

Resistência flexural de pinos de fibra de vidro, pinos de fibra de carbono recobertos por fibra de vidro e pinos de fibra de carbono

Flexural strength of glass fiber posts, carbon fiber coated glass fiber posts and carbon fiber posts

Doglas Cecchin*

Ana Paula Farina**

Francieli Tacca***

Daniela Sguissardi Invitti***

Álvaro Della Bona****

Bruno Carlini Júnior*****

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar *in vitro* a resistência flexural por três pontos (σ_{3p}) para pinos pré-fabricados de fibra de vidro (FV), pinos de fibra de carbono revestidos por fibra de vidro (FCV) e pinos de fibra de carbono (FC), testando a hipótese de que pinos de FC apresentam maior σ_{3p} do que os pinos FCV e FV. Foram utilizados dez pinos de cada tipo ($n = 10$): FV (controle 1) – pinos Reforpost®, Angelus; FC (controle 2) – pinos Reforpost®, Angelus; FCV (grupo experimental) – pinos Reforpost Mix®, Angelus. Os pinos foram submetidos ao teste de σ_{3p} em uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 2000®), com velocidade de 0,5 mm/min, até a fratura. Os valores de σ_{3p} foram calculados de acordo com a ISO 10477:2004 e submetidos à análise estatística pelo teste Anova ($\alpha = 0,01$) e Newman-Keuls. As médias e desvio-padrão foram: FC = 1408,5446 ($\pm 99,78$) MPa; FCV = 1240,9184 ($\pm 142,95$) MPa; FV = 1012,8323 ($\pm 78,94$) MPa. O valor médio de σ_{3p} dos pinos de FC foi significativamente maior do que o valor médio dos pinos FCV e FV, confirmando a hipótese experimental. Também houve diferença estatística significativa entre FCV e FV.

Palavras-chave: Fibra de vidro. Fibra de carbono. Resistência flexural.

Introdução

O cirurgião-dentista freqüentemente se depara com a necessidade de restaurar dentes tratados endodonticamente. Estes dentes requerem, em muitos casos, restaurações indiretas associadas a pinos intra-radulares e núcleos¹. Os pinos inseridos em canais radulares aumentam a retenção para o procedimento restaurador².

Existem dois sistemas de núcleo coronorradicular: núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados. Núcleos metálicos fundidos geralmente são confeccionados em ligas metálicas, ao passo que os pinos pré-fabricados são apresentados em diversos materiais, formas e tamanhos, dentre os quais se podem destacar os pinos de fibra de vidro e de fibra de carbono³.

O uso de pinos de fibra de vidro tem suas vantagens em relação à estética, pois se apresentam na cor branca, conferindo translucidez e naturalidade às próteses de cerâmica pura de dissilicato de lítio, as quais possuem *copings* igualmente translúcidos. Também apresentam vantagens no que diz respeito à união à estrutura dental e ao módulo de elasticidade⁴⁻⁶. Este último, por ser próximo ao da dentina, produz um campo de estresse similar ao do dente natural⁷⁻⁸, ao passo que os pinos metálicos exibem alto estresse na interface pino/dentina por sua rigidez. Tem-se obser-

* Cirurgião-dentista pela UPF, aluno do curso de mestrado em Odontologia Restauradora, área de concentração Endodontia, FORP-USP.

** Acadêmica da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

*** Cirurgiões-dentistas, especialistas em Dentística pela Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

**** Professor Doutor da disciplina de Oclusão e Prótese Total da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, coordenador da Divisão de Pós-Graduação *Stricto Sensu* da Universidade de Passo Fundo.

***** Professor Doutor das disciplinas de Dentística e Clínica Integrada I da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, coordenador do curso de Especialização de Dentística - UPF.

vado também que os pinos de fibra de vidro reduzem a incidência de fraturas radiculares^{9,10}.

Os pinos de fibra de carbono possuem propriedades mecânicas bastante próximas às da dentina, principalmente o módulo de elasticidade, tornando sua indicação bastante racional e segura quando utilizada em concordância com a técnica preconizada¹¹. Estes pinos possuem fibras dispostas longitudinalmente e apresentam coloração escura, o que fatalmente compromete a estética quando usados em conjunto com coroas *metal free*, podendo resultar em área cervical escura. Todavia, apresentam melhores propriedades mecânicas em comparação aos de fibra de vidro, tais como resistência à tração e resistência flexural, o que favorece sua utilização em dentes posteriores¹².

Recentemente, foram introduzidos no mercado pinos de fibra de carbono revestida por fibra de vidro, aliando resistência e estética¹³. Deve-se investigar se a combinação das fibras de vidro e de carbono resulta num material adequado para o uso clínico. Uma das propriedades relevantes a serem testadas nos pinos intra-radiculars é a resistência flexural em comparação aos já existentes, uma vez que os dentes anteriores estão sujeitos a forças oblíquas, que promovem flexão do dente e dos materiais restauradores¹⁴.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à flexão por três pontos de pinos de fibra de carbono revestida por fibra de vidro, em comparação aos pinos de fibra de vidro e aos pinos de fibra de carbono, testando a hipótese de que pinos de fibra de carbono apresentem resistência flexural superior à dos demais.

Materiais e método

Dez pinos intra-radiculars pré-fabricados de fibra Reforpost® (Angelus, Londrina, PR, Brasil) por grupo (n = 10) foram utilizados neste estudo: FV (controle 1) - pinos de fibra de vidro (Reforpost®, lote 4891; 85% de quartzo e 15% de resina epóxi); FC (controle 2) - pinos de fibra de carbono (Reforpost®, lote 2158; 62% de fibra de carbono e 38% de resina epóxi); FCV (grupo experimental) - pinos de fibra de carbono (5%) revestida por fibra de vidro (80%) e resina epóxi (15%) (Reforpost Mix®, lote: 5937).

O ensaio de resistência flexural consistiu basicamente num teste de resistência de uma barra apoiada em ambas as extremidades, submetida a uma carga estática no centro do seu comprimento, denominado “flexão por três pontos”. Os pinos foram posicionados de forma centralizada num suporte metálico com hastes verticais paralelas, extremidades arredondadas e distantes 15,6 mm entre si. Esse suporte metálico foi acoplado a uma máquina universal de ensaios (Emic DL 2000®, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com uma célula de carga de 2 000 N. Os pinos foram dispostos horizontalmente em contato com as hastes do suporte metálico e, em seguida, a máquina foi acionada com uma velocidade de 0,5 mm/min (Fig. 1). A porção móvel da máquina incidiu sua força perpendicularmente na região central dos corpos-de-prova até ocorrer fratura.

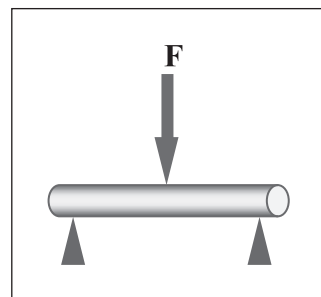


Figura 1 - Esquema do ensaio de σ_{3p} , mostrando o pino centralizado e aplicação da força

Os valores de carga no momento da fratura foram registrados em Newtons (N) e a resistência flexural (σ_{3p}) foi calculada usando-se a fórmula ISO 10477:2004¹⁵. A norma ISO foi modificada neste estudo em razão de o comprimento dos pinos ser menor do que 20 mm:

$$\sigma_{3p} = \frac{8P_{\max}}{L} \cdot \frac{L}{\pi d^3}$$

onde $P_{\max}$ é a carga máxima de fratura (em N), L é a distância entre os dois pontos de suporte no teste de flexão (15,6 mm) e d é o diâmetro dos pinos no local da fratura (em mm).

Os resultados de σ_{3p} foram submetidos à análise de variância ($\alpha = 0,01$) e teste de Newman-Keuls.

Resultados

Os valores de σ_{3p} foram submetidos à análise de variância, mostrando diferença estatística ao nível de 1% de significância (Tab. 1). Os dados foram tratados pelo teste de contraste de Newman-Keuls, que mostrou diferença estatística para todas as interações (Tab. 2). As médias entre os grupos e desvios-padrão podem ser visualizadas na Figura 2.

Tabela 1 - Análise de variância para o ensaio de σ_{3p}

	GL	SQ	QM	F	p
Fonte de variação	2	789,03 x 10 ³	394,52 x 10 ³	32,3133	0,0000
Erro	27	329,65 x 10 ³	12209,129		

$\alpha = 0,01$

Tabela 2 - Teste de Newman-Keuls para as interações entre os grupos experimentais

Newman-Keuls	Q	p
FV vs FCV	6,5276	< 0,01
FV vs FC	11,3250	< 0,01
FCV vs FC	4,7973	< 0,01

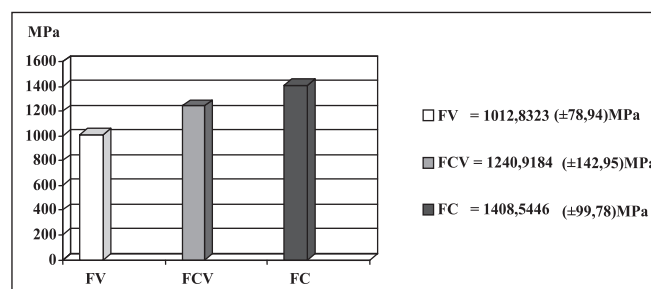


Figura 2 - Valores médios para o ensaio de σ_{3p}

Discussão

A utilização clínica dos pinos de fibra tem aumentado significativamente em razão de sua praticidade, da possibilidade de união adesiva com cimentos resinosos e por ser o módulo de elasticidade semelhante ao da estrutura dental¹⁶. Este último fator tem relação com a capacidade do pino de se deformar sob tensões mastigatórias sem sofrer fraturas e de evitar que as tensões sejam concentradas nas paredes internas do preparo do canal radicular, o que ajuda a evitar a formação de trincas e fraturas radiculares¹⁷.

Os núcleos metálicos fundidos geralmente são confeccionados em ligas metálicas e apresentam alguns problemas, como a dificuldade de remoção do pino, caso seja necessária uma nova intervenção no canal radicular, a necessidade de suporte laboratorial para sua confecção e a oxidação do metal, cujo produto é depositado na interface pino/parede dentinária. Outra desvantagem é a elevada concentração de tensões e a transmissão de forças durante a mastigação diretamente à estrutura radicular, piorando o prognóstico da restauração^{7,17}. Por outro lado, com os pinos pré-fabricados, é possível a racionalização de passos clínicos, diminuição de custos, visto que este sistema é de utilização imediata, não necessitando de etapa laboratorial para sua confecção. Outra vantagem dos pinos de fibra é a facilidade de remoção com o auxílio de instrumentos rotatórios, facilitando o acesso ao canal-radicular em situações de retratamento ou de fraturas¹⁸.

A resistência à flexão é definida como a habilidade de um material para resistir às forças que provocam a sua curvatura, sem fraturar ou sem sofrer deformação excessiva¹⁹. O ensaio de resistência flexural consiste, basicamente, num teste de resistência de uma barra apoiada em ambas as extremidades, submetidas a uma carga estática no centro do seu comprimento. Neste caso, a barra é submetida ao teste de flexão de três pontos¹⁴. Embora o padrão ISO para o teste de resistência flexural preconize uma distância de 20 mm entre as hastes da base metálica, empregou-se a distância de 15,6 mm em razão de os pinos testados terem uma distância máxima de 19,6 mm.

A propriedade de resistência flexural deve ser tal que resulte em altos valores de resistência, sem que para isso haja excessiva deformação do pino²⁰⁻²¹. O excesso de deformação pode exercer efeito deletério sobre a interface de união pino/adesivo, produzindo falhas, perda de retenção e fratura²².

A avaliação dos grupos experimentais demonstrou que os pinos de fibra de carbono não apenas são mais resistentes à flexão do que os pinos de fibra de carbono revestidos por fibra de vidro, como também têm maior resistência à flexão do que os pinos de fibra de vidro. Isso significa que os pinos de fibra de carbono sofrem menor deformação sob tensão mastigatória, oferecendo maior estabilidade às restaurações.

Os achados deste trabalho corroboram o estudo prévio de Manocci et al.²³ (2001), que compararam a resistência flexural de cinco diferentes composições de pinos, observando que o de fibra de carbono foi o mais resistente, com diferença estatística em relação aos demais.

Galhano et al.²⁴ (2005) avaliaram a resistência flexural de oito sistemas de pinos. Os valores de resistência foram maiores para os pinos de fibra de carbono, seguidos dos pinos de fibra de quartzo. Os menores valores encontrados foram para o grupo de pinos de fibra de vidro, confirmando os achados deste estudo. Segundo os autores, os pinos de fibra de vidro possuem matriz resinosa pouco resistente e união deficiente entre as fibras e a própria matriz. Ao se inserirem fibras de carbono como reforço interno aos pinos de fibra de vidro, a resistência flexural aumentou consideravelmente, não havendo ruptura entre matriz e fibra, o que sugere a hipótese de que o problema está na resistência flexural intrínseca da fibra de vidro. Em virtude de sua flexão excessiva, há ruptura da matriz resinosa, fase mais rígida. Esta mesma hipótese pode explicar fraturas e desprendimentos clínicos dos núcleos de preenchimento quando associados aos pinos de fibra de vidro.

Os testes laboratoriais de Mazzocco et al.¹⁸ (2006) compararam a resistência flexural de vários pinos, observando que os pinos de fibra de carbono e os pinos de fibra de vidro apresentaram valores de resistência flexural, respectivamente, de 1339,96 e 1153,41 MPa. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo.

O presente trabalho mostra uma tendência clínica e sugere ao profissional que opte por pinos de fibra de carbono revestidos por fibra de vidro em detrimento dos pinos de fibra de vidro, quando o fator estético for importante, em razão da maior resistência e menor deformação ao serem submetidos às tensões mastigatórias. Se o fator estético não for importante e houver exigência em relação à resistência mastigatória, como no caso de dentes posteriores, a melhor opção seria a utilização de pinos de fibra de carbono. Entretanto, estudos avaliando outras propriedades e investigações clínicas devem ser realizados para dar suporte a esta hipótese.

Conclusões

Com base nos materiais examinados e nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- pinos de fibra de carbono apresentam maior valor médio de resistência flexural por três pontos quando comparados a pinos de fibra de vidro e pinos de fibra de carbono revestidos por fibra de vidro, confirmando a hipótese experimental;
- pinos de fibra de carbono revestidos por fibra de vidro apresentaram resistência flexural intermediária em relação aos grupos de controle, o que permite supor melhor desempenho clínico em relação aos pinos constituídos apenas por fibra de vidro.

Abstract

The objective of this study is to compare, *in vitro*, the flexural strength (σ_{3p}), in three points, for premanufactured glass fiber posts (GF), carbon fiber posts coated by glass fiber (CGF) and carbon fiber posts (CF), testing the hypothesis that CF posts present greater σ_{3p} than the CGF and GF posts. Ten posts per group ($n = 10$) were examined: GF (control 1) – Reforpost, Angelus®; CF (control 2) – Reforpost, Angelus®; CGF (experimental group) – Reforpost Mix, Angelus®. The posts were submitted to the σ_{3p} test, using a universal testing machine (EMIC DL 2000), with cross-head speed of 0,5 mm/min until specimens fractured. The σ_{3p} values were calculated according to ISO 10477:2004 and statistically analyzed by ANOVA ($\alpha = 0,01$) and Newman-Keuls. The mean and standard deviation values were the following: GF = $1012,8323 \pm (78,94)a$ MPa; CGF = $1240,9184 \pm (142,95)b$ MPa; CF = $1408,5446 \pm (99,78)c$ MPa. The mean σ_{3p} value of CF posts was significantly greater than the mean σ_{3p} value of CGF and GF posts, confirming the study hypothesis. A statistically significant difference was also found between GF and CGF.

Key words: Glass fiber. Carbon fiber. Flexural strength.

Referências

- Butz F, Lennon AM, Heydecke G, Strub JR. Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems: an *in vitro* study. *Int J Prosthodont* 2001; 14(1):58-64.
- Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci CM. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dent Mater* 2006; 22(7):602-9.
- Prisco D, Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber posts adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. *Oper Dent* 2003; 28(5):515-21.
- Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod* 2002; 28(9):629-33.
- Ferrari M, Mannocci F. A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fiber post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endod J* 2000; 33(4):397-400.
- Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An *in vitro* study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 1999; 81(3):262-9.
- Maccari PC, Conceição EN, Nunes MF. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15(1):25-30.
- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000; 13(5):255-60.
- Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent* 2004; 32(6):443-50.
- Valandro LF, Ozcan M, Melo RM, Galhano GA, Baldissara P, Scotti R, et al. Effect of silica coating on flexural strength of fiber posts. *Int J Prosthodont* 2006; 19(1):74-6.
- Freilich MA. Fiber-reinforced composites in clinical dentistry. *Quintessence Int* 2000; 17(21):63-70.
- Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 1999; 27(4):275-8.
- Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater* 2005; 21(2):75-82.
- Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H. Effect of water storage on the flexural properties of three glass fiber-reinforced composites. *Int J Prosthodont* 2005; 18(1):28-33.
- Alander P, Lassila LV, Tezvergil A, Vallittu PK. Acoustic emission analysis of fiber-reinforced composite in flexural testing. *Dent Mater* 2004; 20(4):305-12.
- Lohbauer U, Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Strength and fatigue performance versus filler fraction of different types of direct dental restoratives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 76(1):114-20.
- Smisson DC, Diefenderfer KE, Strother JM. Effects of five thermal stressing regimens on the flexural and bond strengths of a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2005; 30(3):297-303.
- Mazzocato DT, Hirata R, Pires LAG, Mota E, Moraes LF, Mazzocato ST. Propriedades flexurais de pinos diretos metálicos e não-metálicos. *R Dental Press Estet* 2006; 3(3):31-45.
- Xible AA, Tavares RRJ, Araujo CR, Bonachela WC. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: an *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 2006; 95(3):224-9.
- Lassila LVJ, Tanner J, Bell AML, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater* 2004; 20(1):29-36.
- Petersen RC. Discontinuous fiber-reinforced composites above critical length. *J Dent Res* 2005; 84(4):365-70.
- Debnath S, Ranade R, Wunder SL, McCool J, Boberick K, Baran G. Interface effects on mechanical properties of particle-reinforced composites. *Dent Mater* 2004; 20(7):677-86.
- Mannocci F, Sheriff M, Watson TF. Three-point bending test of fiber posts. *J Endod* 2001; 27(12):758-61.
- Galhano GA, Valandro LF, Melo RM, Scotti R, Bottino MA. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber, quartz fiber and glass fiber based posts. *J Endod* 2005; 31(3):209-11.

Endereço para correspondência

Douglas Cecchin
Rua Paissandú 440/303, Centro
CEP: 99010-100 – Passo Fundo - RS
Fone: (54) 3311-0172, (54) 9959-3631
E-mail: dgscecchin@yahoo.com.br

Recebido: 17.01.2007 Aceito: 28.05.2007