Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 16/11/2024.

At the author’s request, the full text of this thesis/dissertation will not be available until November 16, 2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

LEONARDO JIRO NOMURA NAKANO

NOVO SISTEMA DE RETENTOR PRÉ-FABRICADO PERFURADO E DE ILUMINADOR EM FIBRA ÓPTICA: estudo da resistência mecânica frente a variação dos cimentos resinosos

2022

LEONARDO JIRO NOMURA NAKANO

NOVO SISTEMA DE RETENTOR PRÉ-FABRICADO PERFURADO E DE ILUMINADOR EM FIBRA ÓPTICA: estudo da resistência mecânica frente a variação dos cimentos resinosos

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Prótese Dentária. Linha de pesquisa: Desenvolvimento de Materiais e Novas Tecnologias em Odontologia.

Orientador: Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior

São José dos Campos

2022

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2022]. Disponível em http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Nakano, Leonardo Jiro Nomura
Novo sistema de retentor pré-fabricado perfurado e de iluminador em fibra óptica: estudo da resistência mecânica frente a variação dos cimentos resinosos / Leonardo Jiro Nomura Nakano. - São José dos Campos : [s.n.], 2022.
111 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2022.
Orientador: Tarcisio José de Arruda Paes Junior.

1. Técnica para retentor intrarradicular. 2. Cimentos de resina. 3. Luzes de cura dentária. 4. Análise de elemento finito. 5. Teste de materiais. I. Paes Junior, Tarcisio José de Arruda, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP
com adaptações - STATI, STRAUD e DTI do ICT/UNESP.
Renata Aparecida Couto Martins CRB-8/8376

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior (Orientador)
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

Prof. Adj. Paulo Isaias Seraidarian
Pontifícia Universidade Católica
Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde
Campus PUC Minas Belo Horizonte

Profª. Dra. Marcela Moreira Penteado
Faculdade Santo Antônio
Unidade São João Caçapava

Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. João Mauricio Ferraz da Silva
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 16 de novembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

*À **Deus** por me dar força, saúde e oportunidade de conhecer tantas pessoas boas nessa minha jornada.*

*À minha família, minha mãe **Sonia Nakano**, meu pai **Eiji Nakano** e meu irmão **Yukio Nakano**, pelo sustento e por me ensinar a estudar muito desde criança e me dedicar em todas as áreas da minha vida.*

*À minha noiva **Fernanda Sales**, por me apoiar em todos os momentos, por me ouvir e me dar muitos conselhos, por me dar ânimo nos momentos difíceis, por ser um exemplo de dedicação e esforço, e por me incentivar a seguir meus sonhos. Sou eternamente grato, meu Amor!*

*Ao meu orientador **Tarcísio José de Arruda Paes Junior**, por ser um exemplo de professor, ser humano e amigo. Desde a graduação, me ensinando a ser um melhor profissional, aluno e pessoa. Agradeço por me incentivar a seguir o meio acadêmico e a transmitir o conhecimento adquirido para as outras pessoas. Agradeço por cada dica e ensinamento na clínica e os conselhos dados nas nossas conversas em sua sala. Muito obrigado, professor!*

*Aos professores da minha banca, professor **Paulo Seraidarian**, professora **Marcela Penteado**, professor **Claudio Talge** e professor **João Maurício**, agradeço pelo aceite do convite para fazer parte deste momento único em minha vida, e por compartilhar um pouco do vasto conhecimento que têm.*

*À minha amiga e dupla de doutorado **Laís Landim**, por toda ajuda em todo o andamento deste trabalho.*

*Aos meus amigos de república, de especialização e da vida, **Rafael Marques** e **Luan Vieira**, por todos os momentos de descontração, aprendizado e superação que passamos juntos.*

Aos meus amigos e colegas de pós-graduação, ***Talita Queiroz****,* ***Murilo Rodrigues****,* ***Jefferson Matos****,* ***Mateus Favero****,* ***Guilherme Scalzer****,* ***Manassés Tércio****,* ***Ana Beatriz****,* ***Rossana Pignataro****,* ***Pedro Prado****,* ***Elisa Kukulka****,* ***Joyce Rodrigues****,* ***Natália Rossi****,* ***Cristiane Inagati****,* ***Michelle de Sá*** *e* ***Leonardo Gomes****, pelo conhecimento que tive o prazer de adquirir de cada pessoa, contribuindo para tornar o curso ainda mais completo.*

A todos os professores do programa de pós-graduação, em especial ao professor ***Alexandre Borges****,* ***Lafayette Nogueira Junior****,* ***Marco Antonio Bottino, Renata Melo*** *e* ***Guilherme Saavedra****, por serem exemplos de cirurgiões-dentistas, professores e pesquisadores de excelência, exigindo sempre o máximo dos alunos para manter a UNESP em altíssimo nível.*

A todos os funcionários da UNESP, em especial ao ***Márcio Marques****,* ***Thaís Paradella****,* ***Juliane Damasceno****,* ***Fernando Fontes****,* ***Marco Alfredo*** *e* ***Lilian Vilela****, por toda ajuda que tive desde a graduação, sempre solícitos e prestativos.*

À ***Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)****, pela concessão da bolsa de doutorado em parte do meu curso, processo nº 88887.475178/2020-00*

Às empresas ***Angelus*** *e* ***Photonita Metrologia Óptica Ltda*** *pela parceria e desenvolvimento dos novos materiais e doação de materiais utilizados na tese.*

Ao ***Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT Unesp)*** *por ser a minha segunda casa durante 9 anos, em toda minha jornada de graduação, mestrado, doutorado e especialização.*

E a todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram no decorrer do curso, muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
1 INTRODUÇÃO 9
2 REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 Retentores intrarradiculares 14
2.2 Fotopolimerização 20
2.3 Testes de resistência de união em dentes tratados por retentores intrarradiculares 24
2.4 Análise em Elementos Finitos (FEA) 28
2.5 Nova possibilidade quanto a polimerização de cimentos resinosos no interior de canais radiculares 31
3 PROPOSIÇÃO 33
4 MATERIAL E MÉTODOS 34
4.1 Novo pino de fibra de vidro experimental 35
4.2 Sistema de ativação utilizando iluminador de fibra óptica 37
4.3 Resistência à flexão de 3 pontos 38
4.4 Teste de resistência adesiva 40
4.4.1 Seleção dos dentes e preparo dos canais 40
4.4.2 Preparo do canal radicular 42
4.4.3 Inclusão dos dentes nas bases 43
4.4.4 Cimentação dos pinos de fibra de vidro 44
4.4.5 Processo de envelhecimento 49
4.4.6 Execução do teste de Pull-out 50
4.5 Análise do modo de falha 52
4.6 Análise em Elementos Finitos 52
4.7 Análise estatística 54
5 RESULTADO 56
5.1 Resistência à flexão de 3 pontos 56
5.2 Teste de resistência adesiva 58
5.3 Análise do modo de falha 65

5.4 Análise em Elementos Finitos 68
6 DISCUSSÃO 77
7 CONCLUSÃO..... 85
REFERÊNCIAS 86
ANEXOS..... 102

Nakano LJN. Novo sistema de retentor pré-fabricado perfurado e de iluminador em fibra óptica: estudo da resistência mecânica frente a variação dos cimentos resinosos [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2022.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência à flexão de um pino experimental de fibra de vidro vazado, e a resistência adesiva entre este pino experimental à dentina radicular, associando a utilização de um dispositivo iluminador em fibra óptica, sob o processo de envelhecimento, além de determinar a distribuição de tensão pela Análise de Elementos Finitos (FEA). O pino experimental e o dispositivo iluminador de fibra óptica têm por finalidade aumentar a efetividade de fotoativação dos cimentos resinosos nos terços médios e apicais dos canais radiculares. Para o teste de flexão de 3 pontos, estritamente do pino de fibra de vidro, as amostras foram divididas em 4 grupos (n=10): pino convencional (pc), pino experimental sem preenchimento (pp), com preenchimento de cimento resinoso (ppc) e com preenchimento de fibra óptica (ppf). Para o teste de resistência adesiva Pull-out, 100 raízes de dentes bovinos foram restauradas com retentores intrarradiculares e coroas de resina composta, distribuídos em 10 grupos (n=10), tendo como variáveis: o tipo de pino de fibra de vidro [convencional (C) ou perfurado (P)], o sistema de fotoativação [com ou sem o iluminador de fibra óptica (O)], o tipo de cimento resinoso [fotoativado (F) ou polimerização dual (D)] e o envelhecimento das amostras [com e sem ciclagem mecânica (C)]. O processo de envelhecimento foi realizado através da ciclagem mecânica e as amostras foram submetidas ao teste de resistência adesiva Pull-out. A análise do modo de falha foi realizada em Estereomicroscópio. A Análise em Elementos Finitos avaliou a distribuição de tensão pela análise de von Mises, deformação total e tensão máxima principal no Software Ansys 19.3. A análise estatística foi constituída pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk, análise de variância (ANOVA) 1, 2 e 3 fatores e teste Tukey 5%. As médias e desvios padrão de resistência à flexão foram (MPa): pc = 677 ± 81,1; ppc = 419 ± 23,2; ppf = 200 ± 32,5 e pp = 177 ± 32,8. As médias e desvios padrão de resistência adesiva foram (MPa): CD = 12,2 ± 1,21; PD = 11,1 ± 1,32; PF = 10,9 ± 1,29; POD = 13,7 ± 1,16; POF = 11,9 ± 1,48; CDC = 10,1 ± 1,33; PDC = 9,25 ± 1,11; PFC = 8,37 ± 1,25; PODC = 10,8 ± 0,95 e POFC = 9,82 ± 1,02. Os resultados do modo de falha foram: adesiva entre pino e cimento (56%), mista predominantemente adesiva entre cimento e dentina (22%), adesiva entre cimento e dentina (14%) e a mista predominantemente adesiva entre pino e cimento (8%). Concluiu-se que entre os pinos experimentais, o grupo do pino perfurado preenchido com cimento resinoso obteve o maior valor de resistência à flexão, a utilização do dispositivo iluminador aumentou os resultados de resistência adesiva nos grupos dos pinos perfurados e não houve diferença na distribuição de tensões entre os grupos.

Palavras-chave: Técnica para retentor intrarradicular. Cimentos de resina. Luzes de cura dentária. Análise de elemento finito. Teste de materiais.

Nakano LJN. New system of hollow prefabricated post and optical fiber illuminator: study of the mechanical strength by varying resin cements [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2022.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the flexural strength of an experimental hollow glass fiber post, and the bond strength between this experimental post and root dentin, associating the use of an optical fiber illuminating device, under the aging process, in addition to determine the stress distribution by Finite Element Analysis (FEA). The experimental post and optical fiber illuminating device are intended to increase the polymerization effectiveness of resin cements in the middle and apical regions of root canals. For the 3-point bending test, strictly of the fiber post, the samples were divided into 4 groups (n=10): conventional post (pc), experimental post without filling (pp), with resin cement filling (ppc) and with optical fiber filling (ppf). For the Pull-out test, 100 roots of bovine teeth were restored with intraradicular retainers and composite resin crowns, distributed into 10 groups (n=10), with the following variables: glass fiber post type [conventional (C) or hollow (P)], the photocuring system [with or without the optical fiber illuminating device (O)], the type of resin cement [light cured (F) or dual cured (D)] and aging of the samples [with and without mechanical cycling (C)]. The aging process was performed by mechanical cycling and the samples were submitted to the Pull-out bond strength test. Failure mode analysis was performed using a stereomicroscope. Finite Element Analysis evaluated the stress distribution by von Mises analysis, total strain and maximum principal stress in Ansys Software 19.3. Statistical analysis consisted of the Shapiro-Wilk normality test, 1-, 2- and 3-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test 5%. The means and standard deviations of flexural strength were (MPa): pc = 677 ± 81.1; ppc = 419 ± 23.2; ppf = 200 ± 32.5 and pp = 177 ± 32.8. The means and standard deviations of bond strength were (MPa): CD = 12.2 ± 1.21; PD = 11.1 ± 1.32; PF = 10.9 ± 1.29; POD = 13.7 ± 1.16; POF = 11.9 ± 1.48; CDC = 10.1 ± 1.33; PDC = 9.25 ± 1.11; PFC = 8.37 ± 1.25; PODC = 10.8 ± 0.95 and POFC = 9.82 ± 1.02. The failure mode results were: adhesive between post and cement (56%), mixed predominantly adhesive between cement and dentin (22%), adhesive between cement and dentin (14%) and mixed predominantly adhesive between post and cement (8 %). It was concluded that among the experimental posts, the hollow post group filled with resin cement obtained the highest flexural strength value, the use of the illuminating device increased the results of bond strength in the hollow post groups and there was no difference in the stress distribution among the groups.

Keywords: Post and core technique. Resin cements. Curing lights, dental. Finite element analysis. Materials testing.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico é essencial nos casos em que o tecido pulpar sofreu uma alteração de maneira irreversível (Manfredi et al., 2016). O dente tratado endodonticamente tem uma redução das propriedades mecânicas devido à extensa redução de tecido dentário durante o acesso endodôntico (Dietschi et al., 2007, 2008; Saker, Özcan, 2015). Em casos de abertura coronária extensa ou dentes com comprometimento estrutural, resultando em menos de 50% de remanescente coronário, os retentores intrarradiculares (RIR) são indicados para servir de suporte ao tratamento reabilitador (Durmuş et al., 2014; Ferrari et al., 2001). O prognóstico do tratamento através dos retentores vai depender de muitos fatores, como o comprimento radicular, a anatomia dentária, a quantidade de remanescente dentário, os materiais utilizados para a restauração, a localização e a oclusão do paciente (Fernandes et al., 2003).

Na odontologia contemporânea, as opções mais utilizadas de RIR são os núcleos metálicos fundidos (NMF) e os pinos pré-fabricados, sendo mais comum o pino de fibra de vidro (Fokkinga et al., 2006; Lopes et al., 2019; Tang et al., 2010). Embora os NMF tenham sido amplamente utilizados por décadas e demonstrado desempenho satisfatório em estudos clínicos a longo prazo, devido a sua elevada adaptação ao canal radicular, mínima espessura de cimento e elevada rigidez estrutural, eles possuem desvantagens como cor metálica, comprometendo a estética, susceptibilidade ao processo de corrosão, necessidade de preparo mais invasivo com maior remoção de dentina, maior tempo clínico devido à necessidade de etapa laboratorial e alto módulo de elasticidade que pode promover concentração de tensão e originar fraturas radiculares, resultando a necessidade de exodontia (Goracci, Ferrari, 2011; Komada et al., 2006; Lopes et al., 2019; Nakamura et al., 2006; Tang et al., 2010). Diante disso, é crescente a busca pelo desenvolvimento de novos sistemas e materiais que possibilitem o restabelecimento da função, sem comprometer a estrutura remanescente, aliado à estética favorável. Dessa maneira, o pino de fibra de vidro é considerado um tratamento reabilitador vantajoso para dentes tratados endodonticamente, por aliarem estética e comportamento mecânico semelhantes à estrutura dental (Schmitter et al., 2010; Silva et al., 2011; Wandscher

et al., 2015).

Os pinos de fibra de vidro são basicamente formados por fibras de vidro envoltas por uma matriz de resina epóxi, apresentando várias características favoráveis, como translucidez (Giachetti et al., 2004), confecção em menor tempo clínico devido à ausência de etapa laboratorial (Lamichhane et al., 2014), menor custo, resistência à corrosão, adesão a materiais resinosos restauradores (Park et al., 2017), módulo de elasticidade semelhante à dentina (Ceballos et al., 2007), característica que gera uma distribuição mais uniforme das tensões mastigatórias para as estruturas dentais (Schmitter et al., 2010), o que reduz o risco de fraturas catastróficas e não restauráveis (Coelho et al., 2009; Tang et al., 2010), além disso apresenta altas taxas de sucesso clínico (Marchionatti et al., 2017).

Apesar das excelentes propriedades dos pinos de fibra de vidro e ao baixo índice de ocorrência de fraturas irreversíveis de raiz, as falhas adesivas entre cimento e dentina radicular promovem o descolamento do pino, tipo de falha mais comumente observado para este sistema de retentor intrarradicular (Lamichhane et al., 2014; Monticelli et al., 2003). Vários fatores podem comprometer a integridade da interface adesiva e provocar à falha do retentor, dentre eles, controle da umidade, solução e técnica de irrigação do canal radicular (Oliveira et al., 2018), distribuição de tensões (Dal Piva et al., 2017), qualidade da dentina radicular (Souza et al., 2015), tipo de adesivo e cimento (Lombardo et al., 2008), espessura da película de cimento e técnica de inserção (Alster et al., 1997; Dal Piva et al., 2017), presença de bolhas na camada de cimento (Bonfante et al., 2008), altas tensões de polimerização (fator C) na interface pino-cimento-dentina (Jongsma et al., 2010) e baixa penetração de luz na porção mais apical da raiz (Bouillaguet et al., 2003; Mao et al., 2011).

Para a cimentação dos pinos de fibra de vidro, os cimentos de ativação duais são os mais indicados, pois eles possuem iniciadores químicos associados a iniciadores físicos tornando o processo de polimerização adequado mesmo nas regiões onde não há alcance de luz (Braga et al., 2005). No entanto, em muitas ocasiões o grau de conversão desses cimentos ainda é baixo, devido à dificuldade de penetração da luz no interior do canal radicular (Ho et al., 2011; Kim et al., 2009), assim como pela ineficiência da ativação química complementar, principalmente nas regiões apicais (Roberts et al., 2004). Estudos mostram que o grau de conversão de

cimentos resinosos duais é minimizado na ausência de luz e potencializado nas regiões mais próximas à luz (Braga et al., 2005; Caughman et al., 2001; Harashima et al., 1991; Kumbuloglu et al., 2004). A redução do grau de conversão afeta diretamente as propriedades do material e há evidências científicas de que a resistência adesiva entre cimentos resinosos e dentina radicular é efetiva no terço cervical, porém reduzida no terço apical (D'Arcangelo et al., 2007, 2008; Giachetti et al., 2009; Gomes, 2022; Pulido et al., 2016). Desta maneira um questionamento pode ser feito: seria possível melhorar a condição de polimerização do cimento resinoso nas regiões mais apicais do conduto?

A literatura é escassa em estudos sobre um sistema mais efetivo de fotoativação capaz de aprimorar a polimerização dos cimentos resinosos utilizados para cimentação de pinos de fibra de vidro. Assim, a fim de contornar as dificuldades enfrentadas pelo baixo grau de polimerização do cimento resinoso, esta tese propõe o estudo de um novo sistema de pino de fibra de vidro, associado a um dispositivo de fibra óptica capaz de aprimorar a fotoativação de regiões mais apicais dos dentes, verificando sua influência na resistência adesiva com variação no tipo de cimento resinoso e que venha a corroborar ou não com os estudos pregressos realizados pela linha de pesquisa da qual faz parte este trabalho (Gomes, 2022; Inagati et al., 2022).

A principal função do retentor intrarradicular é fornecer retenção à restauração coronária, dessa forma, torna-se importante avaliar a resistência adesiva para se conhecer a relação entre esta propriedade e os fatores que podem influenciá-la, com o intuito de se obter desempenho satisfatório da restauração (Marques de Melo et al., 2012).

Basicamente, a literatura reporta três métodos para avaliação da resistência adesiva entre retentores intrarradiculares e tecidos dentais: microtração, Push-out e Pull-out. O teste de microtração geralmente apresenta altas taxas de falha prematura dos espécimes e variabilidade dos resultados (Ari et al., 2003; Hayashi et al., 2008). O teste de Push-out é menos propenso às falhas prematuras, porém para realizá-lo é necessário fazer vários cortes ao longo do canal radicular, e isso pode gerar artefatos durante a preparação das amostras e prejudicar os resultados (Abreu et al., 2020; Goracci et al., 2004). Já o teste de Pull-out, método selecionado para este estudo, tem sido considerado o melhor para esse tipo de avaliação, pois

combina tensões de cisalhamento e tração, além de considerar o fator friccional, e assim promove uma simulação mais aproximada da realidade clínica (da Silva et al., 2008; Dal Piva et al., 2018a; Macedo et al., 2010; Pignataro et al., 2021). Outra metodologia amplamente utilizada para simular o comportamento dos materiais frente às condições encontradas no meio bucal é a ciclagem mecânica em ambiente úmido, que consiste em um método de envelhecimento para prever o desempenho clínico, capaz de replicar as cargas fisiológicas durante a mastigação, podendo simular a degradação durante anos (Dal Piva et al., 2016; Nakano et al., 2021; Rosentritt et al., 2009; Zicari et al., 2013).

Além da falha adesiva, a fratura do retentor pode levar ao insucesso da restauração. Apesar deste tipo de falha não ser o mais comum nos casos de pino de fibra de vidro, a resistência mecânica é uma característica essencial para que o material suporte as cargas oclusais (Lamichhane et al., 2014). Fatores como o volume do pino, o material e a sua configuração podem influenciar em sua resistência (Ruschel et al., 2018). Um método indicado para avaliar a resistência mecânica dos retentores intrarradiculares é o teste de flexão de 3 pontos (Gutiérrez et al., 2022; Ruschel et al., 2018), visto que sobre os dentes anteriores incidem forças oblíquas que podem promover tensões de flexão do dente e dos materiais restauradores (Dal Piva et al., 2018a).

Para realização de estudos laboratoriais a fim de se conhecer o desempenho dos materiais faz-se a substituição do substrato dental humano por dentes bovinos (Dal Piva et al., 2017; Pucci et al., 2013; Zanchi et al., 2010), devido à facilidade de obtenção, padronização de idade dos dentes, condições ambientais, reduzindo possíveis vieses que poderiam acontecer com a utilização de dentes humanos (Galhano et al., 2009). Vários estudos avaliaram comparativamente os dois substratos com o objetivo de estabelecer uma adequação dos dentes bovinos (Krifka et al., 2008; Lopes et al., 2003; Reis et al., 2004; Rüttermann et al., 2013), e uma revisão sistemática mostrou que o uso de dentes bovinos em análises de resistência de união produz resultados semelhantes comparáveis aos humanos, podendo assim ser considerados um substituto adequado para eles (Soares et al., 2016).

Além do teste de resistência à flexão e de resistência adesiva, uma ferramenta muito utilizada para analisar o comportamento biomecânico dos

retentores intrarradiculares e que auxilia no desenvolvimento dos testes *in vitro* é a análise de elementos finitos (FEA) (Caldas et al., 2018; da Fonseca et al., 2018; Dal Piva et al., 2018a; Tammineedi et al., 2020). Esta análise é um método numérico que consiste em transformar geometrias complexas em finitos elementos de geometria conhecida, como pirâmides e hexágonos. Dessa forma é capaz de executar cálculos matemáticos de distribuições de tensões e transformar os resultados em imagens com diferentes escalas de cor, possibilitando o estudo de possíveis regiões de falhas das restaurações (Ausiello et al., 2011; Baran et al., 2018; Tribst et al., 2018, 2019). Deste modo, a realização tanto do estudo *in silico*, ou seja, simulação computacional através da análise de elementos finitos, quanto do estudo *in vitro*, são essenciais para obtenção de resultados confiáveis e imparciais.

Reitera-se a intenção de testar neste estudo técnicas alternativas que permitam uma maior efetividade de polimerização em regiões de difícil acesso da luz, sobretudo ao considerar-se o conduto radicular e a cimentação resinosa de retentores, utilizando metodologias consagradas que permitam inferir condições físicas que norteiem possíveis aplicações clínicas futuras.

7 CONCLUSÃO

Com base nas proposições desta tese, pode-se concluir que:

a) No teste de resistência à flexão, o grupo controle (pino de fibra de vidro convencional) obteve o maior valor e o preenchimento do pino perfurado influenciou nos resultados, sendo que entre os pinos experimentais, o grupo do pino perfurado preenchido com cimento resinoso obteve o maior valor.
b) No teste de resistência adesiva, a utilização do dispositivo iluminador em fibra óptica aumentou os resultados nos grupos dos pinos perfurados, sendo que o grupo com cimento resinoso dual (POD) obteve o melhor desempenho. Além disso, os grupos com cimento resinoso dual obtiveram resultados superiores em relação ao cimento fotoativado.
c) O processo de envelhecimento diminuiu os valores de resistência adesiva entre os pinos de fibra de vidro e o elemento dentário, independente do pino e do cimento resinoso utilizado.
d) Pela análise de elementos finitos, a utilização do pino convencional e do pino perfurado, assim como seu preenchimento, não causou alteração na distribuição de tensões do conjunto dente, retentor e coroa, porém, isoladamente, o pino perfurado sem preenchimento foi o que obteve o maior pico de tensão e o maior risco de falha.

REFERÊNCIAS*

Abreu RT, Monteiro JB, Abu-Hasna A, Santos TS, Dal Piva AO, Pucci CR, et al. Bond strength of cemented fiber posts to teeth with simulated internal root resorption. J Clin Exp Dent. 2020 Mar;12(3):e277-84. doi: 10.4317/jced.56568.

Abuhaimed TS, Abou Neel EA. Sodium hypochlorite irrigation and its effect on bond strength to dentin. Biomed Res Int. 2017;2017:1930360. doi:10.1155/2017/1930360.

Aleisa K, Habib SR, Ansari AS, Altayyar R, Alharbi S, Alanazi SAS, et al. Effect of luting cement film thickness on the pull-out bond strength of endodontic post systems. Polymers (Basel). 2021;13(18):3082. doi:10.3390/polym13183082.

Alster D, Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. Dent Mater. 1997 May;13(3):146-50. doi: 10.1016/S0109-5641(97)80115-7.

Anusavice KJ. Phillips materiais dentários. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.

Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. J Endod. 2003 Apr;29(4):248-51. doi: 10.1097/00004770-200304000-00004.

Arikawa H, Takahashi H, Minesaki Y, Muraguchi K, Matsuyama T, Kanie T, et al. A method for improving the light intensity distribution in dental light-curing units. Dent Mater J. 2011;30(2):151-7. doi: 10.4012/dmj.2010-114. PubMed PMID: 21383521.

Ausiello P, Franciosa P, Martorelli M, Watts DC. Mechanical behavior of post-restored upper canine teeth: a 3D FE analysis. Dent Mater. 2011 Dec;27(12):1285-94. doi: 10.1016/j.dental.2011.09.009.

Aydemir S, Arukaslan G, Sarıdağ S, Kaya-Büyükbayram I, Yıldıran Y. Comparing fracture resistance and the time required for two different fiber post removal systems. J Prosthodont. 2018;27(8):771-4. doi:10.1111/jopr.12575.

Baran I, Arslan M, Gungor H. Effect of different framework materials of resin-bonded bridges on load to fracture values and stress distribution. Niger J Clin Pract. 2018 Dec;21(12):1585-9. doi: 10.4103/njcp.njcp_281_18. PubMed PMID: 30560821.

Bayne SC. Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices. Dent Mater. 2012;28(1):52-71. doi: 10.1016/j.dental.2011.08.594.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [cited 2020 Jan 20]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Available from: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Bell-Rönnlöf AL, Jaatinen J, Lassila L, Närhi T, Vallittu P. Transmission of light through fiber-reinforced composite posts. Dent Mater J. 2019;38(6):928-33. doi: 10.4012/dmj.2018-217.

Bhaktikamala A, Chengprapakorn W, Serichetaphongse P. Effect of different post materials and adaptability on fracture resistance and fracture mode in human endodontically treated teeth. Int J Dent. 2022;2022:9170081. doi: 10.1155/2022/9170081.

Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Evaluation of a new curing light on the shear bond strength of orthodontic brackets. Angle Orthod. 2003;73(4):431-5. doi: 10.1043/0003-3219(2003)073<0431:EOANCL>2.0.CO;2. PubMed PMID: 12940564.

Bishara SE, VonWald L, Zamtua J. Effects of different types of light guides on shear bond strength. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;114(4):447-51. doi: 10.1016/s0889-5406(98)70191-x. PubMed PMID: 9790330.

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. doi: 10.1016/j.dental.2007.04.010. PubMed PMID: 17675147.

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;19:199-205. doi: 10.1016/S0109-5641(02)00030-1. PubMed PMID: 12628431.

Bovolato L, Tonini R, Boschi G, Cavalli G, Salgarello SA. Novel hollow fiber sandwich composite post system: mechanical characteristics. Minerva Stomatol. 2020;69(2):63-71. doi: 10.23736/S0026-4970.19.04235-3.

Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater. 2005 Oct;21(10):962-70. doi: 10.1016/j.dental.2005.04.018. PubMed PMID: 16085301.

Caldas RA, Bacchi A, Barão VAR, Versluis A. Should adhesive debonding be simulated for intra-radicular post stress analyses? Dent Mater. 2018 Sep;34(9):1331-41. doi: 10.1016/j.dental.2018.06.025. PubMed PMID: 29945798.

Castellan CS, Santos-Filho PC, Soares PV, Soares CJ, Cardoso PE. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. J Adhes Dent. 2010;12(6):477-85. doi: 10.3290/j.jad.a17856. PubMed PMID: 20157648.

Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. J Prosthet Dent. 2001 Jul;86(1):101-6. doi: 10.1067/mpr.2001.114842a. PubMed PMID: 11491072.

Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodríguez J. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. Dent Mater. 2007 Jan;23(1):100-5. doi: 10.1016/j.dental.2005.12.007. PubMed PMID: 16430956.

Cerutti F, Acquaviva PA, Gagliani M, Ferrari M, Mangani F, Depero LE, et al. Degree of conversion of dual-cure resins light-cured through glass-fiber posts. Am J Dent. 2011;24(1):8-12. PubMed PMID: 21469400.

Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. Limitations of push-out test in bond strength measurement. J Endod. 2013;39(2):283-7. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.002. PubMed PMID: 23321247.

Chieruzzi M, Pagano S, Cianetti S, Lombardo G, Kenny JM, Torre L. Effect of fibre posts, bone losses and fibre content on the biomechanical behaviour of endodontically treated teeth: 3D-finite element analysis. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017;74:334-46. doi: 10.1016/j.msec.2016.12.022. PubMed PMID: 28254302.

Coelho CS, Biffi JC, Silva GR, Abrahão A, Campos RE, Soares CJ. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. Dent Mater J. 2009;28(6):671-8. doi: 10.4012/dmj.28.671. PubMed PMID: 20019417.

da Fonseca GF, de Andrade GS, Dal Piva AMO, Tribst JPM, Borges ALS. Computer-aided design finite element modeling of different approaches to rehabilitate endodontically treated teeth. J Indian Prosthodont Soc. 2018 Oct-Dec;18(4):329-35. doi: 10.4103/jips.jips_168_18. PubMed PMID: 30449961.

da Silva LM, Andrade AM, Machuca MF, da Silva PM, da Silva RV, Veronezi MC. Influence of different adhesive systems on the pull-out bond strength of glass fiber posts. J Appl Oral Sci. 2008 Jun;16:232–5. doi: 10.1590/S1678-77572008000300013.

da Silva NR, Raposo LHA, Versluis A, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. The effect of post, core, crown type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. J Prosthet Dent. 2010 Nov;104(5):306–17. doi: 10.1016/S00223913(10)60146-1. PubMed PMID: 20970537.

de Andrade GS, Tribst JP, Dal Piva AO, Bottino MA, Borges AL, Valandro LF, et al. A study on stress distribution to cement layer and root dentin for post and cores made of CAD/CAM materials with different elasticity modulus in the absence of ferrule. J Clin Exp Dent 2019; 11(1):e1–8. doi: 10.4317/jced.55295.

de Souza NC, Marcondes ML, da Silva D, Borges GA, Júnior LB, Spohr AM. Relined fiberglass post: effect of luting length, resin cement, and cyclic loading on the bond to weakened root dentin. Oper Dent 2016;41:e174–e182. doi: 10.2341/15-233-L.

Dal Piva AM, Campos F, Alves ML, Sousa RS, Lima JM, Souza RO. Influence of alveolar bone level on the pull-out bond strength of fiber-reinforced composite posts to root dentin. Gen Dent. 2016 Mar-Apr;64(2):e5-8. PubMed PMID: 26943098.

Dal Piva AMO, Tribst JPM, Souza ROAE, Borges ALS. Influence of alveolar bone loss and cement layer thickness on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary incisors: a 3-dimensional finite element analysis. J Endod. 2017 May;43(5):791-5. doi: 10.1016/j.joen.2016.11.020. PubMed PMID: 28343925.

Dal Piva AMO, Tribst JPM, Borges ALS, Bottino MA, Souza ROA. Do mechanical advantages exist in relining fiber posts with composite prior to its cementation? J Adhes Dent. 2018a;20(6):511-8. doi: 10.3290/j.jad.a41611.

Dal Piva AMO, Tribst JPM, Borges ALS, Souza ROAE, Bottino MA. CAD-FEA modeling and analysis of different full crown monolithic restorations. Dent Mater. 2018b;34(9):1342-1350. doi: 10.1016/j.dental.2018.06.024.

D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D'Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. J Prosthet Dent. 2007 Sep;98(3):193-8. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60055-9. PubMed PMID: 17854620.

D'Arcangelo C, De Angelis F, Vadini M, D'Amario M, Caputi S. Fracture resistance and deflection of pulpless anterior teeth restored with composite or porcelain veneers. J Endod. 2010;36(1):153-6. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.036. PubMed PMID: 20003956.

D'Arcangelo C, Zazzeroni S, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Trubiani O, et al. 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. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01367.x. PubMed PMID: 18217989.

de Oliveira AS, Mirapalhete RC, Amaral CC, de Moraes RR. A modified photoactivation protocol using two simultaneous light-curing units for bonding brackets to enamel. Braz Dent J. 2015;26(4):393-7. doi: 10.1590/0103-6440201300133

de Oliveira DC, Rocha MG, Gatti A, Correr AB, Ferracane JL, Sinhoret MA. Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. J Dent. 2015;43(12):1565-72. doi: 10.1016/j.jdent.2015.08.015. PubMed PMID: 26343422.

Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. Quintessence Int. 2007 Oct;38(9):733-43. PubMed PMID: 17873980.

Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). Quintessence Int. 2008 Feb;39(2):117-29. PubMed PMID: 18560650.

Drummond JL, Sakaguchi RL, Racean DC, Wozny J, Steinberg AD. Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. J Biomed Mater Res. 1996;32(4):533-41. doi: 10.1002/(SICI)1097-4636(199612)32:4<533::AID-JBM6>3.0.CO;2-S. PubMed PMID: 895314.

Durmuş G, Oyar P. Effects of post core materials on stress distribution in the restoration of mandibular second premolars: a finite element analysis. J Prosthet Dent. 2014 Sep;112(3):547-54. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.12.006. PubMed PMID: 24630398.

Ericson D, Paulsson L, Sowiak H, Dérand T. Reduction of cusp deflection resulting from composite polymerization shrinkage, using a light-transmitting cone. Scand J Dent Res. 1994;102(4):244-8. doi: 10.1111/j.1600-0722.1994.tb01188.x. PubMed PMID: 8091125.

Escribano AB, Bru JLS, Navarro LF, Cervantes PJR, Gónzález AP, Marín FTS. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. Oper Dent. 2006;31(1):47-54. doi: 10.2341/04-169.

Evans LJ, Peters C, Flickinger C, Taloumis L, Dunn W. A comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets using various light sources, light guides, and cure times. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002;121(5):510-5. doi: 10.1067/mod.2002.121558.

Fadag A, Negm M, Samran A, Samran A, Ahmed G, Alqerban A, et al. Fracture Resistance of Endodontically Treated Anterior Teeth Restored with Different Post Systems: An In Vitro Study. Eur Endod J. 2018 Sep 7;3(3):174-8. doi: 10.14744/eej.2018.70299. PubMed PMID: 32161874.

Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. J Prosthet Dent. 2003 Dec;90(6):556-62. doi: 10.1016/j.prosdent.2003.09.006. PubMed PMID: 14668756.

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

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. PubMed PMID: 12066701.

Firmino AS, Tribst JPM, Nakano LJN, de Oliveira Dal Piva AM, Borges ALS, Paes-Junior TJA. Silica-Nylon reinforcement effect on the fracture load and stress distribution of a resin-bonded partial dental prosthesis. Int J Periodontics Restorative Dent. 2021;41(2):e45–54. doi: 10.11607/prd.4347.

Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. Eur J Oral Sci. 2006 Jun;114(3):250-6. doi: 10.1111/j.1600-0722.2006.00357.x. PubMed PMID: 16776775.

Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. Int Endod J. 2005;38(4):230-7. doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.00941.x. PubMed PMID: 15810973.

Galhano G, de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Comparison of resin push-out strength to root dentin of bovine- and human-teeth. Indian J Dent Res. 2009 Jul-Sep;20(3):332-6. doi: 10.4103/0970-9290.57378. PubMed PMID: 19884718.

Giachetti L, Grandini S, Calamai P, Fantini G, Scaminaci Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. J Dent. 2009 Aug;37(8):638-42. doi: 10.1016/j.jdent.2009.04.007. PubMed PMID: 19477571.

Giachetti L, Russo DS, 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. doi: 10.1016/j.jdent.2004.06.004. PubMed PMID: 15476957.

Gomes KGF, Faria NS, Neto WR, Colucci V, Gomes EA. Influence of laser irradiation on the push-out bond strength between a glass fiber post and root dentin. J Prosthet Dent. 2018;119(1):97-102. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.01.013.

Gomes LCL. Influência de um novo dispositivo acessório de fotopolimerização com fibra óptica e pino de fibra de vidro experimental nas propriedades mecânicas, físico-químicas e adesão dos cimentos resinosos [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2022.

Gonçalves LA, Vansan LP, Paulino SM, Sousa Neto MD. Fracture resistance of weakened roots restored with a transilluminating post and adhesive restorative materials. J Prosthet Dent. 2006;96(5):339-44. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.08.030. PubMed PMID: 17098497.

Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. Aust Dent J. 2011 Jun;56 Suppl 1:77-83. doi: 10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x. PubMed PMID: 21564118.

Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. 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. doi: 10.1111/j.1600-0722.2004.00146.x. PubMed PMID: 15279655.

Gutiérrez MA, Guerrero CA, Baldion PA. Efficacy of CAD/CAM glass fiber posts for the restoration of endodontically treated teeth. Int J Biomater. 2022;2022:8621835. doi: 10.1155/2022/8621835.

Haenel T, Hausnerova B, Steinhaus J, Price RB, Sullivan B, Moeginger B. Effect of the irradiance distribution from light curing units on the local micro-hardness of the surface of dental resins. Dent Mater. 2015;31(2):93-104. doi: 10.1016/j.dental.2014.11.003.

Harashima I, Nomata T, Hirasawa T. Degree of conversion of dual-cured composite luting cements. Dent Mater J. 1991;10:8-17.

Hayashi M, Okamura K, Wu H, Takahashi Y, Koytchev EV, Imazato S, et al. The root canal bonding of chemical-cured total-etch resin cements. J Endod. 2008 May;34(5):583-6. doi: 10.1016/j.joen.2008.02.003. PubMed PMID: 18436039.

Ho YC, Lai YL, Chou IC, Yang SF, Lee SY. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. J Dent. 2011 Apr;39(4):309-15. doi: 10.1016/j.jdent.2011.01.009.

Ibrahim RO, Al-Zahawi AR, Sabri LA. Mechanical and thermal stress evaluation of PEEK prefabricated post with different head design in endodontically treated tooth: 3D-finite element analysis. Dent Mater J. 2021;40(2):508-18. doi: 10.4012/dmj.2020-053.

Inaba Y, Teraoka F, Nakagawa M, Imazato S. Development of a new direct core build-up method using a hollow fiber-reinforced post. Dent Mater J. 2013;32(5):718-24. doi: 10.4012/dmj.2013-038.

Inagati CM, Grangeiro MTV, Rossi NR, Tribst JPM, Nakano LJN, Carvalho PCK, et al. Effect of light emission through an optical fiber device on the bond strength of a hollow experimental intraradicular post. J Adhes Dent. 2022;24(1):325-333. doi: 10.3290/j.jad.b3240659.

International Organization for Standardization - ISO. ISO 11405:2003: dental materials - testing of adhesion to tooth structure. Geneva: ISO; 2003.

Jongsma LA, Bolhuis PB, Pallav P, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Benefits of a two-step cementation procedure for prefabricated fiber posts. J Adhes Dent. 2010 Feb;12(1):55-62. doi: 10.3290/j.jad.a17534.

Kameda T, Ohkuma K, Sano N, Terada K. Development of optical guiding forceps for a direct bonding system using light cured resin adhesives. Dent Mater J. 2014;33(4):510-21. doi: 10.4012/dmj.2014-039. PubMed PMID: 24988886.

Kim YK, Kim SK, Kim KH, Kwon TY. Degree of conversion of dual-cured resin cement light-cured through three fibre posts within human root canals: an ex vivo study. Int Endod J. 2009 Aug;42(8):667-74. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01565.x. PubMed PMID: 19467047.

Kirkpatrick SJ. A primer on radiometry. Dent Mater. 2005;21(1):21-26. doi: 10.1016/j.dental.2004.10.002.

Komada W, Miura H, Okada D, Yoshida K. Study on the fracture strength of root reconstructed with post and core: alveolar bone resorbed case. Dent Mater J. 2006 Mar;25(1):177-82. doi: 10.4012/dmj.25.177. PubMed PMID: 16706315.

Krejci I, Duc O, Dietschi D, de Campos E. Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. Oper Dent. 2003;28(2):127-35. PubMed PMID: 12670067.

Krifka S, Börzsönyi A, Koch A, Hiller KA, Schmalz G, Friedl KH. Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel--human vs. bovine primary teeth in vitro. Dent Mater. 2008 Jul;24(7):888-94. doi: 10.1016/j.dental.2007.11.003. PubMed PMID: 18155759.

Krishnarayan PP, Gehlot PM. Influence of glass fiber post design and luting cements on ease of post removal and fracture strength of endodontically retreated teeth: an in vitro study. J Int Soc Prev Community Dent. 2022;12(2):199-209. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_249_21.

Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. Int J Prosthodont. 2004 May-Jun;17(3):357-63. PubMed PMID: 15237886.

Kvist T, Rydin E, Reit C. The relative frequency of periapical lesions in teeth with root canal retained posts. J Endod. 1989 Dec;15(12):578-80. doi: 10.1016/S0099-2399(89)80153-0. PubMed PMID: 2701001.

Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. J Adv Prosthodont. 2014 Feb;6(1):60-5. doi: 10.4047/jap.2014.6.1.60. PubMed PMID: 24605208.

Lazari PC, de Carvalho MA, Del Bel Cury AA, Magne P. Survival of extensively damaged endodontically treated incisors restored with different types of posts-and-core foundation restoration material. J Prosthet Dent 2018; 119(5):769–76.

Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Load-bearing capacity of human incisor restored with various fiber-reinforced composite posts. Dent Mater. 2011;27(6):e107-e15. doi: 10.1016/j.dental.2011.02.009. PubMed PMID: 21444107.

Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. Dent Mater. 2013;29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005. PubMed PMID: 23199807.

Li LL, Wang ZY, Bai ZC, Mao Y, Gao B, Xin HT, et al. Three-dimensional finite element analysis of weakened roots restored with different cements in combination with titanium alloy posts. Chin Med J (Engl). 2006;119(4):305-11. PubMed PMID: 16537026.

Li Q, Lin HL, Zheng M, Ozcan M, Yu H. Minimum radiant exposure and irradiance for triggering adequate polymerization of a photo-polymerized resin cement. Materials (Basel). 2021;14(9):2341. doi: 10.3390/ma14092341.

Lombardo GH, Souza RO, Michida SM, de Melo RM, Bottino MA, Valandro LF. Resin bonding to root canal dentin: effect of the application of an experimental hydrophobic resin coating after an all-in-one adhesive. J Contemp Dent Pract. 2008 May 1;9(4):34-42. PubMed PMID: 18473025.

Lopes GR, Freitas VP, Matos JD, Andrade VC, Nishioka RS, Casas EB. Stress distribution in dental roots restored with different post and core materials. J Int Oral Health. 2019;11:127-31. doi: 10.4103/jioh.jioh_49_19.

Lopes MB, Sinhoreti MAC, Sobrinho LC, Consani S. Comparative study of the dental substrate used in shear bond strength tests. Pesqui Odontol Bras 2003;17:171-5. doi: 10.1590/S1517-74912003000200014.

Lo Giudice G, Ferrari Cagidiaco E, Lo Giudice R, Puleio F, Nicita F, Calapaj M. Evaluation of mechanical properties of a hollow endodontic post by three point test and SEM analysis: a pilot study. Materials (Basel). 2019;12(12):1983. doi: 10.3390/ma12121983.

Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins LR. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. J Endod. 2010 Sep;36(9):1543-6. doi: 10.1016/j.joen.2010.04.014. PubMed PMID: 20728724.

Manfredi M, Figini L, Gagliani M, Lodi G. Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth. Cochrane Database Syst Rev. 2016 Dec 1;12:CD005296. doi: 10.1002/14651858.CD005296.pub3.

Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements. Dent Clin North Am. 2017 Oct;61(4):821-34. doi: 10.1016/j.cden.2017.06.006. PubMed PMID: 28886770.

Mao H, Chen Y, Yip KH, Smales RJ. Effect of three radicular dentine treatments and two luting cements on the regional bond strength of quartz fibre posts. Clin Oral Investig. 2011 Dec;15(6):869-78. doi: 10.1007/s00784-010-0453-3. PubMed PMID: 20706751.

Marchionatti AME, Wandscher VF, Rippe MP, Kaizer OB, Valandro LF. Clinical performance and failure modes of pulpless teeth restored with posts: a systematic review. Braz Oral Res. 2017 Jul 3;31:e64. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0064. PubMed PMID: 28678974.

Maroli A, Hoelcher KAL, Reginato VF, Spazzin AO, Caldas RA, Bacchi A. Biomechanical behavior of teeth without remaining coronal structure restored with different post designs and materials. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017;76:839-44. doi: 10.1016/j.msec.2017.03.152. PubMed PMID: 28482598.

Marques de Melo R, Bottino MA, Galvão RK, Soboyejo WO. Bond strengths, degree of conversion of the cement and molecular structure of the adhesive-dentine joint in fibre post restorations. J Dent. 2012 Apr;40(4):286-94. doi: 10.1016/j.jdent.2012.01.003. PubMed PMID: 22306531.

Mattison GD, Delivanis PD, Thacker RW Jr, Hassel KJ. Effect of post preparation on the apical seal. J Prothet Dent. 1984;51:785-9. doi: 10.1016/0022-3913(84)90377-9. PubMed PMID: 6376781.

Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. Int J Prosthodont. 2003 Nov-Dec;16(6):593-6. PubMed PMID: 14714836.

Nakamura T, Ohyama T, Waki T, Kinuta S, Wakabayashi K, Mutobe Y, et al. Stress analysis of endodontically treated anterior teeth restored with different types of post material. Dent Mater J. 2006 Mar;25(1):145-50. doi: 10.4012/dmj.25.145. PubMed PMID: 16706310.

Nakano LJN, Tribst JPM, Dal Piva AMO, Borges ALS, Paes-Junior TJA. Maximum fracture load and stress concentration in resin-bonded fixed partial dentures of indirect composite resin reinforced by silica-nylon mesh. J Dent Health Oral Disord Ther. 2021;12(5):96–101. doi: 10.15406/jdhodt.2021.12.00558.

Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S, Dietrich T. Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. Eur J Oral Sci. 2005;113(6):519-24. doi: 10.1111/j.1600-0722.2005.00257.x.

Naumann M, Rosentritt M, Preuss A, Dietrich T. The effect of alveolar bone loss on the load capability of restored endodontically treated teeth: a comparative in vitro study. J Dent. 2006;34(10):790-5. doi: 10.1016/j.jdent.2006.03.003.

Nova V, Karygianni L, Altenburger MJ, Wolkewitz M, Kielbassa AM, Wrbas KT. Pull-out bond strength of a fibre-reinforced composite post system luted with self-adhesive resin cements. J Dent. 2013;41(11):1020-6. doi: 10.1016/j.jdent.2013.08.011. PubMed PMID: 24007789.

Oliveira LV, Maia TS, Zancopé K, Menezes M de S, Soares CJ, Moura CCG. Can intra-radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review. Braz Oral Res. 2018 Mar 15;32:e16. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0016.

Onofre RS, Pinheiro HA, Poletto-Neto V, Bergoli CD, Cenci MS, Cenci TP. Randomized controlled trial comparing glass fiber posts and cast metal posts. J Dent. 2020;96:103334. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103334.

Overton JD, Sullivan DJ. Early failure of Class II resin composite versus Class II amalgam restorations placed by dental students. J Dent Educ. 2012;76(3):338-40. PubMed PMID: 22383602.

Özcan M, Cura C, Brendeke J. Effect of aging conditions on the repair bond strength of a microhybrid and a nanohybrid resin composite. J Adhes Dent. 2010 Dec;12(6):451-9. doi: 10.3290/j.jad.a17857. PubMed PMID: 20157647.

Park JS, Lee JS, Park JW, Chung WG, Choi EH, Lee Y. Comparison of push-out bond strength of fiber-reinforced composite resin posts according to cement thickness. J Prosthet Dent. 2017 Sep;118(3):372-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.11.007. PubMed PMID: 28222875.

Penteado MM, Mendes Tribst JP, Dal Piva AMO, Archangelo KC, Bottino MA, Souto Borges AL. Influence of different restorative material and cement on the stress distribution of ceramic veneer in upper central incisor. Indian J Dent Res 2020; 31(2):236–40. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_150_18.

Pereira JR, Lins do Valle A, Ghizoni JS, Lorenzoni FC, Ramos MB, Dos Reis Só MV. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. J Prosthet Dent. 2013;110(2):134-40. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60353-4. PubMed PMID: 23929375.

Pignataro RRD, Samico RP, Mendes Campaner L, Bottino MA, Borges A, Tribst JP. Influence of different fibreglass post geometries on the stress distribution and pull-out bond strength before and after mechanical cycling. Eur Endod J. 2021;6(2):170-6. doi: 10.14744/eej.2020.95967.

Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites. Dent Mater. 2009;25(7):899-908. doi: 10.1016/j.dental.2009.01.098. PubMed PMID: 19243817.

Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-curing units: a review of what we need to know. J Dent Res. 2015;94(9):1179-86. doi: 10.1177/0022034515594786. PubMed PMID: 26156516.

Price RB, Labrie D, Whalen JM, Felix CM. Effect of distance on irradiance and beam homogeneity from 4 light-emitting diode curing units. J Can Dent Assoc. 2011;77:b9. PubMed PMID: 21507291.

Price RBT. Light curing in dentistry. Dent Clin North Am. 2017;61(4):751-78. doi: 10.1016/j.cden.2017.06.008. PubMed PMID: 28886767.

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;28(5):515-21. PubMed PMID: 14531596.

Pucci CR, de Oliveira RS, Caneppele TM, Torres CR, Borges AB, Tay FR. Effects of surface treatment, hydration and application method on the bond strength of a silorane adhesive and resin system to dentine. J Dent. 2013 Mar;41(3):278-86. doi: 10.1016/j.jdent.2012.11.016.

Pulido CA, de Oliveira Franco AP, Gomes GM, Bittencourt BF, Kalinowski HJ, Gomes JC, et al. An in situ evaluation of the polymerization shrinkage, degree of conversion, and bond strength of resin cements used for luting fiber posts. J Prosthet Dent. 2016;116(4):570-6. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.019.

Rasines Alcaraz MG, Veitz-Keenan A, Sahrmann P, Schmidlin PR, Davis D, Iheozor-Ejiofor Z. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth. Cochrane Database Syst Rev. 2014 Mar;(3):CD005620. doi: 10.1002/14651858.CD005620.pub2.

Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. J Adhes Dent. 2004;6(2):117-21. PubMed PMID: 15293420.

Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME, Charlton DG. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. Dent Mater. 2004 Sep;20(7):617-22. doi: 10.1016/j.dental.2003.10.004. PubMed PMID: 15236935.

Rosentritt M, Behr M, van der Zel JM, Feilzer AJ. Approach for valuating the influence of laboratory simulation. Dent Mater. 2009 Mar;25(3):348-52. doi: 10.1016/j.dental.2008.08.009. PubMed PMID: 18829097.

Ruschel GH, Gomes ÉA, Silva-Sousa YT, Pinelli RGP, Sousa-Neto MD, Pereira GKR, et al. Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. J Mech Behav Biomed Mater. 2018;82:187-192. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.03.035.

Rüttermann S, Braun A, Janda R. Shear bond strength and fracture analysis of human vs. bovine teeth. PLoS One. 2013;8(3):e59181. doi: 10.1371/journal.pone.0059181. PubMed PMID: 23527125.

Saker S, Özcan M. Retentive strength of fiber-reinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin conditioning protocols. J Prosthet Dent. 2015 Dec;114(6):856-61. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.015.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho B, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater. 1994;10(4):236-40. doi: 10.1016/0109-5641(94)90067-1. PubMed PMID: 7664990.

Santos AFV, Meira JBC, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, et al. Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? J Dent Res. 2010;89(6):587-91. doi: 10.1177/0022034510363382. PubMed PMID: 20348486.

Schmitter M, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B. Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. Int J Prosthodont. 2007;20(2):173-8.

Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J, Scheuber S, Schweizerhof K, Rues S. Teeth restored using fiber-reinforced posts: in vitro fracture tests and finite element analysis. Acta Biomater. 2010 Sep;6(9):3747-54. doi: 10.1016/j.actbio.2010.03.012. PubMed PMID: 20227533.

Shimokawa CA, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016;69:1036-42. doi: 10.1016/j.msec.2016.07.033. PubMed PMID: 27612800.

Shortall A, El-Mahy W, Stewardson D, Addison O, Palin W. Initial fracture resistance and curing temperature rise of ten contemporary resin-based composites with increasing radiant exposure. J Dent. 2013;41(5):455-63. doi: 10.1016/j.jdent.2013.02.002. PubMed PMID: 23416195.

Silva GR, Santos-Filho PC, Simamoto-Júnior PC, Martins LR, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. Braz Dent J. 2011;22(3):230-7. doi: 10.1590/s0103-64402011000300009. PubMed PMID: 21915521.

Singh SV, Bhat M, Gupta S, Sharma D, Satija H, Sharma S. Stress distribution of endodontically treated teeth with titanium alloy post and carbon fiber post with different alveolar bone height: a three-dimensional finite element analysis. Eur J Dent 2015;9:428-32. doi: 10.4103/1305-7456.163228. PubMed PMID: 26430375.

Sirisha K, Rambabu T, Shankar YR, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. J Conserv Dent. 2014 Jul;17(4):305-11. doi: 10.4103/0972-0707.136340. PMID: 25125840.

Soares CJ, Raposo LH, Soares PV, Santos-Filho PCF, Menezes MS, Soares PBF, et al. Effect of different cements on the biomechanical behavior of teeth restored with cast dowel-and-cores-in vitro and FEA analysis. J Prosthodont. 2010;19(2):130-7. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00527.x. PubMed PMID: 20002972.

Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PCF, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. Dent Mater. 2008;24(10):1405-11. doi: 10.1016/j.dental.2008.03.004. PubMed PMID: 18420265.

Soares FZ, Follak A, da Rosa LS, Montagner AF, Lenzi TL, Rocha RO. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Dent Mater. 2016 Nov;32(11):1385-93. doi: 10.1016/j.dental.2016.09.019. PubMed PMID: 27692438.

Souza AC, Gonçalves FC, Anami LC, Melo RM, Bottino MA, Valandro LF. Influence of insertion techniques for resin cement and mechanical cycling on the bond strength between fiber posts and root dentin. J Adhes Dent. 2015 Apr;17(2):175-80. doi: 10.3290/j.jad.a33993. PubMed PMID: 25859568.

Staninec M, Marshall GW, Hilton JF, Pashley DH, Gansky SA, Marshall SJ, et al. Ultimate tensile strength of dentin: Evidence for a damage mechanics approach to dentin failure. J Biomed Mater Res. 2002;63(3):342-5. doi: 10.1002/jbm.10230.

Szesz A, Cuadros-Sánchez J, Hass V, Cruz GK, Arrais CAG, Reis A, et al. Influence of delivered radiant exposure values on bonding of fiber posts to root canals. J Adhes Dent. 2015;17(2):181-8. doi: 10.3290/j.jad.a34057.

Tammineedi S, Kakollu S, Thota MM, Basam RC, Basam LC, Vemuri S. Comparison of stress distribution in teeth restored with fiber post and dentin post by applying orthotropic properties: A three-dimensional finite element analysis. J Conserv Dent. 2020;23(6):589-92. doi: 10.4103/JCD.JCD_551_20.

Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. J Endod. 2010 Apr;36(4):609-17. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.002. PubMed PMID: 20307732.

Tribst J, Anami LC, Özcan M, Bottino MA, Melo RM, Saavedra G. Self-etching primers vs acid conditioning: impact on bond strength between ceramics and resin cement. Oper Dent. 2018 Jul/Aug;43(4):372-9. doi: 10.2341/16-348-L. PubMed PMID: 29513637.

Tribst JPM, Dal Piva AMO, de Melo RM, Borges ALS, Bottino MA, Özcan M. Short communication: Influence of restorative material and cement on the stress distribution of posterior resin-bonded fixed dental prostheses: 3D finite element analysis. J Mech Behav Biomed Mater. 2019 Aug;96:279-84. doi: 10.1016/j.jmbbm.2019.05.004. PubMed PMID: 31077955.

Uzun I, Keskin C, Özsu D, Güler B, Aydemir H. Push-out bond strength of oval versus circular fiber posts irradiated by erbium-doped yttrium aluminum garnet laser. J Prosthet Dent. 2016;116(3):425-30. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.023. PubMed PMID: 27061630.

Valandro LF, Yoshiga S, de Melo RM, Galhano GAP, Mallmann A, Marinho CP, et al. Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement: effect of post surface conditioning. J Adhes Dent. 2006;8(2):105-11.

Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, A Neves, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. Dent Mater. 2010;26(2):e100-e121. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.148. PubMed PMID: 20006379.

Veríssimo C, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Noritomi PY, Santos-Filho PCF. Effect of the crown, post, and remaining coronal dentin on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary central incisors. J Prosthet Dent. 2014 Mar;111(3):234-46. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.07.006. PubMed PMID: 24199605.

Von Beetzen M, Li J, Nicander I, Sundström F. Microhardness and porosity of Class 2 light-cured composite restorations cured with a transparent cone attached to the light-curing wand. Oper Dent. 1993;18(3):103-9. PubMed PMID: 8415161.

Wakabayashi Y, Kondou Y, Suzuki K, Yatani H, Yamashita A. Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. Int J Prosthodont. 1994;7(4):302-6.

Wandscher VF, Bergoli CD, de Oliveira AF, Kaizer OB, Souto Borges AL, Limberguer Ida F, et al. Fatigue surviving, fracture resistance, shear stress and finite element analysis of glass fiber posts with different diameters. J Mech Behav Biomed Mater. 2015 Mar;43:69-77. doi: 10.1016/j.jmbbm.2014.11.016. PubMed PMID: 25553557.

Webber MB, Michida SM, Marson FC, de Oliveira GC, Silva CO. Analysis of bond strength by pull out test on fiber glass posts cemented in different lengths. J Int Oral Health. 2015;7(4):7-12.

Zanchi CH, Münchow EA, Ogliari FA, Chersoni S, Prati C, Demarco FF, et al. Development of experimental HEMA-free three-step adhesive system. J Dent. 2010 Jun;38(6):503-8. doi: 10.1016/j.jdent.2010.03.006.

Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. J Dent. 2013 Mar;41(3):207-15. doi: 10.1016/j.jdent.2012.10.004. PubMed PMID: 23069329.