformação (JOHN et al., 2001). Para Andrade et al. (2002) quando da união eficaz fibra/matriz, durante o esforço, a resina transfere o estresse para a fibra e a mesma, acresce a resistência do conjunto.

Para Schreiber (1971) e Jagger et al. (1999), as fibras de Kevlar não requerem agentes de adesão, e segundo Bataglioni (1988) o processo de polimerização da resina acrílica gera uma ancoragem da fibra na matriz, uma espécie de retenção mecânica. Entretanto, segundo Ekstrand et al. (1987), Vallittu (1993) e Brown (2000), o uso de agentes de união fibra/matriz otimiza a capacidade de reforço das fibras, já que a interface de união, quando frágil, representa o foco de fratura do material, como observado em algumas amostras de nosso estudo.

Vallittu et al. (1994), sugeriram que haveria redução nas propriedades mecânicas da resina devido à ausência de união completa das fibras à matriz e relacionaram os espaços negros das fotomicrografias como provocados pela contração de polimerização da resina, durante seu processamento. Em nossas fotomicrografias também percebemos a presença destes espaços negros, entre as fibras e a matriz.

Diferenças nos valores para a resistência flexural entre estudos podem ser explicadas pela forma de armazenamento das amostras antes dos testes (EKSTRAND et al., 1987).

Para Ekstrand et al. (1987) a baixa adesão fibra/matriz, observada em micrografias de varredura, foi devido ao armazenamento das amostras em ambiente úmido, fato este também relatado por Latour e Black (1992). Entretanto para Ruyter et al. (1986), não houve diferenças significativas entre o módulo flexural dos corpos-de-prova secos ou úmidos. Concordando com o último e com Schreiber (1971), o acondicionamento das amostras em nosso estudo foi realizado em 100% de umidade.

Assim como Berrong et al. (1990), Brown (2000) e Andrade et al. (2002), percebemos em nosso ensaio de fadiga, a fratura da resina das amostras sem o rompimento da fibra de reforço, o que proporcionaria facilidade de reparo quando de fraturas protéticas em serviço, já que não ocorre a perda do fragmento.

Em nosso estudo, o número de ciclos necessários para a fadiga da resina reforçada por fibras encontrou valores menores, quando comparados aos valores obtidos no grupo controle, sem fibras de reforço. Tal resultado é concordante com Kelly (1969). Porém, Miyari (1975) encontrou aumento na resistência à fadiga da resina reforçada por aramida, de 33,32 para 76,44 MPa e em estudos de Manley et al. (1979), com valores até três vezes maiores que o grupo controle.

Segundo Phillips (1978), a capacidade de resistir ao choque estará em proporção ao seu módulo de resiliência. No ensaio de fadiga, observamos valores maiores da força aplicada às amostras para que obtivessem

a flexão padrão de 2,5mm, o que sugere menor resiliência do conjunto e dessa forma, pode-se entender a fratura prematura dos corpos reforçados em ensaio de fadiga.

Apesar disto, Jagger et al. (1999) relataram que o módulo de elasticidade do Kevlar chega a ser duas vezes maior que do vidro, e Oikarinen et al. (1992) observaram maior flexibilidade do esplinte de Kevlar quando comparado a sete outros materiais, o que nos leva a sugerir que a diminuição no grau de resiliência das amostras de nosso estudo possa ter sido devido ao componente vítreo da fibra utilizada, ou mesmo pela ausência de interação ativa do mesmo com a matriz, pela ausência de agentes de adesão.

Sugerimos a realização de estudos com agentes de adesão associados à fibra híbrida, a fim de verificar sua influência sobre as propriedades mecânicas da resina acrílica.

CONCLUSÕES

1. Os corpos-de-prova reforçados por fibras híbridas, apresentaram valores maiores para a resistência à flexão, comparativamente ao grupo controle;
2. Os corpos-de-prova reforçados por fibras híbridas, fraturaram-se prematuramente, quando comparados ao grupo controle, após ciclos de fadiga em flexão;
3. Não foi constatada união fibra/matriz nas amostras estudadas.

AGRADECIMENTOS

A UFSCar-São Carlos, na pessoa do Sr. Christian Ravagnani, doutorando do Departamento de Engenharia de Materiais, pela realização das fotomicrografias deste trabalho.

ABSTRACT : The great disadvantage of the acrylic resin became the high possibility of breaking on duty, that normally occur by flexural fatigue of the material. At this study we evaluated through the Universal Machine of rehearsal (EMIC –Model MEM 2000), the resistance to the flexure and to the fatigue of 40 rectangular specimens (65 mm X10 mm X 3 mm) prepared in acrylic resin activated chemically (Vipi Cril, Dental Vipi), associated with an hybrid fiber of glass and aramid (Superfiber, Superdont Ltda., Rio de Janeiro), comparatively to the control group, without reinforcement; as well as to verify the union rating of fiber/ matrix, after the superficial treatment of the fiber by immersion in the same fluid resin, through the scanning electron microscope. The results showed the increase of the flexural resistance and the decrease of the fatigue resistance of the resin reinforced by the hybrid fiber, beyond the absence of the fiber/matrix union in the sample studied. We suggest studies with adhesion agents.

UNITERMS: Aramid, Glass, Acrylic Resin, Reinforcement.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSTRAND, W. M.; FINGER, W. J. Direct and indirect fiber-reinforce fixed partial dentures: case reports. *Quintessence Int.*, Berlin, v. 33, n. 5, p. 359-365, 2002.
- AMBROSIO, L.; De SANTIS, R.; JANNACE, S.; NETTI, P. A.; NICOLAIS, L. Viscoelastic behaviour of composite ligament prostheses. *J. Biomed. Mater. Res.*, New York, v. 42, p. 6-12, 1998.
- ANDRADE, M. F.; PORTO NETO, S. T.; SAAD, J. R. C. Utilização de fibras de reforço nas restaurações estéticas. In: CARDOSO, R. J. A.; GONÇALVES, E. A. N. *Estética*. 20.ed. São Paulo: Artes Médicas, 2002. p.151-168.
- BATAGLION, C. **Verificação da resistência à compressão e dureza superficial da resina acrílica ativada termicamente, acrescida do reforço de fibras de vidro tipo moída**. 1988. 91f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral)- Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1988.
- BERRONG, J. M.; WEED, R. M.; YOUNG, J. M. Fracture resistance of Kevlar –reinforced poly(methyl methacrylate) resin: a preliminary study. *Int. J. Prosthodont.*, Lombard, v. 3, n. 4, p. 391-395, 1990.
- BEYLI, M. S.; VonFRAUNHOFER, J. A. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J. Prosthet. Dent.*, St. Louis, v. 46, n. 3, p. 238-240, Sept. 1981.

BINON, P. P.; SULLIVAN, D. Y. Provisional fixed restorations technique for osseointegrated implants. **CDA Journal**, Sacramento, v. 18, n. 1, p. 23-30, Jan. 1990.

BROWN, D. Fibre-reinforced materials. **Dental Update**, Guildford, p. 442-448, Nov. 2000.

CHEN, S. Y.; LIANG, W. M.; YEN, P. S. Reinforcement of acrylic denture base resin by incorporation of various fibers. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v. 58, p. 203-208, Feb. 2001.

DENTAL PRACTICE BOARD. **Dental practice Board Annual Report**. Eastbourne. 1997.

DUBOIS, J. H. **Plastics**. 2. ed. Chicago: [s.n.], 1994. v. 1, p. 96-97.

EKSTRAND, K.; RUYTER, E.; WELLENDORF, H. Carbon/graphite fiber reinforced poly(methylmethacrylate): Properties under dry and wet conditions. **J. Biomed. Mat. Res.**, New York, v. 21, p. 1065-1080, 1987.

FARAJ, S. A. A.; ELLIS, B. The effect of processing temperatures on the exotherm, porosity and properties of acrylic denture base. **Brit. D. J.**, London, v. 147, n. 8, p. 209-212, Oct. 1979.

FREGONESI, L. A.; PANZERI, H. Estudo da resistência transversal e da deflexão de resinas acrílicas para base de dentaduras reforçadas com fibras de vidro em camadas. **Rev. Fac. Farm. Odont. Ribeirão Preto**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 2, p. 113-128, jul./dez.1980.

FREGONESI, L. A. **Medidas de resistência e deformação de resinas acrílicas reforçadas com fibras de vidros picadas e moídas**. 1985. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) -Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1985.

GOLDBERG, A. J.; BURSTONE, C. J.; HADJINIKOLAOU, I.; JANCAR, J. Screening of matrices and fibers for reinforced thermoplastics intended for dental applications. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v. 28, p. 167-173, 1994.

GOMEZ, T.; MORI, M.; CORRÊA, G. A.; MATSON, E. Alternativas técnicas para o controle das alterações dimensionais das resinas acrílicas em prótese total. **Rev. Odont. Univ. São Paulo**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 181-187, abr/ jun. 1998.

GRANT, A. A. ; GREENER, E. H. Whisker reinforcement of polymethylmethacrylate denture base resin. **Aust. Dent. J.**, Sidney, p. 29-33, Feb. 1967.

GRAVE, A. M. H.; CHANDLER, H. D.; WOLFAARDT, J. F. Denture base acrylic reinforced with high modulus fibre. **Dent. Mater.**, Washington, v. 1, p. 185-187, 1985.

GUTTERIDGE, D. L. The effect of including ultra-modulus polyethylene fibre on the impact strenght of acrylic resin. **Brit. D. J.**, London, v. 164, p. 177-180, Mar. 1988.

HARALDSON, T.; KARLSSON, U.; CARLSSON, G. E. Bite force and oral function in complete denture wearers. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 6, p. 41-48, Jan. 1979.

HUGGET, R.; BATES, J. F.; De PCKHAM. The effect of the curing cycle upon the molecular weight and properties of denture base materials. **Dent. Mater.**, Washington, v. 3, n. 3, p. 107-112, 1987.

JAGGER, D. C., HARRISON, A.; JANDT, K. D. The reinforcement of dentures. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 26, p. 185-194, 1999.

JOHN, J.; GANGADHAR, S. A.; SHAH, I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 86, n. 4, p. 424-427, Oct. 2001.

KANIE, T. Flexural properties na impact strenght of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. **Dent. Mater.**, Washington, v.16, p.150-158, 2000.

KELLY, E. Fatigue fracture in denture base polymers. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 21, n.3, p. 257, Mar. 1969.

LATOUR, R. A.; BLACK, J. Development of FRP composite structural biomaterials: ultimate strength of the fiber/matrix interfacial bond in vivo simulated environments. **J Biomed Mater Res.**, New York, v. 26, n. 5, p. 593-606, May. 1992.

MANLEY, T. R.; BROWMAN, A. J.; COOK, M. Denture Bases Reinforced with carbon fibers. **Brit. D. J.**, London, v. 146, n. 1, p. 25, Jan. 1979.

MULLARKY, R. H. Aramid fiber reinforcement of acrylic appliances. **J Clin Orthod**, Boulder, v. 19, p. 655-658, Sept. 1985.

MIYAIRI, H. Studies on mechanical properties of denture base material laminated with organic fiber reinforced plastics. **Bull Tokyo Med. Dent. Univ.**, Tokyo, v. 22, p. 273-80, 1975.

OIKARINEN, K.; ANDREASEN, J. O.; ANDREASEN, F. M. Rigidity of various fixation methods used as dental splints. **Endod. Dent. Traumatol.**, Dinamarca, v. 8, n. 3, p.113-119, June. 1992.

PHILLIPS, R. W. **Materiais dentários de Skinner**. Tradução de Francisco Xavier Dantas. 7. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

PRICE, C. A .The effect of cross-linking agents on the impact resistance of a linear poly(methyl methacrylate) denture-base polymer. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 65, n. 7, p. 987-992, July. 1986.

RAMOS, V.; RUNYAN, D. A.; CHRISTENSEN, L. C. The effect of plasma treated polyethylene fiber on the fracture strength of poly-methylmethacrylate. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 76, p. 94-96, 1996.

RUYTER, I. E.; EKSTRAND, K.; BJORK, N. Development of carbon/graphite fiber reinforced poly (methyl methacrylate) suitable for implant-fixed dental bridges. **Dent. Mater.**, Washington, v. 2, p. 6-9, 1986.

SCHREIBER, C. K. Polymethyl methacrylate reinforced with carbon fibres. **Brit. D. J.**, London, v. 130, p. 29-30, Jan. 1971.

SIEGEL, S. **Estatística não - paramétrica, para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 350 p.

SIMOND, H. R.; ELLIS, C. **Handbook of plastics**. New York: {s.n.}, 1943, v. 1.

SKIRVIN, D. R.; VERMILYEA, S. G.; BRADY, R. E. Polymethylmethacrylate reinforcement: Effect on fatigue failure. **Military Med.**, Bethesda, v. 147, p.1037-1040, Dec. 1982.

SMITH, D. C. The acrylic denture: mechanical evaluation; midline fracture. **Brit. D. J.**, London, v. 110, n. 8, p. 257-267, Apr. 1961.

STAFFORD, G. D.; SMITH, D. C. Flexural fatigue test of some denture base polymers. **Brit. D. J.**, London, v. 128, n. 9, p. 442-445, May. 1970.

TANER, B; DOGAN, A.; TINÇER, T.; AKINAY, A. E. A study on impact and tensile strength of acrylic resin filled with short ultra-high molecular weight polyethylene fibers. **J. Oral Sci.**, Bauru, v. 41, n. 1, p. 15-18, 1999.

UZUN, G.; HERSEK, N.; TINÇER, T. Effect of five woven fiber reinforcements on the impact na transverse strenght of a denture base resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 81, n. 5, p. 616-620, May. 1999.

VALLITTU, P. K.; LASSILA, V. P. Reinforcement of acrylic resin denture base material with metal or fibre strengtheners. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 19, n. 3, p. 225-230, May. 1992.

VALLITTU, P. K. Comparison of two different silane compounds used for improving adhesion between fibres and acrylic denture base material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 533-539, Sept. 1993.

VALLITTU, P. K.; LASSILA, V. P.; LAPPALAINEM, R. Acrylic resin-fiber composite – part I : The effect of fiber concentration on fracture resistance. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 71, n.6, p. 607-612, June. 1994.

VALLITTU, P. K. ; NARVA, K. Impact strenght of a modified continuous glass fiber-poly(methylmethacrylate). **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 10, n. 2, p. 142-148, Mar-Apr. 1997.

WYLEGALA, R. T. Reinforcing denture base material with carbon fibres. **Dent. Tech.**, London, v. 26, p. 97-100, Nov. 1973.

YAZDANIE, N; MAHOOD, M. Carbon fiber acrylic resin composite: An investigation of transverse strength. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 54, p. 543-547, 1985.