UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LUCIANA MENDONÇA DA SILVA

Resistência de união da cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro
frente ao teste de remoção por extrusão.

BAURU
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LUCIANA MENDONÇA DA SILVA

Resistência de união da cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro
frente ao teste de remoção por extrusão.

Dissertação apresentada à Faculdade de
Odontologia de Bauru da Universidade
de São Paulo para obtenção do título de
mestre em Odontologia.

Área de concentração: Dentística, opção
Materiais Dentários

Orientador: Prof. Dr. Paulo Afonso
Silveira Francisconi

BAURU
2009

Silva, Luciana Mendonça da
Si38R Resistência de união da cimentação adesiva de
pinos de fibra de vidro frente ao teste de remoção por
extrusão / Luciana Mendonça da Silva. – Bauru, 2009.
92p.: il.; 30cm.

Dissertação. (Mestrado) – Faculdade de
Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Afonso Silveira
Francisconi

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos
fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Dados curriculares

Luciana Mendonça da Silva

Nascimento	30 de Dezembro de 1980
Naturalidade	Manaus - Amazonas
Filiação	Rozenaldo Tavares da Silva Eliany Mendonça da Silva
1999-2003	Curso de Graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM
2004-2006	Curso de Especialização em Dentística Restauradora pelo Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais – HRAC-USP
2007-2009	Curso de Pós Graduação, em nível de Mestrado, em Dentística com opção em Materiais Dentários, pela Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo - FOB-USP
Associações	APCD – Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas SBPqO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica IADR – International Association for Dental Research

Agradecimentos

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rozenaldo e Eliany, que sempre confiaram em mim. Nunca discordaram das minhas decisões, mesmo a de morar longe, e me deram todo o apoio e estrutura para que eu pudesse realizar meus sonhos. Poder contar com vocês fez com que tudo, fora de casa, fosse muito simples. Amo vocês. Prometo que já já começo a trabalhar!

À minha irmã, Fabíola, que sempre tive como exemplo. Nhenhém, te agradeço pelo carinho e amizade incondicional. Tu sempre torceste para que tudo desse certo na minha vida. **Ao meu novo irmão, Danilo**, que recebi com muito prazer, obrigada por todos os momentos de alegria que tivemos juntos. Amo vocês dois.

Aos meus avós, Rayol e Olga, que, mesmo sofrendo com tamanha distância, estiveram todos os dias comigo e me deram forças para querer ser uma pessoa melhor. Muito obrigada pela enorme ajuda, sem vocês, isso tudo seria muito mais difícil. **Aos meus avós, Alice e Alonso (*in memoriam*)**, que devem estar orgulhosos da minha trajetória, muito obrigada.

Aos meus tios e primos, não poderia deixar de agradecer pelas famílias maravilhosas que torcem por mim sempre. Aos meus tios e padrinhos, **Juninho e Glória**, sempre presentes, que esbaldam alegria e me enchem de carinho e mimos. Aos meus primos-irmãos, **Neto e Matheus**, por ter a certeza de que posso contar com vocês sempre. Pessoas com as quais adoro compartilhar minhas vitórias.

Ao meu namorado, Leandro, por quem tenho profunda admiração. Agradeço por ter me ajudado em todos os sentidos, desde o momento em que nos conhecemos. Tu me mostraste os caminhos certos e me ensinaste a nunca desistir dos meus objetivos. O teu amor me enche de felicidade. Te amo muito. Aos queridos **Marleni e João**, que me acolheram com muito carinho, obrigada por me desejarem sempre o bem.

Aos meus amigos-irmãos, Andréa, Drica e Gustavo, foram os culpados por me colocarem aqui hoje. Agradeço por toda a força e amor que me dão todos os dias. Como eu disse, são os irmãos que eu escolhi para a minha vida. Amiga, me deu o empurrão inicial para vir para Bauru, contando os dias para nossa mudança desde Maués, amei todos os segundos que moramos juntas. Didi, minha amiga de séculos, te admiro muito e te tenho como fortaleza e exemplo de dedicação e profissionalismo. Gustavinho, meu irmão, protetor e *“roomate”*, sempre cuidando de mim e me dando vários dos melhores momentos de minha vida. Torço por vocês, não importa o que aconteça.

Aos meus amigos de infância, escola e faculdade, que estão sempre disponíveis para mim. Saber que estão aí, e que nossa amizade continua intensa, me conforta. Vocês todos são muito especiais. Obrigada por tudo.

Às amigas de turma de Bauru, Flávia, Polli, Lu, Paula, Lourdes, Ivonne, Karin e Leslie, obrigada por me proporcionarem dois anos de companheirismo, troca de conhecimentos e experiências maravilhosas. Nossa turma é incrível. Flavitcha Magrela, minha dupla formidável, sempre tranquilinha e muito carinhosa. Gosto muito de ti! Popo, companheira de gargalhadas e viagens, passamos por muita coisa boa juntas. Torço por ti. Luluca, incrivelmente capaz de se preocupar e nos dar segurança, além de emprestar a família. Pessoa admirável. Paulinha, sempre chique, me ensinou muito com tua sinceridade e com as habilidades culinárias também. Ivonne, irmãzinha por parte de orientador, linda e quente! Quero ir te visitar na República. Karin Cristina (adoro!), meiguinha e encantadora, demorou para se soltar, mas sei que valeu a pena. Lourdes, simplesmente gosto muito de ti. Pequeninha maravilhosa de grande conteúdo. Leslie, toda feliz e baladeira, a tua vontade de se divertir contagia todo mundo. Meninas, todas vocês têm uma riqueza que me conquistou. Obrigada por serem minhas amigas!

Aos amigos da turma de mestrado, Ricardo, Eugênio, Juan e Leonardo, pela agradável convivência e pelos bons momentos compartilhados. Richard, me acompanhando desde o *“Centrinho”*, a tua amizade é muito importante para mim, obrigada pela companhia e pelas longas conversas.

Às amigas das “noites das meninas”, Flá, Polli, Paula, Lu, Karin, Lourdes, Ivonne, Les, Linda, Teresa e Marcela, nossos momentos foram inesquecíveis! Queria levar vocês comigo pra todos os lugares. Obrigada pelas risadas, comilanças, choros, abraços... ter a convivência de vocês é um dos tesouros que guardo com muito carinho.

Aos queridos amigos, Paulo Maurício e Pati Caldeiron, que sempre estiveram presentes e dispostos a me ajudar e a me deixar feliz. Adoro vocês.

Aos filhos-amigos, Zezo, Daniel, Ian e Luiz, queridos “filhos” que abracei e fiquei muito feliz por terem entrado na minha vida. Nossa amizade rendeu momentos intensos que foram muito bem curtidos para nunca serem substituídos.

Aos demais amigos de Bauru, Antonio, Wagner, Marcela Claudino, Anuradha, Renato, Márcia, Luana, pela companhia, dias, tardes e noites de comilança, momentos de competição no Guitar Hero, festinhas, ensinamentos e fofocas... que bom que vocês fazem parte da minha vida.

Ao Álvaro Cury e Thiago Pegoraro, duas pessoas ótimas que, da maneira mais simples, me tiraram várias dúvidas para poder realizar este trabalho. Muito obrigada.

Às amigas do “Centrinho”, Camila, Lílian Pepsi, Flávia, Melissa, Lílian Matsunaga, Nádia e Cecília, pela amistosa companhia nos primeiros anos de Bauru que me proporcionou uma tranqüila e rápida adaptação. Passamos muitos momentos agradáveis que, com certeza, me fazem falta e estarão sempre guardados comigo. Adoro vocês! À Ceci, que me orientou e incentivou bastante para que eu continuasse essa trajetória. Obrigada.

À minha família adotiva, Má, Paulinho, Carolzinha, Manu e Lu, extensivo a toda a família de Dois Córregos, que me receberam com muito amor. Família linda que me deixa feliz por poder dividir bons momentos com vocês. Má, sempre atenciosa, muito obrigada pelos conselhos e palavras de carinho.

Às amigas da Universidade Federal do Amazonas, professoras Maria Augusta, Nikeila Conde, Maria Fulgência e Ângela Garrido, que sempre demonstraram confiança e me deram todo o suporte e incentivo pra concluir minha formação. À Fulgência, que plantou a vontade de pesquisar e dar aulas. Muito obrigada por todo o apoio que vocês sempre me deram.

Agradecimentos Especiais

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Francisconi, pessoa incrível que eu tenho como exemplo de amigo, pai e profissional. Espero, um dia, poder retribuir tudo o que me foi proporcionado por ti. Tu me deste um ambiente de trabalho e estudo muito prazeroso, me ajudando e dando forças em todos os obstáculos que ultrapassei. Obrigada pelos dias de bate papo, churrasquinhos, cuidados com o carro, ensinamentos e toda a confiança depositada em mim. Ainda tenho que preparar muitos doces para agradecer por tudo.

Aos professores do departamento de Dentística e Materiais Dentários, pessoas que sempre admirei. Muito obrigada pela receptividade e disposição de ensinar e fazer com que eu me tornasse uma pessoa mais profissional. Tenho muito orgulho de conhecê-los.

Aos demais amigos do departamento e da pós, **Sandrinha, Lô, Alcides, Rita, Ângela, Nelson, Dito, Junior, Mauro, Edimauro, Maria, Cleusa e Hebe**, vocês são pessoas especiais que me ajudaram muito em todos os momentos. Sandrinha, Lô e Alcides, nosso convívio no departamento é um dos melhores presentes de Bauru. Muito obrigada pela acolhida!

Agradecimentos Institucionais

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

À **Profa. Dra. Suely Vilela**, digníssima reitora da Universidade de São Paulo;

À **Profa. Dra. Maria Fidela de Lima Navarro**, Secretária Geral da Universidade de São Paulo;

Ao **Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro**, Diretor da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo;

À **Profa. Dra. Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado**, Presidente da Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo;

Ao **Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq)** pelo fundamental suporte financeiro que tornou este curso possível;

Ao **Programa de Aperfeiçoamento em Ensino (PAE)** pela possibilidade de aplicar meus conhecimentos e dividi-los com os alunos nas aulas de graduação.

Meus sinceros agradecimentos.

Resumo

RESUMO

Este trabalho avaliou a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina com o uso de um cimento resinoso convencional e um auto-adesivo. Trinta dentes bovinos unirradiculares tiveram as raízes 17mm a partir dos ápices. As raízes foram tratadas endodonticamente e divididas aleatoriamente em 3 grupos (n=10): G1- cimento resinoso convencional RelyX ARC + ScotchBond Multi Uso Plus (SBMP) fotoativado + pino de fibra de vidro; G2- RelyX ARC + SBMP quimicamente ativado + pino de fibra de vidro; G3- cimento resinoso auto-adesivo RelyX U100 + pino de fibra de vidro. Após a cimentação dos pinos, os espécimes foram armazenados por 24 horas em água destilada, à 37°C. As raízes foram cortadas sob irrigação constante para obter de 6 a 9 fatias de 1mm de espessura. O teste de resistência à extrusão foi realizado para medir a resistência adesiva nas fatias da região cervical, média e apical, a uma velocidade de 0,5mm/min. Todos os espécimes foram observados em microscópio ótico de luz para avaliar os tipos de falhas. Os valores foram submetidos à análise de variância a dois critérios (ANOVA) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As médias gerais dos grupos 1, 2 e 3, respectivamente, (MPa) foram de 4,87 ($\pm 3,65$); 5,89($\pm 3,72$); e 8,50($\pm 4,52$). Os valores de resistência adesiva regional nos terços cervical, médio e radicular, respectivamente, foram: G1- 5,26($\pm 3,44$); 5,11($\pm 3,33$); 5,01($\pm 3,17$); G2- 7,45($\pm 3,82$); 5,88($\pm 2,50$); 4,91($\pm 2,74$); G3- 10,11($\pm 3,11$); 9,12($\pm 3,70$); 4,99($\pm 3,28$). Os maiores valores de resistência adesiva foram encontrados com o cimento auto-adesivo. Ao avaliar os terços separadamente, os grupos 2 e 3 obtiveram comportamento semelhante nos terços cervical e médio. No terço apical, todos os grupos tiveram o mesmo comportamento. A resistência de união foi influenciada pelo tipo de cimento utilizado e região radicular, mas não foi alterada pela variação do modo de polimerização do sistema adesivo.

Palavras chave: Cimentos de resina. Adesivos dentinários. Pinos dentários. Materiais dentários.

Abstract

ABSTRACT

Push-out bond strength of adhesive luted glass fiber posts

This work evaluated the bond strength of glass fiber posts to dentin using a conventional and a self-adhesive resin cement. Thirty bovine incisors had their roots sectioned 17mm from their apices, endodontically treated and assigned into 3 groups (n=10): group 1, conventional resin cement RelyX ARC + ScotchBond Multi Purpose Plus (SBMP) light activated + glass fiber post; Group 2, RelyX ARC+ SBMP chemically activated + glass fiber post; Group 3, self-adhesive resin cement RelyX U100 + glass fiber post. After luting, specimens were stored for 24 hours in distilled water at 37°C. Roots were sliced under water irrigation to obtain 1mm thick slices. Push-out test was performed on each slice with a universal testing machine with a crosshead speed of 0,5mm/min. All fractured specimens were observed using a light microscope to identify modes of failure. Values were submitted to two-way ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0,05$). Mean values (MPa) and standard deviation for groups 1, 2 and 3 were, respectively: 4.87 (± 3.65); 5.89(± 3.72); e 8.50(± 4.52). Regional bond strength values for the cervical, medium and apical were: G1- 5.26(± 3.44); 5.11(± 3.33); 5.01(± 3.17); G2- 7.45(± 3.82); 5.88(± 2.50); 4.91(± 2.74); G3- 10.11(± 3.11); 9.12(± 3.70); 4.99(± 3.28). The highest bond strength values were obtained using the self-adhesive cement. Regional bond strengths were similar in the cervical and medium region in groups 2 and 3. All cements had the same performance on the apical region. Bond strength was influenced by the type of cement used and radicular region, but was not altered by the activation mode of the bonding system.

Keywords: Resin cements. Dentin-bonding agents. Dental pins. Dental materials.

listas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURAS

Figura 1 - Cimento RelyX U100

Figura 2 - Cimento RelyX ARC

Figura 3 - Sistema adesivo SBMP

Figura 4 - Pino Exacto

Figura 5 - Raízes bovinas cortadas

Figura 6 - Pinos nº2 e broca do Kit

Figura 7 - Broca delimitada em 13 mm

Figura 8 - Fixação do espécime na base de corte

Figura 9 - Corte do espécime

Figura 10 - Corpos de prova obtidos após o corte com 1 mm de espessura

Figura 11 - Desenho esquemático e fatia posicionada para o teste de *push-out*

Figura 12 - Aspecto do pino após o desprendimento

Figura 13 - Desenho esquemático da área do cone

Figura 14 - Falha mista - adesiva cimento/dentina (cd), adesiva cimento/pino (ap), coesiva de cimento (cc). P=pino; C=cimento; D=dentina

Figura 15 - Falha adesiva entre o cimento e a dentina (cd), observa-se a presença de cimento ao redor de todo o pino. P=pino; C=cimento

Figura 16 - Falha mista - falha coesiva do pino (cp), coesiva de cimento (cc), adesiva cimento/dentina (cd). P=pino; C=cimento

Figura 17 - Falha mista - adesiva cimento/pino (ap), adesiva cimento/dentina (cd), coesiva de cimento (cc). P=pino; C=cimento; D=dentina

Figura 18 - Falha mista - Adesiva cimento/dentina, adesiva cimento/pino, coesiva de cimento (cc), coesiva de pino. P=pino; C=cimento; D=dentina

- TABELAS

Tabela 1 - Informações dos produtos.

Tabela 2 - Distribuição dos grupos experimentais.

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão (MPa) das resistências de união dos grupos testados.

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão (MPa) das resistências de união dos grupos e terços radiculares.

Tabela 5 - Teste de Tukey para comparação entre os terços, valores de p dentro de cada grupo.

Tabela 6 - Distribuição dos tipos de falhas observadas após o teste de extrusão.

Tabela 7 - Distribuição total dos tipos de falhas observadas após o teste de extrusão, em porcentagem.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1 RESTAURAÇÃO DE DENTES TRATADOS ENDODONTICAMENTE	29
2.2 USO DE PINOS E CIMENTAÇÃO ADESIVA	31
2.3 POLIMERIZAÇÃO E TESTES DE RESISTÊNCIA ADESIVA	39
3 PROPOSIÇÃO	45
4 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	51
4.2 SELEÇÃO DOS DENTES	53
4.3 PREPARO DOS DENTES	53
4.4 DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS	54
4.5 PREPARO DOS PINOS E CONDUTOS	54
4.6 TESTE DE RESISTÊNCIA À EXTRUSÃO (<i>PUSH OUT</i>)	56
4.7 CONVERSÃO DE VALORES	58
4.8 ANÁLISE DAS FALHAS	59
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	59
5 RESULTADOS	61
6 DISCUSSÃO	67
7 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	83

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

Na dentística restauradora, a conservação da estrutura dentária é um dos principais objetivos. Desta forma, a busca pela reabilitação da função e forma dos elementos dentais é incessante e desafiadora, principalmente em casos de dentes tratados endodonticamente com grande destruição coronária.

Normalmente, o dente com grande destruição coronária e tratamento endodôntico precisa ser reconstruído, muitas vezes, com a necessidade de utilizar o conduto radicular como local de escolha para a fixação de pinos pré-fabricados, núcleos metálicos fundidos ou fibras de reforço, com a finalidade de obter retenção para o material restaurador (Silva e Souza Jr, 2001). Ou seja, dentes com pouca estrutura dentária remanescente necessitam da cimentação de um pino para que sustente a restauração coronária (Schwartz e Robbins, 2004).

Os pinos metálicos, além de não serem estéticos, apresentam alto módulo de elasticidade, não acompanhando o módulo de elasticidade da dentina. O desenvolvimento de pinos pré-fabricados de resina reforçados por fibra de vidro ou carbono veio para minimizar essa diferença de módulo de elasticidade entre o material restaurador e o remanescente radicular, reduzindo o risco fraturas (Conceição, Conceição e Silva, 2002). Os pinos de fibra são considerados como alternativas para os núcleos metálicos fundidos ou pinos metálicos pré-fabricados na restauração de dentes tratados endodonticamente (Schwartz e Robbins, 2004).

Os pinos de fibra de vidro tiveram um aumento na sua popularidade nos últimos anos devido à possibilidade de serem utilizados em procedimentos estéticos, assim como em restaurações totalmente cerâmicas. Esses pinos não são visíveis através dessas restaurações garantindo, portanto, melhor resultado estético do que os pinos metálicos ou de fibra de carbono. Os pinos cerâmicos também oferecem boa estética e são mais resistentes, mas são mais rígidos que os de fibra e mais difíceis de aderir às paredes do conduto radicular (Purton, Love e Chandler, 2000; Teixeira *et al.*, 2006).

Desta forma, os pinos de fibra de vidro são uma alternativa bastante viável, com sua aceitação consolidada por clínicos e pesquisadores, devido a algumas vantagens desses sistemas de retenção. Dentre as principais vantagens, os pinos

de resina reforçada por fibra apresentam resistência à corrosão e hipersensibilidade, em casos de alergia; bons resultados estéticos; facilidade de remoção para casos de retratamento endodôntico; cimentação e restauração em sessão única (Balbosh e Kern, 2006). Esses pinos também apresentam módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, e estudos mostram que eles distribuem melhor as forças mastigatórias na dentina radicular, diminuindo o risco de fraturas (Schwartz e Robbins, 2004).

A fixação desses pinos é feita por meio da adesão à dentina radicular e, com isso, grande interesse tem sido despertado no estudo dos materiais envolvidos nesse processo como os sistemas adesivos e os cimentos resinosos (Goracci *et al.*, 2004).

Os adesivos dentinários têm sido os grandes responsáveis pelo sucesso de diversos materiais e técnicas. A utilização de sistemas adesivos associados aos cimentos resinosos promove uma efetiva união à dentina radicular, sendo um fator de relevância para a cimentação adesiva. Por isso, a seleção do sistema adesivo também pode influenciar diretamente na retenção dos pinos intracanaís diretos (Ferrari e Mannocci, 2000; Mannocci, 2003). Diversos pinos pré-fabricados, como os de fibra de carbono e vidro, apresentam uma interação com os sistemas adesivos, promovendo maior retentividade e facilitando a sua incorporação na intimidade da raiz, simplificando a técnica (Monticelli *et al.*, 2005).

Vários resultados têm sido relatados na literatura quando se utilizam diferentes combinações de adesivos dentinários e cimentos resinosos disponíveis no mercado para a cimentação de pinos de fibra (Ferrari e Mannocci, 2000; Giachetti *et al.*, 2004). Esses materiais podem ser polimerizados por uma reação ativada por luz, reação química ou por uma associação desses dois mecanismos (Bouillaguet *et al.*, 2003). Estudos recentes sugerem a possibilidade de ocorrerem interações adversas entre a polimerização dos adesivos dentinários simplificados e resinas de polimerização química, que pode afetar a integridade da adesão (Sanares *et al.*, 2001).

É sabido que resinas de polimerização química não são compatíveis com a maioria dos sistemas adesivos simplificados. Isso ocorre pelo fato desses adesivos terem, em sua composição, monômeros ácidos que, em contato com as resinas de

polimerização química, reagem com as aminas terciárias e impedem que elas atuem como ativadoras da reação de polimerização dessas resinas (Carvalho *et al.*, 2004a; Tay *et al.*, 2003a). Essa incompatibilidade também ocorre com os cimentos resinosos de polimerização dual. Esse inconveniente é muito comum entre adesivos e cimentos resinosos do tipo dual utilizados em cimentação de pinos de fibra. Nas porções mais apicais, onde o adesivo não é completamente fotopolimerizado, há porções remanescentes dos monômeros ácidos, podendo implicar na posterior união com o cimento empregado. A retenção proporcionada pela cimentação adesiva depende de uma interação eficiente entre adesivo e dentina radicular, adesivo e cimento resinoso, e adesivo e pino (Carvalho *et al.*, 2004a).

A ação do hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), ou outros irrigantes endodônticos (Morris *et al.*, 2001), as condições peculiares de hidratação da dentina radicular após remoção pulpar, o tipo de material utilizado para condicionar a dentina, a tensão causada pela contração de polimerização de cimentos resinosos no interior do canal ocasionada pelo fator de configuração cavitária desfavorável, e as propriedades químicas e físicas dos pinos, são variáveis que podem influenciar a qualidade de adesão na interface pino-cimento resinoso-adesivo-dentina (Bouillaguet *et al.*, 2003).

Para medir a resistência adesiva de cimentos resinosos à dentina radicular, três tipos de testes têm sido utilizados: o teste de resistência à microtração, teste de resistência à remoção por tração e o teste de resistência à remoção por extrusão (*push-out*) (Wang *et al.*, 2008).

O teste de resistência à extrusão (*push-out test*) mede a resistência adesiva ao cisalhamento de fatias transversais relativamente espessas dos espécimes (Wang *et al.*, 2008), na interface dentina e cimento resinoso e entre cimento resinoso e pino. Existe uma modificação deste teste, onde são obtidas fatias de 1mm de espessura, na qual será aplicada uma carga compressiva constante com uma ponta específica correspondente ao diâmetro do pino, até o momento do descolamento do pino. A diminuição da espessura da fatia é justificada por uma maior uniformidade na distribuição do estresse no momento da aplicação da carga, além de possibilitar a diferenciação das fatias de acordo com os terços radiculares correspondentes (Goracci *et al.*, 2004).

A crescente valorização da estética leva ao surgimento constante de novos materiais. Com isso, estudos que avaliam as interações destes materiais são de grande importância, principalmente quando estes materiais são aplicados em regiões de grande complexidade como o conduto radicular. Desta forma, este trabalho avaliará o comportamento de dois cimentos resinosos e um sistema adesivo utilizados na cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro frente ao teste de remoção por extrusão (*push-out*), na região cervical, média e apical da raiz.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Restauração de dentes tratados endodonticamente

Com a crescente demanda por materiais estéticos e restaurações livres de metal, o uso de pinos de resina reforçada por fibras tem aumentado nos últimos anos. Associado a isto está o fato de que o uso desses pinos tem resultado em menor número de fraturas radiculares ou modos de fraturas mais favoráveis (Salameh *et al.*, 2006; Martelli *et al.*, 2008). Sua introdução expandiu a aplicação da odontologia adesiva à endodontia (Goracci *et al.*, 2007).

De acordo com Fernandes; Shetti e Coutinho (2003), vários fatores podem determinar a seleção do sistema de retenção intra-radicular. Alguns estão relacionados ao indivíduo e à estrutura dentária, como a anatomia, comprimento e largura radicular; configuração do conduto; quantidade de estrutura coronária remanescente; e força mastigatória. Outros se relacionam à restauração, tais como o desenho e o material do pino; a compatibilidade biológica, a reversibilidade, e a capacidade de adesão do agente cimentante; o material de reconstrução coronária; o material de confecção da coroa; e a estética.

Tay e Pashley (2007) relataram que o termo monobloco tornou-se familiar na literatura endodôntica com interesse recente na aplicação da tecnologia adesiva à dentina na endodontia. O “monobloco endodôntico” gerou discussão entre acadêmicos e clínicos de como se poderia melhorar a qualidade de selamento no preenchimento do canal e fortalecer as raízes. Ele foi classificado como primário, secundário, e terciário, dependendo do número de interfaces entre o substrato adesivo e o material de preenchimento. No primário, há somente uma interface entre o material de preenchimento e a dentina radicular. No secundário, há duas; uma entre o pino e o cimento, e outra entre o cimento e a dentina radicular. No terciário, uma terceira camada seria interposta entre o pino e o cimento. Os autores concluíram que, embora o conceito de se criar uma unidade mecanicamente homogênea seja excelente na teoria, este monobloco torna-se mais complexo à medida que mais interfaces são incorporadas.

Existem muitos fatores que podem influenciar o sucesso de restaurações de dentes tratados endodonticamente. Segundo Goodacre *et al.* (2003), a adesão entre cimento e pino é um desses fatores, que foi relatado como uma causa comum de falhas desses sistemas. Também, a quantidade de remanescente coronário sabidamente influencia a estabilidade do conjunto dente/cimento/restauração; e o uso de pinos não aumenta a resistência à fratura, ao contrário do que já foi proposto (Goto *et al.*, 2005). Como observado em um estudo de Martelli *et al.* (2008), o uso de núcleos metálicos fundidos comparado ao uso de pinos de fibra de vidro com reconstrução coronária em resina apresentou padrões de fraturas menos favoráveis, com 100% das fraturas ocorridas abaixo do espaço biológico. Ainda, os dentes restaurados com pinos de fibra de vidro tiveram as propriedades melhoradas quando foram utilizados pinos acessórios para minimizar a linha de cimento.

Da mesma forma, Santos-Filho *et al.* (2008) analisaram os modos de fratura e deformação de raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos, pinos metálicos e pinos de fibra de vidro, em variadas profundidades de cimentação. Foi constatado que a restauração de raízes com núcleos metálicos fundidos resultou em fraturas radiculares enquanto que as que foram restauradas com pinos de fibra de vidro apresentaram fraturas, passíveis de reparação, dos pinos ou do núcleo de preenchimento de resina.

Como resultado das falhas pelo deslocamento dos pinos do canal radicular, muitos estudos têm sido realizados com o intuito de aperfeiçoar a retenção dos pinos, incluindo os diferentes tipos de tratamentos de superfície dos pinos e da dentina radicular (Vichi, Grandini e Ferrari, 2002) ou o uso de diferentes sistemas de cimentos resinosos (Bitter *et al.*, 2006).

As características de adesão à dentina radicular podem diferir da adesão à dentina coronária no que diz respeito ao grau de umidade necessário para as técnicas de uso de adesivos convencionais, às condições peculiares de hidratação da dentina do canal radicular após remoção da polpa, ao tipo de agente usado para o condicionamento, à dificuldade de polimerização adequada do adesivo no terço mais apical do conduto radicular quando a luz for posicionada na embocadura do canal, e ao potencial de distribuição de estresses pela contração de polimerização dos cimentos resinosos. Há também a influência dos materiais utilizados durante o

tratamento endodôntico como o hipoclorito de sódio (NaOCl) ou peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para irrigação, cimentos obturadores que contenham eugenol, e os instrumentos aquecidos usados para condensação, que podem interferir na qualidade da hibridização da dentina pelo adesivo. Podem ser incluídas também as propriedades físicas e químicas dos pinos de fibra (Goracci *et al.*, 2004; Pirani *et al.*, 2005).

A composição dentinária pode influenciar na qualidade da adesão alcançada pela cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibra. Ferrari *et al.* (2000) relataram que a densidade dos túbulos na região coronária da dentina radicular é maior que na região apical. Além disso, o diâmetro desses túbulos diminui à medida que vão se direcionando para o ápice. Com isso, a reação ao condicionamento ácido e a resistência adesiva de cimentos resinosos à dentina radicular podem variar ao longo da região radicular (Vichi *et al.*, 2002), sendo maior no terço cervical e menor nas regiões mais apicais (Bouillaguet *et al.*, 2003).

2.2 Uso de pinos e cimentação adesiva

Ferrari *et al.*, em 2000, avaliaram por seis anos o comportamento clínico de pinos de fibra de vidro cimentados com materiais resinosos, realizando exames clínicos e radiográficos a cada seis meses. Um índice de falhas de 3,2% foi encontrado e associado às seguintes razões: desprendimento do conjunto pino-cimento durante a remoção da coroa provisória e lesões periapicais observadas no exame radiográfico. Isto os leva a indicar este tipo de cimentação, visto que se trata de um procedimento seguro e confiável.

Existem fatores que determinam o maior ou menor grau de contração dos cimentos resinosos como a geometria da cavidade e a espessura da camada de resina, (Tay *et al.*, 2005) bem como o fator C, ou fator de configuração cavitária. Este fator-C foi descrito por Feilzer, De Gee e Davidson (1987) como a razão entre o número de superfícies aderidas sobre o número de superfícies não aderidas de uma cavidade. Quanto maior o número de superfícies não aderidas, maior o escoamento do compósito na superfície não aderida e, portanto, menor o estresse gerado (Ferracane, 2005; Tay *et al.*, 2005). Uma competição entre as forças de contração

de polimerização e a resistência de união à estrutura dentária é estabelecida quando o material resinoso é inserido dentro de cavidades (Carvalho *et al.*, 1996).

Bouillaguet *et al.*, em 2003, observaram, com testes de microtração, que a resistência adesiva era maior nas paredes radiculares seccionadas longitudinalmente por não ter a influência da geração de tensões devido ao fator-C, comparando com a adesividade em paredes radiculares íntegras, preparadas normalmente para a cimentação de pinos. Essa diferença também pode ser atribuída à dificuldade de acesso e manipulação dos materiais nas áreas mais apicais da raiz. Em casos onde o fator-C é alto, que pode exceder 200 para o interior de condutos radiculares, a utilização de cimentos de presa química pode reduzir as tensões ao longo da interface adesiva porque a lenta reação de presa possibilita o melhor escoamento do material, aliviando as tensões de polimerização e proporcionando menor número de falhas.

Tay *et al.* sugerem, em uma pesquisa realizada em 2005, que os baixos valores de resistência adesiva entre dentina radicular e cimento resinoso podem ser consequência de uma adesividade que não é capaz de superar as tensões geradas pela contração de polimerização desses cimentos. Isso ocorre uma vez que a delgada camada de cimento com superfícies livres limitadas para a liberação das tensões cria um cenário indesejado onde o alto fator-C torna-se preocupante.

Existe uma maior dificuldade de controlar a umidade nas regiões mais apicais e adquirir uma melhor adesão à dentina radicular. A região apical é a área onde maior quantidade de lama dentinária, debris e remanescentes de guta percha e cimento obturador são encontrados após o preparo do canal e condicionamento ácido da dentina radicular (Serafino *et al.*, 2004).

Mallmann *et al.* (2005) relataram a resistência adesiva diminuída na região apical do canal radicular, em parte relacionada à reduzida acessibilidade a este segmento, tornando mais difícil o condicionamento da dentina e a aplicação do sistema adesivo e cimento resinoso.

A resistência adesiva entre cimentos resinosos e dentina radicular é sempre relatada como baixa, como afirmam Goracci *et al.* (2004). Além de essa resistência variar ao longo da profundidade da superfície do canal radicular, sendo maior na região cervical e diminuindo à medida que se aproxima do ápice. Os autores

observaram também que os sistemas adesivos simplificados, quando utilizados na cimentação de pinos, agem como uma membrana permeável à água, permitindo o movimento de água pela sua estrutura mesmo após a polimerização.

D'Arcangelo *et al.* (2008) avaliaram a resistência adesiva de três tipos de pinos de resina reforçada por fibra nas regiões cervical, média e apical do canal radicular. Independente do tipo de pino utilizado, a resistência na interface adesiva foi altamente afetada pela região radicular, obtendo os maiores valores na região cervical e os menores na média e apical. Este fato era esperado devido à maior dificuldade de acesso à região apical e às possíveis limitações de escoamento do cimento. As análises do tipo de fratura indicaram que as falhas, na sua maioria, ocorreram na interface pino-cimento ou de forma mista, sugerindo que a natureza da superfície dentinária da parede radicular ou a densidade dos túbulos podem não ser a base para a diferença na resistência adesiva nos diferentes terços da raiz. A explicação mais provável para a alta resistência na região cervical poderia ser a decrescente efetividade da fotopolimerização nas regiões mais distantes da fonte de luz. Ainda, essa região é a mais acessível, facilitando e favorecendo os procedimentos adesivos.

Na tentativa de simplificar e diminuir os procedimentos adesivos, os fabricantes proporcionaram primer e adesivo em um mesmo frasco, reduzindo a técnica de aplicação de três para dois passos. E para diminuir a sensibilidade da técnica úmida, os mesmos fabricantes desenvolveram sistemas adesivos autocondicionantes, adicionando monômeros ácidos ao primer (Watanabe, Nakabayashi e Pashley, 1994).

Todos os cimentos resinosos precisam de um sistema adesivo para unir restaurações estéticas à estrutura dentária, exceto pelos cimentos de resina auto-adesivos. A maioria desses sistemas adesivos utilizados com os cimentos resinosos são sistemas simplificados para permitir a redução de passos clínicos durante os procedimentos adesivos (Pegoraro, Silva e Carvalho, 2007).

Na cimentação adesiva, a utilização de sistemas adesivos simplificados trouxe ainda mais prejuízos à estabilidade e durabilidade da união adesiva (Carvalho *et al.*, 2004b; Ferrari *et al.*, 2002; Tay e Pashley, 2003). Os sistemas adesivos convencionais de dois passos e os autocondicionantes de um passo são

incompatíveis com resinas de polimerização química (Tay *et al.*, 2003a; Tay *et al.*, 2003b). Interações químicas adversas que ocorrem entre os monômeros ácidos não polimerizados dos sistemas adesivos e as aminas terciárias básicas presentes nos cimentos resinosos de presa química ou dual são consideradas a causa da incompatibilidade. Além disso, esses adesivos simplificados atuam como membranas permeáveis que permitem a passagem de fluidos que atravessam a camada de adesivo após a polimerização (Tay *et al.*, 2004). A água que migra para a interface adesivo-cimento é acumulada em forma de bolhas, que podem resultar na falta de adesão na interface cimento-dentina (Cheong *et al.*, 2003). Clinicamente, essa incompatibilidade pode ocorrer durante a cimentação adesiva de pinos ao canal radicular (Faria e Silva *et al.*, 2007).

Os pinos de fibra de vidro são compostos de fibra de vidro, cargas inorgânicas e uma matriz resinosa. Eles são geralmente cimentados com cimentos resinosos para aumentar a retenção e aperfeiçoar o desempenho mecânico dos dentes restaurados com esses pinos (Mendoza *et al.*, 1997).

Embora a retenção dos pinos de fibra pareça ser resultado da retenção friccional, a aplicação do sistema adesivo é um fator determinante nos valores de resistência à extrusão. O uso de uma camada adicional menos permeável de uma resina adesiva hidrofóbica parece ser uma alternativa racional para aumentar a retenção desses pinos (Faria e Silva *et al.*, 2007).

Pirani *et al.* (2005) observaram fendas na interface adesiva embora houvesse a formação de uma camada híbrida regular. Esse achado pode ser meramente a manifestação da infiltração de resina seguida da remoção da lama dentinária e parcial desmineralização da dentina radicular. Dessa forma, eles sugerem que isto parece não estar envolvido com a integridade do selamento coronário ou resistência ao deslocamento das restaurações retidas pelos pinos. Observaram também que, na ausência de qualquer hibridização da dentina, as forças de resistência à extrusão foram inferiores, ainda que estatisticamente comparáveis àqueles que sofreram os procedimentos de adesão comumente utilizados, o que foi atribuído ao comportamento friccional dos pinos revestidos com cimento resinoso no interior do canal radicular. Isto os fez indicar que há uma grande contribuição da resistência friccional ao relatado sucesso clínico de restaurações com o uso de pinos de fibra.

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície na retenção de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso e submetidos ao envelhecimento, Balbosh e Kern, em 2006, realizaram um estudo com quatro grupos experimentais separados de acordo com o tratamento de superfície dos pinos. Os tratamentos foram: limpeza com álcool, limpeza com álcool e condicionamento com ED-Primer, jateamento com óxido de alumínio e jateamento com óxido de alumínio associado ao condicionamento com ED-Primer. Todos os pinos foram cimentados com cimento resinoso Panavia-F após o condicionamento com sistema adesivo auto-polimerizável ED-Primer. O envelhecimento foi realizado com ciclagens térmica (7500 ciclos de 5°C/55°C) e mecânica (300.000 ciclos de 30N), seguidas do teste de resistência à tração. Os pinos que receberam o jateamento obtiveram maiores valores de resistência comparados aos que não receberam. O condicionamento com ED-Primer antes da cimentação não influenciou na resistência ao deslocamento dos pinos. Todos os pinos não jateados apresentaram falha adesiva na interface cimento/pino, enquanto que os pinos jateados apresentaram pinos parcialmente cobertos com cimento, caracterizando as falhas mistas.

Quanto ao formato dos pinos de fibra, Teixeira *et al.*, em 2006, conduziram um estudo para avaliar a retenção, resistência à fratura e transmissão de luz. Os pinos cônicos apresentaram menores valores de retenção que os pinos paralelos, quando cimentados com cimento resinoso dual. A microscopia eletrônica de varredura demonstrou uma quantidade maior de cimento aderida na superfície dos pinos paralelos que na superfície dos cônicos. A transmissão de luz por esses pinos é limitada.

Radovic *et al.* (2007a), realizaram testes de microtração para avaliar a influência de diferentes tratamentos de superfície de pinos de resina reforçada por fibras na resistência adesiva de um cimento resinoso dual. Dentre os diferentes tratamentos estavam o jateamento com óxido de alumínio (Rocatec-Pre/3M ESPE) com aplicação isolada de agente silano ou sistema adesivo, ou nenhum tratamento adicional. Também foi realizado um grupo experimental sem jateamento e com a aplicação isolada do agente silano ou sistema adesivo, ou nenhum tratamento adicional. Os autores sugerem que o jateamento pode aumentar a resistência

adesiva do cimento aos pinos de resina reforçada por fibras, eliminando a necessidade de aplicação adicional de outros tratamentos como aplicação de agente silano ou sistema adesivo.

Ao avaliar os efeitos na retenção e morfologia superficial resultantes de diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra de quartzo, D'Arcangelo *et al.* (2007) observaram diferenças significantes entre eles. Em microscopia eletrônica de varredura, irregularidades e embricamento micro mecânico do cimento foram vistos nos pinos onde se realizou condicionamento ácido ou jateamento com óxido de alumínio. Os pinos silanizados demonstraram apenas mudanças suaves na superfície, enquanto que o grupo controle (sem tratamento) apresentou embricamento micro mecânico limitado. Este estudo demonstrou que as propriedades retentivas dos pinos de fibra de quartzo podem ser significativamente aumentadas com o uso de algum tipo de tratamento de superfície dos pinos. O condicionamento ácido e o jateamento são mais efetivos que a silanização em determinar a retenção micro mecânica na superfície de pinos de fibra.

Ainda em 2007, Durão Maurício *et al.* comparam a resistência adesiva regional, nos três diferentes terços radiculares, de pinos de fibra de vidro cimentados com diferentes cimentos, utilizando o teste de extrusão (*push-out*). Neste estudo, foi constatado que os cimentos resinosos obtiveram melhores valores de resistência adesiva comparados aos cimentos ionoméricos. No terço cervical, os valores foram melhores do que no terço apical. Também puderam observar que o cimento auto-adesivo RelyX Unicem apresentou os mesmos valores para todos os terços.

Segundo Goracci *et al.* (2005b), embora a adesão entre dentina radicular e agente cimentante seja a ligação mais sensível na cimentação de pinos de fibra, as interfaces pino/cimento e pino/núcleo de preenchimento também requerem atenção. Particularmente, a retenção da porção coronária do núcleo de preenchimento depende da interação química e micromecânica entre o pino de resina reforçada por fibra e a resina de preenchimento e cimentação. Essa união deve alcançar rapidamente uma força suficientemente alta para suportar as tensões transmitidas a estas interfaces durante o preparo mecânico do núcleo de preenchimento e adaptação da coroa provisória. O achado mais importante deste estudo foi o de que com qualquer combinação entre o pino de fibra de vidro e o material de

preenchimento, a resistência adesiva interfacial foi significativamente aumentada quando foi aplicada uma camada de agente de união silano na superfície dos pinos.

Wrbas *et al.*, em 2007, utilizaram dentes bovinos para avaliar a retenção de pinos de fibra cimentados com três diferentes cimentos adesivos (sistema adesivo convencional de três passos, primer autocondicionante, e outro com cimento auto-adesivo), com aplicação, ou não, de um agente silano nos pinos. A silanização da superfície dos pinos não apresentou efeitos significativos e a resistência adesiva foi influenciada pelo tipo de cimento, sendo o grupo cimentado com o sistema Prime&Bond NT/Calibra o que apresentou os maiores valores.

A utilização de pinos de fibra de vidro acessórios foi analisada em uma pesquisa de Silva *et al.* (2007), onde se realizou o teste de resistência à tração. Neste estudo, foi observado o bom desempenho do conjunto pino principal complementado com pinos acessórios, atuando como uma entidade única. A utilização desses pinos proporcionou uma melhora na adaptação ao conduto preparado e diminuição da espessura de cimento, dificultando a fratura desse filme no momento da remoção por tração. Acredita-se que a justaposição dos pinos em relação às paredes do canal radicular aumentou a retenção mecânica e reduziu o volume de cimento e as tensões na interface adesiva durante a contração de polimerização.

Silva *et al.* (2008), na tentativa de se avaliar a retenção de pinos estéticos no interior dos condutos cimentados com cimentos resinosos, realizaram um trabalho em função da utilização de sistemas adesivos com características diferentes no interior dos condutos radiculares. Eles avaliaram o comportamento de dois sistemas adesivos diferentes utilizados em cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro frente aos testes de remoção por tração, com a utilização de pinos acessórios. O diâmetro dos condutos radiculares foi padronizado, assim como foram utilizados os pinos acessórios fornecidos pelo mesmo fabricante dos pinos principais (Ângelus) para diminuir a quantidade de cimento, diminuindo também o fator C e promovendo uma maior retenção friccional dos pinos com a parede interna do conduto. A variação do uso de sistemas adesivos convencionais de dois ou três passos, na cimentação de pinos de fibra de vidro juntamente com pinos acessórios, não influenciou na resistência à remoção por tração dos mesmos.

Wang *et al.*, em 2008, realizaram uma pesquisa para estudar o efeito de dois diferentes pinos de fibra e sistemas de cimentação adesiva na resistência adesiva regional por meio do teste de resistência à extrusão (*Push-out*). Pinos de fibra de carbono e quartzo foram cimentados utilizando o sistema adesivo (One-Step Plus/Bisco) e cimento resinoso químico (C&B Cement/Bisco) ou o o cimento resinoso auto-adesivo (Rely-X Unicem/3M ESPE). Neste estudo, os pinos cimentados com sistema adesivo e cimento resinoso apresentaram melhores valores de resistência adesiva, e a região coronal da raiz foi significativamente mais retentiva.

Em 2008, Ohlmann *et al.* avaliaram o efeito de dois cimentos, diferentes tratamentos da dentina radicular e da superfície dos pinos de fibra, e diferentes regiões radiculares na resistência adesiva após o teste de extrusão (*push-out*). A utilização de um sistema adesivo de polimerização dual resultou em uma maior resistência adesiva que o grupo que não utilizou sistema adesivo, que ainda apresentou maiores valores que o grupo com sistema adesivo de presa fotoativada. Os valores também foram mais altos na região cervical dos espécimes avaliados. O estudo sugere que a resistência adesiva seja aumentada utilizando-se uma resina para reconstrução de núcleo como agente cimentante do pino, assim como o uso do jateamento com óxido de alumínio seguido da aplicação de um sistema adesivo de presa dual na superfície dos pinos.

Bonfante *et al.*, em 2008, avaliaram a integridade da interface adesiva cimento-dentina na cimentação adesiva de pinos de fibra utilizando quatro cimentos resinosos diferentes, realizando réplicas e análise em microscopia eletrônica de varredura. A continuidade na interface cimento-dentina foi dependente do cimento utilizado e afetada pela armazenagem em água. Em 48 horas após a cimentação, a porcentagem de continuidade na interface foi abaixo de 30% em todos os grupos, apresentando melhores resultados no terço cervical da raiz. Fendas foram observadas principalmente no terço apical de todos os grupos. Essas fendas podem ser atribuídas ao alto fator-C na região radicular. Não foram observadas fendas entre pino e cimento, o que sugere que a adesão entre cimento e dentina seja mais fraca que entre cimento-pino de fibra.

2.3 Polimerização e testes de resistência adesiva

A resistência adesiva regional à dentina radicular de um sistema adesivo fotoativado, de acordo com Takahashi *et al.*, em 2002, pode ser afetada pela energia luminosa. Essa energia tende a diminuir devido à profundidade da cavidade radicular o que influencia a fotopolimerização dos sistemas adesivos e cimentos resinosos, que são dependentes da energia da fotoativação.

Os pinos translumínicos deveriam permitir a emissão de luz ao longo do canal radicular. Isso aumentaria o grau de conversão de cimentos resinosos de polimerização dual com uma consequente melhora de suas propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade e dureza. No entanto, Ferrari *et al.*, em 2001, observaram que essa habilidade de transmitir a luz através do pino ainda deve ser determinada. Eles recomendam, portanto, o uso de cimentos resinosos de polimerização dual ou químicos para serem utilizados na cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibras.

Prisco *et al.*, em 2003, realizaram testes de resistência à tração (*pull-out*) assistida pela simulação de análise de elementos finitos, como um meio específico e acurado de caracterizar as tensões geradas na interface cimento-pino. Neste estudo, diferentes combinações de cimentos resinosos e pinos de resina reforçada por fibras foram realizadas. A aplicação da carga foi preferencialmente direcionada para a interface cimento-pino, deixando a interface cimento-dentina praticamente livre de tensões. A simulação do teste de tração pela análise de elementos finitos reproduz satisfatoriamente os testes convencionais realizados *in vitro*, com resultados equivalentes. Os resultados não demonstraram diferenças significativas nas propriedades adesivas dos diferentes tipos de cimentos resinosos e pinos, atribuindo esses resultados ao fato de que as matrizes resinosas dos cimentos possuem as mesmas características químicas.

Não obstante, estudos de Giachetti, Russo e Bertini, em 2003, mostraram que não houve diferença notável entre o uso de cimentos resinosos exclusivamente fotoativados ou de presa dual utilizados na cimentação adesiva desses pinos.

Giachetti *et al.*, em 2004, avaliaram em microscopia eletrônica de varredura e teste de resistência à remoção por tração o comportamento de pinos translumínicos

cimentados com cimentos resinosos de presa dual e de presa exclusivamente iniciada por luz. Eles observaram, assim como em estudos anteriores, que não houve diferença entre os sistemas de presa dos cimentos e que a boa adesão entre pino e dentina foi confirmada pela MEV. E ainda, os pinos apresentaram quase que em toda a superfície uma cobertura consistente de cimento e que a falha ocorreu na interface cimento-dentina em todos os espécimes.

Com o surgimento dos pinos de fibra na década de 1990, os testes convencionais de cisalhamento e tração, amplamente utilizados naquela época para avaliar resistência adesiva, se tornaram assunto de críticas de alguns pesquisadores (Van Noort *et al.*, 1991; Pashley *et al.*, 1995). A distribuição das tensões não era uniforme ao longo de uma grande área de adesão. Ainda, o ponto crítico desses testes convencionais surgiu com o advento de sistemas adesivos capazes de alcançar uma força de adesão à dentina acima de 20MPa, o que era causa freqüente de fraturas coesivas em dentina, dificultando a análise da resistência de adesão na interface adesiva (Versluis, Tantbirojn e Douglas, 1997).

Os testes de resistência à extrusão (*Push-out*) resultam em uma tensão de cisalhamento na interface dentina-cimento assim como na interface pino-cimento (Van Meerbeek *et al.*, 2003) e podem ser comparáveis com as tensões geradas clinicamente. O modelo destes testes é caracterizado pelas tensões que aconteceriam em condições clínicas (Frankenberger, Kramer e Petschelt, 1999).

Já foi proposto que, devido ao tamanho reduzido de espécimes, o teste de microtração permite uma distribuição uniforme das tensões geradas ao longo da interface adesiva (Cardoso *et al.*, 2002).

Goracci *et al.*, em 2004, compararam a eficácia dos testes de resistência adesiva de microtração e extrusão (*Push-out*). Houve um grande número de falhas e perdas precoces de espécimes, além de um grande desvio padrão nos valores de resistência adesiva que torna questionável a confiabilidade dos testes de microtração com espécimes em forma de ampulheta (*trimming microtensile technique*). Já na microtração realizada com espécimes em forma de palitos (*non-trimming microtensile technique*) foram obtidos apenas cinco palitos de um total de seis raízes, com os restantes apresentando falhas prematuras durante o corte. Com o teste de resistência à extrusão (*Push-out*), não houve falhas prematuras, a

variação da distribuição dos resultados foi aceitável, e a diferenciação regional dos valores de resistência foi possível de ser avaliada. Com isso, concluíram que, para a medição de resistência adesiva de pinos de fibra utilizando cimentos resinosos, o teste de resistência à extrusão (*push-out*) parece ser mais seguro que os testes de microtração.

Goracci *et al.*, em 2005a, sugerem que a fricção é a maior responsável pela retenção de pinos de resina reforçada por fibras cimentados com cimentos resinosos. Neste estudo, a resistência ao deslocamento dos pinos não foi diferente quando os pinos eram ou não cimentados com o uso de sistemas adesivos. A absorção de água pelo cimento e conseqüente fricção no canal radicular pode explicar o porquê de pinos cimentados com cimentos resinosos apresentarem altos valores de resistência adesiva demonstrados nos testes de tração (*Pull-out*) e extrusão (*Push-out*).

Uma pesquisa foi realizada por Aksornmuang *et al.*, em 2006, para avaliar o efeito da fotoativação prolongada de sistemas adesivos utilizados na cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibra. Os tempos de fotoativação foram de dez e vinte segundos e os sistemas adesivos testados foram de polimerização dual ou fotoativada, com primer autocondicionante. Diferenças significativas na resistência adesiva entre o terço apical e o terço coronal foram observadas somente no grupo tratado com sistema adesivo fotoativado por dez segundos, enquanto que o grupo fotoativado por vinte segundos e o grupo de presa dual não apresentaram diferenças regionais. A resistência adesiva foi maior para os grupos fotoativados por maior tempo (20s).

Bell *et al.*, em 2005, sugeriram que para se alcançar todas as vantagens da utilização de pinos de fibra com procedimentos adesivos, é primordial que se obtenha uma ótima adesão entre cimento e pino, e entre cimento e dentina radicular. Foi demonstrado que a adesão que ocorre na interface cimento-pino sempre superou a adesão da interface cimento-dentina radicular.

Em 2006, Monticelli *et al.* realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes cimentos resinosos na resistência adesiva à microtração de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Foram formados seis grupos variando a combinação de dois cimentos resinosos (Multilink/Vivadent e Clearfil Photo Core/Kuraray) e três

sistemas adesivos (Multilink Primer/ Vivadent, Clearfil Photo Bond e Clearfil New Bond/Kuraray), os quais apresentaram valores de resistência adesiva significativamente diferentes entre si. Quando o sistema adesivo dual (Clearfil Photo Bond) foi fotoativado e utilizado com o cimento resinoso fotoativado (Clearfil Photo Core), a maioria dos espécimes apresentou falha adesiva na interface dentina-cimento, o que pode ter sido consequência das tensões de contração do cimento. O grupo que apresentou melhores resultados foi o que utilizou o Multilink com o próprio sistema adesivo autocondicionante Multilink Primer, enquanto que o menor valor encontrado foi no grupo que utilizou o mesmo sistema adesivo com o cimento resinoso dual Clearfil Photo Core.

Sabendo-se que o armazenamento em água é considerado como uma forma de envelhecimento *in vitro* para testes de adesividade de interfaces, Radovic *et al.*, em 2007b, avaliaram a influência deste envelhecimento na adesão de pinos de fibra e cimentos resinosos. Dois grupos foram formados de acordo com o tratamento de superfície dos pinos: 1. Aplicação de sistema adesivo (XP Bond/Dentsply Caulk); e 2. Jateamento com óxido de alumínio (Rocatec-Pre/3M ESPE) e aplicação do mesmo sistema adesivo. Os pinos foram cimentados com cimento resinoso dual (Calibra/Dentsply Caulk) ou resina *flow* (X-Flow/Dentsply Caulk). Após a cimentação, metade foi armazenada em água por um mês e na outra metade dos pinos foi realizado o teste de microtração imediata. A resistência adesiva ao teste de microtração imediata foi maior nos pinos que recebiam o jateamento de óxido de alumínio. Após o envelhecimento, os dois tipos de tratamento apresentaram valores semelhantes. Os pinos cimentados com cimento resinoso alcançaram os maiores valores de resistência que os cimentados com resina *flow*. E, por fim, o envelhecimento em água pareceu diminuir significativamente a resistência adesiva.

Em 2007, Goracci *et al.* realizaram um levantamento de trabalhos com variados testes de laboratório utilizados para avaliar a qualidade de retenção adesiva dos pinos, desde sua introdução na odontologia. A retenção desses pinos é geralmente avaliada com testes de microtração, extrusão (*Push-out*) e tração (*Pull-out*). Quando espécimes de tamanhos reduzidos são utilizados, assim como nos testes de microtração e extrusão (com fatias finas), há maior uniformidade na geração de tensões, além de possibilitar o comportamento dos materiais nas

diferentes regiões radiculares com mais precisão. Embora a adesão à dentina intraradicular seja mais desafiadora que em áreas coronárias, a adesividade e retenção dos pinos alcançada com uso de cimentos e técnicas atuais são bem satisfatórias e garantem o sucesso clínico das restaurações adesivas com esses retentores intraradiculares.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar a resistência adesiva à extrusão, de pinos de fibra de vidro cimentados com diferentes cimentos resinosos e um sistema adesivo com diferentes formas de polimerização, nos diferentes terços da raiz.

As hipóteses nulas nesse estudo foram:

1. o tipo de agente cimentante não influencia a resistência adesiva;
2. o tipo de polimerização do sistema adesivo utilizado não influencia o comportamento adesivo do cimento resinoso;
3. não há diferença na resistência adesiva entre os diferentes terços radiculares.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

Este estudo *in vitro* envolveu um delineamento com os fatores cimento resinoso, sistema adesivo e pino de fibra de vidro. Os materiais utilizados foram o cimento resinoso auto-adesivo RelyX U100, o cimento resinoso convencional RelyX ARC, sistema adesivo ScotchBond Multi Uso Plus (SBMP) e pinos de fibra de vidro Exacto Ângelus (Figuras 1, 2, 3 e 4). As descrições das constituições e fabricantes dos materiais estão apresentadas na tabela 1.

Figura 1: Cimento RelyX U100

Figura 2: Cimento RelyX ARC

Figura 3: Sistema adesivo SBMP

Figura 4: Pino Exacto

Tabela 1: Informações dos produtos.

Material	Fabricante	Composição	Lote/Vencimento
RelyX U100	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	Pasta Base: fibra de vidro, ésteres ác. fosfórico metacrilato, TEGDMA, sílica com silano, e persulfato de sódio. Pasta Catalisadora: fibra de vidro, dimetacrilato substituto, sílica com silano, p-toluenosulfonato de sódio e Ca(OH) ₂ .	306052/Abr 2009 Cor A2
RelyX ARC	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	Sílica tratada com silício, dimetacrilato de 2,2 etilenodioxidietilo, metacrilato de bisfenol diglicidil éter, polímero dimetacrilato funcionalizado	GHHM/Jan 2010 Cor A3
ScotchBond Multi Uso Plus (SBMP)	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	Ativador: sol. etílica de ác. sulfínico e fotoiniciador. Primer: HEMA e copolímero do ác. polialcenóico. Adesivo: Bis-GMA, HEMA e aminas iniciadoras da polimerização. Catalisador: Bis-GMA, HEMA e peróxido de benzoíla.	Ativador: 7KY/Jul 2010 Primer: 7BK/Abr 2010 Adesivo: 7RA/Ago 2010 Catalisador: 7BB/Ago 2010
Pinos Exacto	Ângelus, Londrina, PR, Brasil	Fibra de vidro 80% e resina epóxi 20%, em peso.	7340/Abr 2012

HEMA – Hidroxietil metacrilato; TEGDMA – Trietilen glicol dimetacrilato; Bis-GMA – Bisfenol glicidil metacrilato.

4.2 Seleção dos dentes

Foram utilizados 30 incisivos bovinos extraídos, com comprimento e diâmetro radiculares semelhantes. Estes dentes foram armazenados em timol 0,1%, periodicamente renovado, até o início do experimento.

Os dentes tiveram suas coroas seccionadas perpendicularmente ao longo eixo do dente, utilizando um disco diamantado dupla face sob irrigação constante, em um aparelho de corte de precisão Isomet 1000 Precision Saw (Buehler, Lake Bluff, EUA), deixando um comprimento radicular de 17mm (Figura 5). Após o corte, as raízes foram armazenadas em água deionizada e mantidas em temperatura ambiente, ao abrigo da luz.

Figura 5: Raízes bovinas cortadas

4.3 Preparo dos dentes

O tratamento endodôntico dos dentes foi realizado com instrumento de memória de nº45, padronizado a uma profundidade de 16mm. Os canais foram irrigados com água deionizada. Ao final da instrumentação, os condutos foram lavados em abundância com água deionizada e secos com cones de papel absorvente (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil). Posteriormente, foram obturados com guta-percha (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil) e cimento à base de hidróxido de

cálcio (Sealer 26 – Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), pela técnica de condensação lateral.

4.4 Distribuição dos grupos

Após o preparo dos dentes, as raízes foram divididas aleatoriamente em três grupos. A distribuição dos grupos pode ser vista na tabela 2.

Tabela 2: Distribuição dos grupos experimentais.

Grupo	Cimento	Sistema adesivo	Polimerização do adesivo	Pino
G1 (n=10)	RelyXARC	SBMP	Fotoativação	Exacto nº2
G2 (n=10)	RelyXARC	SBMP	Ativação Química	Exacto nº2
G3 (n=10)	RelyX U100	X	X	Exacto nº2

4.5 Preparo dos pinos e condutos

Após 24 horas, os condutos foram desobturados com a broca de 1,5mm de diâmetro (Figura 6), que acompanha o kit de pinos e corresponde ao diâmetro do pino utilizado, a um comprimento de 13mm deixando 3mm de selamento apical (Figura 7). Os pinos de fibra de vidro foram limpos com álcool e posteriormente silanizados (*Primer silano* – Ângelus), deixando secar por um minuto.

Figura 6: Pinos nº2 e broca do Kit

Figura 7: Broca delimitada em 13mm

O sistema adesivo testado (SBMP) foi aplicado em toda a extensão dos pinos com o uso de um pincel fino, para a polimerização química e fotopolimerização de acordo com os grupos, seguindo as instruções dos fabricantes. Nos pinos do grupo 1, foi aplicado o adesivo e fotopolimerizado por 10 segundos. Nos pinos do grupo 2, onde foi realizada a ativação química do sistema adesivo, foi aplicada uma camada de catalisador ao pino.

As paredes dentinárias do canal radicular foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% (3M ESPE) por 15 segundos, lavadas pelo dobro do tempo e secas com cones de papel absorvente, antes da aplicação do sistema adesivo, para os Grupos 1 e 2. No grupo 1, após a aplicação do *primer*, o adesivo foi aplicado no interior do conduto e o excesso foi removido com cones de papel absorvente. Posteriormente à aplicação foi realizada a fotopolimerização por 20 segundos. No grupo 2, foi realizada a aplicação do ativador no interior do conduto com uma ponta de papel absorvente e esperado secar por 5 segundos. Em seguida, foi aplicada uma camada de *primer* aguardando 5 segundos para aplicar a camada de catalisador. Todos os excessos de ativador, *primer* e catalisador foram removidos com pontas de papel absorvente.

Para o Grupo 3, após a desobturação dos condutos, os canais foram limpos com água deionizada, sem condicionamento ácido, e foram levemente secos com pontas de papel absorvente, evitando o completo ressecamento.

Em seguida, o cimento resinoso, utilizado nos grupos 1 e 2, foi levado aos condutos com auxílio de uma sonda periodontal e a técnica de cimentação dos pinos foi realizada de acordo com as orientações do fabricante. Após o posicionamento

dos pinos, o cimento foi fotopolimerizado por 40 segundos a partir da porção coronária.

No Grupo 3, o cimento já misturado, foi aplicado apenas na superfície dos pinos, como recomendado pelo fabricante, que foram posicionados e fotopolimerizados, em seguida à remoção de excessos de cimento, por 20 segundos.

Após a cimentação dos pinos, os espécimes foram armazenados em recipientes individuais à prova de luz, com 100% de umidade, à temperatura de 37°C em estufa, pelo período de 24 horas até o momento do experimento.

4.6 Teste de resistência à extrusão (*push-out*)

Decorrido o tempo de armazenamento, as raízes foram seccionadas perpendicularmente aos pinos em 6 a 8 fatias de 1mm de espessura com disco diamantado na máquina de corte Isomet 1000 Precision Saw (South Bay Technology Inc., Buehler, Lake Bluff, EUA), sob refrigeração constante. Para a realização dos cortes, os espécimes foram fixados em uma base metálica para serem levados à máquina de corte. A sequência de fixação e corte pode ser vista nas figuras 8, 9 e 10.

Figura 8: Fixação do espécime na base de corte

Figura 9: Corte do espécime

Figura 10: Corpos de prova obtidos após o corte com 1mm de espessura

Os espécimes foram posicionados em um suporte metálico de aço inoxidável contendo uma perfuração central com 2 mm de diâmetro. Devido ao formato cônico dos pinos, a carga foi aplicada no sentido apico-coronal a partir da superfície apical, de forma que o pino fosse empurrado em direção à porção mais larga do conduto (Figura 11). A carga foi aplicada apenas sobre a superfície do pino, sem que fosse aplicada sobre o cimento e/ou dentina, por meio de uma ponta cilíndrica de 0,8mm de diâmetro, acoplada à máquina de ensaio universal Emic DL 500 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), com célula de carga de 100kg, à velocidade de 0,5mm/min. A força de deslocamento do pino foi registrada no momento em que ocorreu o desprendimento do fragmento de pino do conduto (Figura 12).

Figura 11: Desenho esquemático e fatia posicionada para o teste de *push-out*

Figura 12: Aspecto do pino após o desprendimento

4.7 Conversão de valores

Os valores foram registrados em kgf e posteriormente convertidos em MPa, para a obtenção dos valores de resistência adesiva (α). Para se calcular a resistência adesiva é utilizada a fórmula: $\alpha = F/A$. Onde F, em MPa, é a força registrada no momento do deslocamento do pino.

Como o fragmento do pino tem o formato cônico (Figura 13), os diâmetros dos pinos, em cada superfície da fatia, e espessuras das fatias foram medidos utilizando um paquímetro digital (Digimess Instrumentos de Precisão Ltda, São Paulo, Brasil) e a área total, em mm², da interface adesiva foi calculada aplicando a fórmula:

$$A = \pi (R_2 + R_1) [h^2 + (R_2 - R_1)^2]^{0,5}$$

Onde: $\pi = 3,14$; R_2 = raio coronal do fragmento de pino; R_1 = raio apical do fragmento de pino; e h = espessura da fatia.

Figura 13: desenho esquemático da área do cone

4.8 Análise das falhas

Após o teste de extrusão, cada fatia foi observada em um microscópio ótico de luz (Leitz Wetzlar, Alemanha), com 16 e 40 vezes de aumento, para se determinar os tipos de falhas. Essas falhas foram classificadas em: 1-falha adesiva entre dentina e cimento; 2-falha adesiva entre cimento e pino; 3-falha coesiva do cimento; 4-falha coesiva do pino; 5-falha mista (com diferentes combinações entre os tipos de falhas 1, 2, 3 e 4).

4.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos à avaliação de distribuição normal e, com os resultados obtidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) a dois critérios (material e região radicular) e teste de Tukey para comparação das médias ($p < 0,05$).

5 Resultados

5 RESULTADOS

Os valores médios em Mega Pascal (MPa) e desvios-padrão (DP) da resistência de união para os grupos de pinos cimentados com RelyX U100 e RelyX ARC, com dois diferentes modos de ativação do sistema adesivo SBMP, são mostrados na tabela 3. Os grupos 1 e 2, que utilizaram o cimento resinoso convencional com sistema adesivo, apresentaram comportamentos iguais. Já o grupo 3, do cimento resinoso auto-adesivo, apresentou valores significativamente mais altos que os outros grupos.

Tabela 3: Médias e desvios-padrão da resistência de união dos grupos testados.

Grupo	Média	DP
G1	4,87 ^a	±3,65
G2	5,89 ^a	±3,72
G3	8,50 ^b	±4,52

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Os valores médios e desvios-padrão de acordo com os terços radiculares estão listados na tabela 4.

Tabela 4: Médias e desvios-padrão (MPa) das resistências de união dos grupos e terços radiculares

	Terço Cervical		Terço Médio		Terço Apical	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G1	5,26 ^b	±3,44	5,11 ^b	±3,33	5,01 ^b	±3,17
G2	7,45 ^{ab}	±3,82	5,88 ^{ab}	±2,50	4,91 ^b	±2,74
G3	10,11 ^a	±3,11	9,12 ^a	±3,70	4,99 ^b	±3,28

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Na comparação entre grupos e terços, a análise de variância a dois critérios mostrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,011$) e os terços radiculares ($p = 0,001$), com interação entre essas duas variáveis ($p = 0,031$).

Na região cervical, quando realizada a comparação entre os grupos pelo teste de Tukey, o grupo que apresentou maior resistência numérica de união foi o cimentado com RelyX U100 (10,11MPa), sendo estatisticamente diferente ($p=0,012$) apenas do grupo que utilizou o RelyX ARC com sistema adesivo fotopolimerizável (5,25MPa). No terço médio, esse mesmo comportamento foi observado ($p=0,025$), com média de 9,12 MPa para o RelyX U100 contra 5,11MPa do RelyX ARC com sistema adesivo fotopolimerizável. No terço apical, não houve diferença significativa entre os valores de resistência de união desses três grupos. Ao analisar o grupo que utilizou o cimento RelyX ARC com sistema adesivo quimicamente ativado, foi observado que o mesmo apresentou valores de resistência de união que não diferiram estatisticamente dos outros grupos.

Dentro do mesmo grupo, os valores de resistência se mostraram numericamente maiores nos terços cervicais, seguidos dos terços médios e apicais respectivamente. Apenas o grupo cimentado com o RelyX U100 apresentou diferença significativa de valores quando comparados os terços individualmente ($p=0,000$), como mostrado na tabela 5.

Tabela 5: Teste de Tukey para comparação entre os terços, valores de p dentro de cada grupo.

Terços da raiz	U100	SBMP Foto	SBMP Quí
Cervical Vs. Apical	0,000 ^s	0,979 ^{ns}	0,229 ^{ns}
Cervical Vs. Médio	0,571 ^{ns}	0,993 ^{ns}	0,554 ^{ns}
Médio Vs. Apical	0,000 ^s	0,997 ^{ns}	0,791 ^{ns}

s- Diferença estatisticamente significativa, ns- Diferença estatisticamente não significativa, $p<0,05$.

Os tipos de falhas apresentados nos espécimes após a realização do teste de extrusão (*push-out*) foram observados no microscópio ótico de luz (Leitz Diaplan, Alemanha), com 16 e 40 vezes de aumento, e estão listados na tabela 6. A distribuição total em porcentagem das falhas pode ser vista na tabela 7. Pela visualização dos espécimes, foi observado que o maior número de falhas ocorridas foram adesivas entre cimento e dentina (65,4%), seguidas das falhas mistas com várias combinações dos diferentes tipos de falhas (32,91%). Dentre as falhas mistas, a que ocorreu em maior porcentagem (20,25%) foi a combinação de falha adesiva

de cimento e dentina, cimento e pino, e coesiva de cimento. As falhas coesivas de cimento só foram observadas acompanhadas de outros tipos de falhas, não apresentando casos isolados (0%). Também foram observadas, em menor quantidade (0,42%), falhas coesivas de pino, onde parte da resina que envolve o pino ficou unida à dentina, com exposição de algumas fibras de vidro. Este tipo de falha também foi encontrado relacionado a outras falhas mistas.

Tabela 6: Distribuição dos tipos de falhas observadas após o teste de extrusão.

Tipo de falha	<i>Push-out</i>			Total
	RelyX U100	SBMP Fotopolimerizável	SBMP Químico	
1 Adesiva Cimento/Dentina	42	58	55	155
2 Adesiva Cimento/Pino	1	0	2	3
3 Coesiva de Cimento	0	0	0	0
4 Coesiva de Pino	0	0	1	1
5 Falha Mista	(38)	(21)	(19)	(78)
1 e 2	18	2	1	21
1 e 3	2	0	0	2
1 e 4	2	0	1	3
1, 2 e 3	12	19	17	48
1, 2 e 4	1	0	0	1
1, 3 e 4	1	0	0	1
3 e 4	0	0	0	0
2 e 4	0	0	0	0
1, 2, 3 e 4	2	0	0	2
N=	81	79	77	237

Tabela 7: Distribuição total dos tipos de falhas observadas após o teste de extrusão, em porcentagem.

Tipo de falha	Número de falhas	Porcentagem (%)
1 Adesiva Cimento/Dentina	155	65,4%
2 Adesiva Cimento/Pino	3	1,27%
3 Coesiva de Cimento	0	0,00%
4 Coesiva de Pino	1	0,42%
5 Falha Mista	(78)	(32,91%)
1 e 2	21	8,86%
1 e 3	2	0,84%
1 e 4	3	1,27%
1, 2 e 3	48	20,25%
1, 2 e 4	1	0,42%
1, 3 e 4	1	0,42%
3 e 4	0	0,00%
2 e 4	0	0,00%
1, 2, 3 e 4	2	0,84%
N=	237	100,00%

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

Os pinos intrarradiculares têm sido amplamente utilizados para restaurar dentes com tratamento endodôntico e falta de estrutura suficiente para reter uma restauração direta ou indireta (Schwartz e Robbins, 2004). O uso de pinos pré-fabricados se apresenta como uma opção de tratamento que oferece ótima estética e função, podendo ser fixados por meio de adesão à dentina radicular (Schwartz e Robbins, 2004). Adicionalmente um reduzido número de fraturas radiculares ou modo de fratura mais favoráveis, que são passíveis de reparação, são observadas com o uso desses pinos (Salameh *et al.*, 2006; Martelli *et al.*, 2008, Santos-Filho *et al.*, 2008).

Para alcançar boa eficácia dos pinos de fibra de vidro, é necessário que os mesmo estejam associados a técnicas cimentantes comprovadamente eficazes e a agentes dotados de propriedades físicas e químicas favoráveis e duradouras. Desta forma, os cimentos resinosos, inicialmente indicados para cimentação de próteses fixas adesivas, passaram a ser utilizados para a cimentação de coroas, *inlays/onlays* e pinos intra-radiculars de cerâmica ou fibra de vidro, uma vez que apresentavam algumas características interessantes, como baixa solubilidade e adesão ao esmalte, dentina, ligas e cerâmicas (Ferrari *et al.*, 2001).

Segundo Bouillaguet *et al.* (2003) e Mannocci *et al.* (2003), a perda de adesão na interface pino-cimento-dentina é a principal causa de falhas das restaurações de dentes tratados endodonticamente com uso de pinos de fibra de vidro cimentados com cimentos resinosos. Desta forma, o objetivo neste estudo foi o de avaliar diferenças na resistência adesiva de um cimento resinoso auto-adesivo e um cimento resinoso convencional associado a um sistema adesivo convencional de três passos, variando sua forma de ativação (ativado por luz ou ativação química).

Para medir a resistência adesiva de materiais aderidos à dentina radicular, alguns métodos como os testes de resistência à tração, micro-tração e extrusão (*push-out*) têm sido utilizados (Giachetti *et al.*, 2004; Goracci *et al.*, 2004). O teste de resistência à extrusão (*push-out*) oferece algumas vantagens quando comparado ao teste de micro-tração em pesquisas de adesão às paredes de dentina radicular devido ao menor número de perda de espécimes. Na técnica de micro-tração (com

palitos ou ampulhetas), falhas prematuras são comuns durante o preparo e corte dos espécimes, e maiores desvios-padrão são observados (Goracci *et al.*, 2004).

No presente trabalho, foi utilizado o teste de *push-out* para avaliar a resistência adesiva de dois cimentos resinosos, com três estratégias de união, à dentina radicular. Este tipo de teste resulta em uma força de cisalhamento na interface dentina/cimento bem como cimento/pino (Van Meerbeek *et al.* 2003); a qual é comparável com as tensões causadas em condições clínicas. Ainda, esta parece ser a técnica mais confiável para medir a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular (Goracci *et al.*, 2004). Neste trabalho, foi realizado o teste com fatias finas (*thin-slice push-out*) (Goracci *et al.*, 2004) com o intuito de conseguir uma melhor distribuição de tensões ao longo das paredes de dentina dos espécimes, uma vez que o conjunto raiz/pino foi cortado em fatias de 1mm de espessura. Esta modificação na espessura das fatias também tornou possível a avaliação da resistência de união nos diferentes terços radiculares.

Pela dificuldade de obtenção de dentes humanos em grande quantidade, e com homogeneidade de forma, vários estudos utilizaram dentes bovinos em substituição aos humanos para testar a resistência adesiva à extrusão (*push-out*) de pinos de resina reforçados por fibra de vidro. Nesses, assim como no presente trabalho, os dentes bovinos substituem satisfatoriamente a dentina humana (Wrbas KT, Altenburger MJ, Schirrmeister JF, Bitter K, Kielbassa AM, 2007, Martelli *et al.*, 2008).

Durante todo o preparo endodôntico neste trabalho, os canais foram irrigados com água deionizada, para que se evitassem possíveis variáveis resultantes do uso de outros materiais irrigadores oxidantes disponíveis, como H_2O_2 e NaOCl (Pirani *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2008).

Dentre os diversos materiais disponíveis no mercado, os materiais utilizados neste estudo foram selecionados por apresentarem diferentes métodos de condicionamento e modo de polimerização do sistema adesivo. O cimento resinoso auto-adesivo RelyX U100 apresentou maiores valores de resistência adesiva comparado ao cimento resinoso RelyX ARC associado a duas estratégias de uso do sistema adesivo (fotopolimerizado ou ativado quimicamente), porém este resultado foi igual para todos os grupos no terço apical. Portanto, a hipótese nula 1, de que o

tipo de cimento, não influencia a resistência adesiva, deve ser parcialmente rejeitada.

O cimento auto-adesivo RelyX U100 é uma modificação da apresentação comercial do RelyX Unicem (3M ESPE) que contem ésteres fosfóricos ácidos responsáveis pelo condicionamento do substrato (Goracci *et al.*, 2004). O RelyX U100 apresenta uma tolerância limitada à umidade devido à formação de água durante a reação de neutralização do metacrilato ácido, presença de partículas de cargas básicas e hidroxiapatita (dados fornecidos pelo fabricante). Este cimento, apesar de intitulado pelos fabricantes como resinoso, possui a combinação química de cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina, que foram acrescidos de cargas silanizadas, metacrilatos e iniciadores. Desta forma, apresenta, além da polimerização por radicais iniciada por luz ou pelo sistema redox, a reação ácido-base dos cimentos ionoméricos, o que pode contribuir para uma polimerização mais homogênea nos três terços, independente da atuação da luz (dados fornecidos pelo fabricante). Estas características podem ter contribuído para o melhor desempenho deste cimento utilizado no presente estudo.

Neste estudo, os pinos cimentados com o cimento resinoso RelyX U100 apresentaram os maiores valores de resistência adesiva, concordando com os achados de Bitter *et al.* (2006), nos quais o cimento auto-adesivo RelyX Unicem apresentou os melhores valores. Estes resultados estão em desacordo com alguns estudos prévios (Goracci *et al.*, 2004; Durão-Maurício *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008), nos quais o cimento auto-adesivo RelyX Unicem apresentou os menores valores de resistência adesiva comparado a outros cimentos resinosos convencionais. Durão-Maurício *et al.* (2007) relataram que, embora este cimento seja de presa dual, a ativação por luz foi omitida, o que pode ter sido a causa da diminuição da resistência adesiva.

As técnicas de adesão à dentina radicular são baseadas no que se conhece a respeito de adesão à dentina coronária. Entretanto, essas características podem diferir em relação ao grau de umidade necessário para as técnicas de adesão de condicionamento total, à habilidade de obter um razoável grau de polimerização de adesivos fotoativados quando a luz é posicionada na região cervical do pino, e ao potencial para aliviar os estresses das contrações por polimerização durante o assentamento do cimento resinoso (Pirani *et al.*, 2005). Desta forma, o grupo que

utilizou o cimento resinoso auto-adesivo pode ter alcançado os melhores valores de resistência adesiva devido à menor sensibilidade da técnica de uso. Isto pode ter favorecido o comportamento deste cimento, uma vez que os procedimentos de condicionamento, lavagem, secagem e aplicação do sistema adesivo, que podem ser considerados passos críticos, foram eliminados.

Por outro lado, qualquer diferença significativa nos valores de resistência adesiva à dentina radicular não foi observada entre o sistema adesivo fotoativado e o ativado quimicamente, que foram utilizados nos dois grupos de pinos cimentados com o cimento resinoso convencional. Portanto, a hipótese nula 2, de que a forma de ativação do sistema adesivo não poderia influenciar os valores de resistência adesiva, deve ser aceita. Estes achados estão de acordo com os encontrados por Mallmann *et al.*, em 2005, os quais também apresentaram semelhança de valores, que foram maiores apenas na região cervical do grupo do sistema adesivo polimerizado quimicamente.

A resistência adesiva entre as paredes dentinárias e o agente cimentante é afetada pela distribuição do cimento ao longo dos terços cervical, médio e apical durante a cimentação de pinos de fibra de vidro. Da mesma forma, as características anatômicas e histológicas do canal radicular, incluindo a orientação dos túbulos dentinários, podem influenciar essa condição (Ferrari *et al.*, 2000).

As diferentes regiões radiculares apresentam diferentes distribuições e densidades de túbulos dentinários. Essas densidades diminuem significativamente da região coronal à região apical do canal radicular (Ferrari *et al.*, 2000; Vichi *et al.*, 2002; Bouillaguet *et al.*, 2003), e estão diretamente relacionadas aos valores de resistência adesiva alcançados no presente estudo. Todos os grupos deste estudo apresentaram os maiores valores no terço cervical enquanto que os menores foram encontrados no terço apical, fazendo com que a hipótese nula 3, de que a região radicular não influenciaria a resistência adesiva, seja rejeitada. Estes resultados estão de acordo com outros estudos que revelaram diferenças na resistência adesiva regional (Bitter *et al.* 2006; D'Arcangelo *et al.*, 2008, Faria e Silva *et al.*, 2007).

Os maiores valores de resistência adesiva da região cervical foram encontrados no grupo de pinos cimentados com o cimento resinoso auto-adesivo

RelyX U100. Estes valores foram significativamente diferentes do grupo de pinos cimentados com o cimento resinoso RelyX ARC e sistema adesivo de polimerização ativada por luz, mas não diferiram estatisticamente do grupo que utilizou o cimento resinoso RelyX ARC com sistema adesivo de ativação química. A melhor interação do cimento com a dentina da região cervical e, possivelmente, no caso de sistemas ativados por luz, uma melhor reação de polimerização resultante de uma maior proximidade da fonte de luz pode melhorar os valores de resistência adesiva nessa área (D'Arcangelo *et al.*, 2008; Takahashi *et al.*, 2002). Aksornmuang *et al.* (2006) sugerem ainda que as propriedades dos cimentos resinosos de polimerização dual podem ser diferentes nas diferentes profundidades do canal radicular devido à redução da energia luminosa nos terços médio e apical do conduto. Com o objetivo de alcançar melhores valores de resistência adesiva, Ferrari *et al.* (2002) sugerem o uso de cimentos resinosos químicos ou duais para a cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibras.

Os valores de resistência adesiva foram menores da região apical de todos os grupos, embora um estudo anterior de Bitter *et al.* (2006) tenha demonstrado os melhores resultados no terço apical. Os resultados do presente estudo podem ser esperados devido a uma maior dificuldade de acesso à região apical e às possíveis limitações de escoamento do cimento, restos de guta percha após o preparo mecânico e químico com condicionamento ácido do canal para receber o pino, presença de lama dentinária e debris de dentina (Mallman *et al.*, 2005; Serafino *et al.*, 2004), além da complexidade estrutural da região (Ferrari *et al.*, 2000). Adicionalmente, é potencialmente mais difícil de controlar a umidade e a aplicação do sistema adesivo quando se trata da região mais apical do canal radicular (Serafino *et al.*, 2004).

Canais estreitos e compridos, com alto valor de configuração cavitária (fator-C), podem ocasionar tensões devido a uma rápida contração e reduzido tempo de escoamento e relaxamento das tensões durante a polimerização de cimentos resinosos, resultando em diminuição da resistência adesiva (Bouillaguet *et al.*, 2003). Na cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro no interior de condutos radiculares, o fator-C (razão entre as superfícies aderidas e superfícies livres) pode variar de 20 a 100 ou até mesmo exceder 200 (Bouillaguet *et al.*, 2003) e gerar numerosas fendas na interface (Pirani *et al.*, 2005). Os baixos valores de resistência

adesiva podem não ser capazes de superar as tensões de contração geradas pela polimerização do cimento, já que a delgada camada de cimento a ser polimerizado, com superfícies livres limitadas para a liberação das tensões, cria um cenário desfavorável quando se leva em consideração o fator-C (Tay *et al.*, 2005). Este fato pode explicar os altos números de falhas adesivas na interface cimento resinoso-dentina e algumas falhas ocorridas na interface cimento resinoso-pino observados neste estudo.

Alguns autores (Bouillaguet *et al.*, 2003; Goracci *et al.*, 2005) sugerem o uso de cimentos resinosos de ativação química e cimentos de ionômero de vidro para superar a baixa resistência adesiva ao canal radicular causada pela rápida contração de polimerização dos cimentos resinosos fotopolimerizáveis e de polimerização dual, em particular. Esses autores também relataram que a retenção dos pinos de fibra de vidro ao canal radicular pode depender bastante da resistência friccional ao deslocamento, mais do que da relativamente baixa adesão por retenção micromecânica e química proporcionada pelos agentes adesivos resinosos. A retenção encontrada na região apical, igual para os três grupos, pode ter sido puramente friccional, sem haver aumento de valores de resistência adesiva ou diferenças entre os cimentos e modo de ativação do sistema adesivo utilizados no presente estudo.

Sanares *et al.* (2001) sugerem que pode haver falhas na adesão de pinos e cimentos resinosos à dentina devido à interações adversas que ocorrem entre sistemas adesivos simplificados e os cimentos resinosos de polimerização dual. A associação desses sistemas adesivos simplificados e cimentos resinosos, utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro à dentina, pode resultar em um movimento de fluidos através da camada de adesivo, que age como uma membrana permeável mesmo após a polimerização (Goracci *et al.*, 2004; Tay *et al.*, 2004). Ainda, a água que migra para a interface cimento resinoso-adesivo pode ser acumulada na forma de bolhas que ocasionam a falta de adesão entre o cimento e dentina (Cheong *et al.*, 2003). Estes achados fizeram com que fosse utilizado um sistema adesivo convencional de três passos no presente estudo, que necessita da aplicação de uma resina hidrofóbica adicional, criando uma camada menos permeável à água (Faria e Silva *et al.*, 2007).

Uma vez obtidas as fatias de 1mm de espessura, também foi possível avaliar os tipos de falhas ocorridas após a aplicação de carga nos espécimes. Essas falhas foram analisadas em microscópio ótico de luz, com 16 e 40 vezes de aumento (Figuras 14, 15, 16, 17 e 18). Os resultados deste estudo mostraram que a maioria das falhas ocorreu na interface cimento-dentina para todos os grupos, sugerindo que a interação entre o fator-C do espaço do canal radicular e a contração de polimerização dos cimentos resinosos pode ter resultado em condições desfavoráveis à cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro (Tay *et al.*, 2005).

A compatibilidade química entre a matriz resinosa dos pinos de fibra de vidro e do cimento, ambos contendo metacrilatos (Monticelli *et al.*, 2005), pode ser um fator adicional ao menor número de falhas na interface cimento-pino encontrado no presente estudo. Adicionalmente, a aplicação do agente de ligação silano na superfície dos pinos pode também ter contribuído para o aprimoramento da adesão nesta interface (Goracci *et al.*, 2005 (2); Monticelli *et al.*, 2005). Pirani *et al.* (2005) sugerem que a silanização dos pinos de fibra de vidro pode ser uma forma de promover melhor adesão dos pinos com o cimento resinoso. Isto pode ter, possivelmente, mudado os tipos de falhas encontrados neste estudo. Contrariamente, Wrbas *et al.* (2007) e Radovic *et al.* (2007a) demonstraram que este procedimento não resulta em aumento da resistência adesiva.

Os resultados determinados de resistência à extrusão nos diferentes terços radiculares revelaram que os valores de resistência adesiva obtidos neste estudo foram significativamente afetados pela região radicular. A resistência adesiva foi maior para o terço cervical do que para os terços médio e apical, em acordo com os resultados obtidos em outros estudos (Mallmann *et al.*, 2005; e Bouillaguet *et al.*, 2003). Os tipos de falhas, a maioria adesiva entre cimento e dentina, revelaram que a boa interação do cimento com a dentina radicular é difícil de ser estabelecida, podendo sofrer interferências da contração de polimerização dos cimentos no interior do conduto. Além disso, os maiores valores de resistência adesiva alcançados pelo cimento resinoso auto-adesivo mostram que a menor sensibilidade da técnica de uso deste cimento, aliada à redução dos passos clínicos, pode contribuir para simplificar e ampliar seu uso clinicamente.

Devido às mais variadas interações entre materiais e substratos dentinários que estão envolvidos na cimentação adesiva de pinos de fibra, a retenção

proporcionada pela cimentação depende da correta eleição e utilização dos materiais, para que ocorra uma interação eficiente entre eles (Carvalho *et al.*, 2004).

Figura 14: Falha mista - adesiva cimento/dentina(cd), adesiva cimento/pino (ap), coesiva de cimento (cc). P=pino; C=cimento; D=dentina.

Figura 15: Falha adesiva entre o cimento e a dentina (cd), observa-se a presença de cimento ao redor de todo o pino. P=pino; C=cimento.

Figura 16: Falha mista - falha coesiva do pino (cp), coesiva de cimento (cc), adesiva cimento/dentina (cd). P=pino; C=cimento.

Figura 17: Falha mista - adesiva cimento/pino (ap), adesiva cimento/dentina (cd), coesiva de cimento (cc). P=pino; C=cimento; D=dentina.

Figura 18: Falha mista - Adesiva cimento/dentina (cd), adesiva cimento/pino (ap), coesiva de cimento (cc), coesiva de pino (cp). P=pino; C=cimento; D=dentina.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste estudo, pode ser concluído que:

- Os dois agentes de cimentação utilizados apresentaram diferenças no comportamento comparando os valores de resistência adesiva, com os melhores valores encontrados para o cimento resinoso auto-adesivo;
- O modo de ativação do sistema adesivo utilizado com o cimento resinoso convencional não interfere na resistência adesiva;
- Houve diferenças no desempenho adesivo dos três grupos testados, em relação à região radicular, com melhores valores alcançados pelo terço cervical da raiz.

Portanto, a hipótese nula 1 deve ser parcialmente aceita, a hipótese nula 2, aceita, e a hipótese nula 3, rejeitada.

Referências

REFERÊNCIAS

Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Effect of prolonged photo-irradiation time of three self-etch systems on the bonding to root canal dentine. J Dent. 2006 Jul;34(6):389-97.

Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. J Prosthet Dent. 2006 Mar;95(3):218-23.

Bell AM, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. J Dent. 2005 Aug;33(7):533-9.

Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. Int Endod J. 2006 Oct;39(10):809-18.

Bonfante EA, Pegoraro LF, de Góes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. Dent Mater. 2008 Apr;24(4):483-91.

Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dent Mater. 2003 May;19(3):199-205.

Cardoso PE, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. J Adhes Dent. 2002 Winter;4(4):291-7.

Carvalho RM, Carrilho MR de O, Pereira LCG, Marquesini Jr L, Silva SM de A et al. Sistemas adesivos: fundamentos pra compreensão de sua aplicação e desempenho em clínica. Rev Biodonto 2004; 2(1). (a)

Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NR, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilize self-etching primers to dentine. J Dent. 2004 Jan;32(1):55-65. (b)

Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*. 1996 Jan-Feb;21(1):17-24.

Cheong C, King NM, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay FR. Incompatibility of self-etch adhesives with chemical/dual-cured composites: two-step vs one-step systems. *Oper Dent*. 2003 Nov-Dec;28(6):747-55.

Conceição AAB, Conceição EN, Silva RB da. Resistência à remoção por tração de pinos de fibra de vidro utilizando-se diferentes agentes de cimentação. *Rev Odontol Ciênc Fac Odont PUCRS*; 2002 Out-Dez; 17(38):409-14.

D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, Cinelli M, Giannoni M, Caputi S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts. *J Endod*. 2007 Mar;33(3):264-7.

D'Arcangelo C, Zazzeroni S, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Trubiani O, Caputi S. Bond strengths of three types of fibre-reinforced post systems in various regions of root canals. *Int Endod J*. 2008 Apr;41(4):322-8.

de Durão Mauricio PJ, González-López S, Aguilar-Mendoza JA, Félix S, González-Rodríguez MP. Comparison of regional bond strength in root thirds among fiber-reinforced posts luted with different cements. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007 Nov;83(2):364-72.

Faria e Silva AL, Casselli DS, Ambrosano GM, Martins LR. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. *J Endod*. 2007 Sep;33(9):1078-81. Epub 2007 May 9.

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*. 1987 Nov;66(11):1636-9.

Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. *J Prosthet Dent* 2003; 90(6):556-62.

Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater*. 2005 Jan;21(1):36-42.

Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent*. 2000 Oct;13(5):255-60.

Ferrari M, Mannocci F. A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endod J*. 2000 Jul;33(4):397-400.

Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Geppi S. Influence of microbrush on efficacy of bonding into root canals. *Am J Dent*. 2002 Aug;15(4):227-31.

Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Goracci C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int J Prosthodont*. 2001 Nov-Dec;14(6):543-9.

Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Fatigue behaviour of different dentin adhesives. *Clin Oral Investig*. 1999 Mar;3(1):11-7.

Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bertini F, Giuliani V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out test. *J Dent*. 2004 Nov;32(8):629-34.

Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bertini F. Use of light-curing composite and adhesive systems for the cementation of translucent fiber posts. SEM analysis and pull-out test. *Minerva Stomatol*. 2003 Apr;52(4):133-44.

Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 2003 Jul;90(1):31-41.

Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod*. 2005 Aug;31(8):608-12. (a)

Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater*. 2005 May;21(5):437-44.(b)

Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent* 2007; 35:827-35.

Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004 Aug;112(4):353-61.

Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 2005 Jan;93(1):45-50.

Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Mathias P, Muench A. Microtensile bond strength of light- and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent.* 2005 Jul-Aug;30(4):500-6.

Mannocci F et al. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am J Dent;* 2003 Feb; 16(1):28-32.

Martelli Jr H, Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini Jr A. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *Int Endodon J.* 2008 Aug 41(8):685-692.

Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent.* 1997 Jul;78(1):10-4.

Monticelli F, Goracci C, Grandini S, García-Godoy F, Ferrari M. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites. *Am J Dent.* 2005 Feb;18(1):61-5.

Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, Toledano M. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006 Apr;77(1):195-200.

Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod.* 2001 Dec;27(12):753-7.

Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J, Rammelsberg P, Gabbert O, Schmitter M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the

canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. J Dent. 2008 Jan;36(1):87-92.

Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. Dent Mater. 1995 Mar;11(2):117-25. Review.

Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. Dent Clin North Am. 2007 Apr; 51(2):453-71.

Pirani C, Chersoni S, Foschi F, Piana G, Loushine RJ, Tay FR, Prati C. Does hybridization of intraradicular dentin really improve fiber post retention in endodontically treated teeth? J Endod. 2005 Dec;31(12):891-4.

Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. Oper Dent. 2003 Sep-Oct;28(5):515-21.

Purton DG, Love RM, Chandler NP. Rigidity and retention of ceramic root canal posts. Oper Dent. 2000 May-Jun;25(3):223-7.

Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Cury AH, Coniglio I, Vulicevic ZR, Garcia-Godoy F, Ferrari M. The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. J Dent. 2007 Jun;35(6):496-502. (a)

Radovic I, Monticelli F, Papacchini F, Magni E, Cury AH, Vulicevic ZR, Ferrari M. Accelerated aging of adhesive-mediated fiber post-resin composite bonds: A modeling approach. J Dent. 2007 Aug;35(8):683-9. (b)

Salameh Z, Sorrentino R, Papacchini F, Ounsi HF, Tashkandi E, Goracci C et al. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars restored using resin composite with or without translucent glass fiber posts. J Endod 2006; 32(8):752-5.

Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. Dent Mater. 2001 Nov;17(6):542-56.

Santos-Filho PCF, Castro CG, Silva GR, Camps RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *Int Endodon J*. 2008 Jun; 41(6): 493-501.

Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*; 2004; 30:289-301.

Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004 Mar;97(3):381-7.

Silva e Souza Jr, Carvalho RM, Mondelli RFL, Franco EB, Pinheiro RF. Odontologia estética. Fundamentos e aplicações clínicas. Restaurações indiretas sem metal: resinas compostas e cerâmica. Ed Santos. 2001.

Silva LM, Andrade AM, Machuca MFG, Silva PMB, Silva RVC, Veronezi MC. Influence of different adhesive systems on the pull-out Bond strength of glass fiber posts. *J Appl Oral Sci*. 2008;16(3):232-5.

Silva PMB, Silva RVC, Andrade AM, Silva LM, Veronezi MC. Avaliação comparativa da resistência à tração entre pinos metálicos (Ni/Cr) e de fibra de vidro cimentados com cimento de ionômero de vidro. *R Dental Press Estét*. 2007 Jan/Fev/Mar; 4(1):109-14.

Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H. Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater*. 2002 May;18(3):263-8.

Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod*. 2005 Aug;31(8):584-9.

Tay FR, Pashley DH, Suh B, Carvalho R, Miller M. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength and morphologic evidence. *Am J Dent*. 2004 Aug;17(4):271-8.

Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent*. 2003 Spring;5(1):27-40. (a)

Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? J Can Dent Assoc. 2003 Dec;69(11):726-31.

Tay FR, Pashley PH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. J Endod. 2007; 33(4): 391-8.

Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. J Adhes Dent. 2003 Summer;5(2):91-105. (b)

Teixeira EC, Teixeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. J Am Dent Assoc. 2006 Jul;137(7):1006-12.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 2003 May-Jun;28(3):215-35.

Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. J Dent Res. 1991 May;70(5):889-93.

Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? J Dent Res. 1997 Jun;76(6):1298-307.

Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. Dent Mater. 2002 Nov;18(7):495-502.

Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. J Endod. 2002 May;28(5):355-60.

Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. Dent Mater. 2008 Mar;24(3):372-7.

Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. J Dent Res. 1994 Jun;73(6):1212-20.

Wrbas KT, Altenburger MJ, Schirrmeister JF, Bitter K, Kielbassa AM. Effect of adhesive resin cements and post surface silanization on the bond strengths of adhesively inserted fiber posts. J Endod. 2007 Jul;33(7):840-3.