



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Lucas David Galvani

Efeitos da ativação mecânica de soluções irrigadoras sobre a interface adesiva entre cimentos endodônticos ou resinosos convencionais para cimentação de pino de fibra e a dentina radicular

Araraquara

2021



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Lucas David Galvani

Efeitos da ativação mecânica de soluções irrigadoras sobre a interface adesiva entre cimentos endodônticos ou resinosos convencionais para cimentação de pino de fibra e a dentina radicular

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Endodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Milton Carlos Kuga

Araraquara

2021

G182e	Galvani, Lucas David Efeitos da ativação mecânica de soluções irrigadoras sobre a interface adesiva entre cimentos endodônticos ou resinosos convencionais para cimentação de pino de fibra e a dentina radicular / Lucas David Galvani. -- Araraquara, 2021 60 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara Orientador: Milton Carlos Kuga 1. Endodontia. 2. Cavidade Pulpar. 3. Microscopia Eletrônica de Varredura. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Lucas David Galvani

Efeitos da ativação mecânica de soluções irrigadoras sobre a interface adesiva entre cimentos endodônticos ou resinosos convencionais para cimentação de pino de fibra e a dentina radicular

Comissão Julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor

Presidente e Orientador: Prof. Dr Milton Carlos Kuga

2º Examinador: Prof. Dr Elaine Cristina Gulin de Oliveira

3º Examinador: Prof. Dr Andréa Abi Rached Danta

4º Examinador: Prof. Dr André Luis Shinohara

Araraquara, 28 de setembro de 2021.

DADOS CURRICULARES

Lucas David Galvani

Nascimento: 22/06/1992

Marília-SP

Filiação: José Antônio Galvani Regina Célia David Galvani

2010 – 2013: Graduação em Odontologia pela UNIMAR- Universidade de Marília.

2013 – 2015: Especialização em Endodontia pela Uniredentor.

2016 – 2018: Mestre em Odontologia, Área Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Júlio Mesquita Filho-UNESP/FOAr.

AGRADECIMENTO

À CAPES,

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Agradeço imensamente a CAPES pelo apoio financeiro sem o qual não conseguiria realizar este trabalho.

Galvani LD. Efeitos da ativação mecânica de soluções irrigadoras sobre a interface adesiva entre cimentos endodônticos ou resinosos convencionais para cimentação de pino de fibra e a dentina radicular [tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP; 2021.

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da agitação mecânica do hipoclorito de sódio a 2.5% (NaOCl) com a irrigação ultrassônica passiva (PUI), XP Endo Finisher (XPF), XP Clean (XPC) e Easy Clean (ECL), em comparação a irrigação endodôntica convencional (CEI), na incidência de resíduos e resistência de união e padrão de falha adesiva, nos terços cervical, médio e apical do canal radicular, empregando o uso da terapia fotodinâmica com o auxílio do uso do azul de metileno 0,1% para contribuir na antissepsia do espaço para pino, pois durante o preparo protético poderá ocorrer a contaminação por microrganismos presentes na saliva, e neutralização com a solução de hipoclorito de sódio a 2.5%. Em relação à resistência de união e padrão de falha adesiva foi realizado a cimentação de pino de fibra de vidro cimentação com o adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose) e o cimento resinoso convencional (Relyx ARC), na dentina radicular dos terços cervical, médio e apical do espaço para pino. Raízes de dentes bovinos foram submetidas ao preparo químico-mecânico e posteriormente irrigados com o NaOCl e agitado pelos protocolos PUI, XPF, XPC ou ECL. Os terços cervical, médio e apical radicular foram analisados em microscopia eletrônica de varredura (500x). As raízes foram identicamente preparadas e obturadas com o cimento base de resina epóxi (AH Plus). Os slices obtidos de cada um dos terços radiculares foram analisados por meio do teste de *push-out*. Os dados obtidos na análise de resíduos foram avaliados pelo teste de Kruskal Wallis e Dunn e o de *push-out* pela ANOVA a 1 critério e Tukey, ($\alpha=5\%$).

Palavras-chave: Endodontia. Cavidade Pulpar. Microscopia Eletrônica de Varredura.

Galvani LD. Effects of mechanical activation of irrigating solutions on the adhesive interface between conventional endodontic or resin cements for fiber post cementation and root dentin [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP; 2021.

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of mechanical agitation of 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl) with passive ultrasonic irrigation (PUI), XP Endo Finisher (XPF), XP Clean (XPC) and Easy Clean (ECL) in comparison to conventional endodontic irrigation (CEI), in the incidence of residues and bond strength and pattern of adhesive failure, in the cervical, middle and apical thirds of the root canal, employing the use of photodynamic therapy with the aid of the use of methylene blue 0.1% to contribute to the antisepsis of the post space, as during the prosthetic preparation there may be contamination by microorganisms present in the saliva, and neutralization with 2.5% sodium hypochlorite solution. Regarding bond strength and failure pattern adhesive was performed the cementation of a fiberglass post cementation with the etch-and-rinse adhesive (Adper Scotchbond Multipurpose) and the conventional resin cement (Relyx ARC) in the root dentin of the cervical, middle and apical thirds of the space. For pin. Roots of bovine teeth were subjected to chemical-mechanical preparation and subsequently irrigated with NaOCl and shaken by the PUI, XPF, XPC or ECL protocols. The cervical, middle and apical radicular thirds were analyzed under scanning electron microscopy (500x). The roots were identically prepared and filled with epoxy resin-based cement (AH Plus). The slices obtained from each of the root thirds were analyzed using the push-out test. The data obtained in the residual analysis were evaluated by the Kruskal Wallis and Dunn test and the push-out test by ANOVA at 1 criterion and Tukey, ($\alpha=5\%$).

Keywords: Endodontics. Dental Pulp Cavity. Microscopy Electron Scanning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	PROPOSIÇÃO	11
3	PUBLICAÇÕES	12
3.1	Publicação 1.....	12
	Efeitos de protocolos de irrigação com energização mecânica sobre a interface de adesão de sistema de cimentação de pino de fibra após remoção do azul de metileno na terapia fotodinâmica	12
3.2	Publicação 2.....	31
	Efeitos da agitação mecânica do hipoclorito de sódio sobre a interface de adesão entre o cimento à base de resina epóxi e dentina radicular	31
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A – METODOLOGIA DETALHADA DOS ARTIGOS	52
	ANEXO A – COMPROVANTE SUBMISSÃO PHOTODIAGNOSIS AND PHOTODYNAMIC THERAPY	60

1 INTRODUÇÃO

A limpeza e modelagem dos canais radiculares é uma das etapas fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico. Durante o preparo químico mecânico dos canais radiculares a solução de irrigação atua como desinfetante, lubrificante e agente de limpeza, ajudando a eliminar os detritos de tecidos criados pela ação de corte dos instrumentos na dentina, microrganismos e seus subprodutos¹.

Durante a modelagem dos canais radiculares ocorre a formação de uma camada irregular de detritos, comumente chamada de *smear layer* nas paredes dentinárias.

Tem sido relatado que a *smear layer* aderida nas paredes dentinárias impede a penetração de desinfetantes, medicamentos e obturadores intracanaís para os túbulos dentinários, os quais podem deteriorar suas ações. Várias soluções irrigadoras foram testadas para diminuir os restos residuais, bactérias, tecidos necróticos e *smear layer*, que é formado pela instrumentação do sistema de canais radiculares. O hipoclorito de sódio NaOCl tornou-se a solução irrigadora mais eficaz e comumente utilizadas pelos endodontistas durante o preparo biomecânico, incluindo o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) com fundamental importância para a remoção da camada de *smear layer*².

No entanto a penetração da solução irrigadora no interior dos canais radiculares depende da anatomia do canal, técnica de aplicação, volume da solução irrigadora, preparo biomecânico e as características físico-químicas da solução irrigadora.

A irrigação padrão usa uma agulha adaptada a uma seringa associada à pressão positiva apical. Nesta abordagem, a ponta da agulha deve ser colocada a 1-2 mm do comprimento de trabalho, e a irrigação realizada com volumes grandes e troca frequente de irrigantes para melhorar a desinfecção³.

Apesar de permitir um bom controle de irrigantes, a irrigação com seringa convencional tem sido relatada como ineficaz na remoção de tecidos e na limpeza das porções mais apicais do sistema de canais radiculares. Com o intuito de melhorar a capacidade de limpeza dos canais radiculares, novas técnicas têm sido propostas. A irrigação ultrassônica passiva (PUI) mostrou ser mais eficaz na limpeza e desinfecção dos canais radiculares do que a irrigação convencional⁴. O PUI produz micro-ondas acústicos, cavitação e geração de calor, que ajuda a solução irrigadora a alcançar regiões de difícil acesso, favorecendo a eliminação de detritos dentinários, permitindo uma melhor desinfecção dos canais radiculares. A eficiência do PUI depende da sincronização da transmissão de energia acústica entre o seu controle de agitação, ponta

ultrassônica e solução irrigadora no canal radicular⁵.

Recentemente foram desenvolvidos instrumentos de níquel titânio (NiTi) e outros materiais através do acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) utilizados após o preparo biomecânico para melhor capacidade de limpeza e preservando os canais radiculares⁶.

O XP-endo Finisher são produzidas com uma liga exclusiva da FKG, a NiTi MaxWire®. Trata-se de um material altamente flexível, que reage a diferentes níveis de temperatura. São baseadas no princípio de memória de forma da liga NiTi, as limas são retas em sua fase martensítica (M), em temperatura ambiente. Ao serem inseridas no canal, são expostas à temperatura corpórea e mudam de forma devido à memória molecular da fase austenítica (A). De acordo com o fabricante o formato da fase-A em rotação permite que o instrumento alcance e limpe áreas normalmente impenetráveis em comparação com os instrumentos padrões, por sua característica de formato de colher nos seus 10mm com uma profundidade de 1,5mm.

Quando a ponta do instrumento é comprimida no interior do canal radicular, pode ser expandida até 6 mm em largura, e durante o seu movimento de vai e vem em uma expansão de 7 a 8 mm. Este mecanismo de expansão durante seu movimento de rotação permite que o instrumento limpe as paredes dos canais radiculares promovendo turbulência da solução irrigante no interior dos canais radiculares⁶. Com seu tamanho de núcleo reduzido de diâmetro 25 ou 30 e conicidade nula, possui um formato helicoidal. A lima deve ser utilizada após qualquer ampliação maior que 25 ou superior no interior dos canais radiculares.

O XP Clean são limas rotatórias de NiTi produzidas pela MK life que possui uma secção transversal triangular diâmetro 25 Taper 02 utilizada após o término do preparo químico-mecânico, seu mecanismo promove a agitação da solução irrigadora, aumentando seu poder de limpeza removendo debris e microrganismos nas regiões onde não foi possível ser tocado pelo instrumento usual.

O Easy Clean é um instrumento produzido por um polímero chamado acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) que apresenta uma morfologia semelhante a uma faca que promove a limpeza dos canais radiculares, com um movimento reciprocante¹⁰. Esse instrumento de polímero com diâmetro 25 Taper 04 veio com intuito de diminuir os desgastes excessivos produzidos pelos instrumentos de NiTi durante a limpeza dos canais radiculares. Entretanto Kato et al. relatou que o Easy Clean possui uma secção transversal em forma de Asa de Aeronave com um movimento alternativo de 180° no sentido horário seguido de uma rotação de 90° no sentido anti-horário).

2 PROPOSIÇÃO

1 - Avaliar os efeitos dos protocolos de irrigação final convencional e energizados com insertosultrassônicos com o auxílio da terapia fotodinâmica e a resistência de união e padrão de falha adesiva após cimentação de pino de fibra de vidro com cimentação resinoso convencional.

2 - Avaliar a limpeza da superfície radicular em uma magnitude de 500X em Microscopia Eletrônica de Varredura e o padrão de falha adesiva nos terços cervical médio e apical.

3 PUBLICAÇÕES

Esta tese de Doutorado foi dividida em duas publicações.

3.1 Publicação 1*

"Efeitos de protocolos de irrigação com energização mecânica sobre a interface de adesão de sistema de cimentação de pino de fibra após remoção do azul de metileno na terapia fotodinâmica"

Resumo

Objetivo: O estudo avaliou os diferentes métodos de agitação mecânica do hipoclorito de sódio como irrigação final para a remoção de resíduos de azul de metileno após o tratamento endodôntico com o uso do PDT e a resistência de união pós cimentação com sistema adesivo e cimento resinoso convencional. **Métodos:** Noventa dentes bovinos foram tratados endodônticamente. Em seguida o espaço preparado para cimentação dos pinos foi aplicado azul de metileno e assistido por PDT e após irrigação final com hipoclorito de sódio. Seis protocolos de irrigação finais para remoção de corante e NaOCl foram realizados antes da cimentação com condicionamento ácido convencional e enxágue (Adper Scotchbond Multipurpose) e cimento resinoso duplo convencional (RelyX ARC): irrigação endodôntica convencional (CEI), irrigação ultrassônica passiva (PUI), agitação mecânica com XP Endo Finisher (XPF), agitação mecânica com XP Clean (XPC) ou Easy Clean (ECL) e água destilada (NCO - controle). Após a cimentação do pino de fibra, o teste de push-out foi realizado em diferentes terços do espaço do pino. Análise do modo de falha por estereomicroscopia. **Resultados:** os protocolos PUI, XPF e XPC apresentaram os maiores valores de resistência de união, sem diferença entre eles ($p > 0,05$), embora tenham sido semelhantes ao NCO, independente do terço do espaço pós. CEI e ECL apresentaram valores de resistência de união semelhantes, independente do terceiro avaliado ($p > 0,05$). **Conclusão:** A falha adesiva foi a mais incidente para CEI e ECL, enquanto falhas mistas e coesivas foram predominantes nos grupos PUI, XPF, XPC e NCO.

* Artigo formatado segundo as normas da Photodiagnosis and Photodynamic Therapy e aceito para publicação, no entanto esta passando por revisão conforme solicitado pelos revisores.

Introdução

A terapia fotodinâmica é uma estratégia interessante para contribuir na antissepsia do espaço para pino, pois durante o preparo protético poderá ocorrer a contaminação por microrganismos presentes na saliva (Haragushiku et al., 2015; Ramos et al., 2018a). O corante azul de metileno, em diferentes concentrações, é o mais utilizado nestes procedimentos (Trindade et al., 2015; Ramos et al., 2018b). Porém, ocasiona a descoloração da estrutura dentária e compromete a estética, principalmente quando utilizado em dentes anteriores (Ramalho et al., 2017a).

A solução de hipoclorito de sódio é recomendada para a recuperação cromática, devido a atividade oxidante proporcionada pelo oxigênio singleto, que é derivado da dissociação iônica do ácido hipocloroso (Kuga et al., 2011; Ramos et al., 2018a). Por outro lado, os radicais livres liberados nesta reação química podem ter efeitos negativos sobre o grau de conversão dos compostos resinosos, além de ocupar espaço intra-tubulare/ou entre as fibras colágenas da dentina e comprometer a adesão com o substrato dentinário (Belizário et al., 2019; Alencar et al., 2021).

O uso de substâncias antioxidantes pode minimizar os efeitos deletérios dos radicais livres sobre a interface adesiva, porém com uma ação mais pontual e localizada, sem significativa difusão na dentina (Leandrin et al., 2020). A irrigação final com a energização mecânica de uma substância quimicamente inerte pode ser uma opção para minimizar os efeitos deletérios dos resíduos do hipoclorito de sódio, presentes tanto na superfície dentinária como também intra-dentinária, e restabelecer os parâmetros ideais de hidratação com os sistemas de cimentação que utiliza o adesivo etch-and-rinse e cimento resinoso convencional (Ramos et al., 2018; Alencar et al., 2021).

O XP Endo Finisher é um inserto mecanicamente ativado e recentemente introduzido no arsenal endodôntico, para a energização da solução irrigadora nos procedimentos de irrigação dos canais radiculares (Bao et al., 2017; Machado et al., 2021). É manufaturado com uma liga especial de NiTi, que altera a sua orientação molecular da forma martensite para a austenite quando previamente aquecido, conferindo uma maior flexibilidade e potencial de remoção de resíduos do canal radicular (Bao et al., 2017). O XP Clean é outro inserto e similar ao XP Endo Finisher, porém inexistem estudos que avaliem seu potencial de remoção de resíduos, tanto do canal radicular como também do espaço para pino.

O Easy Clean é outro dispositivo recomendado para a energização da solução irrigadora, mas manufaturado com material plástico, com maleabilidade e flexibilidade

diferentes do proporcionado pelo aço NiTi (Souza et al., 2019). Este inserto é acionado com movimentos reciprocantes, girando apenas sobre o seu próprio eixo, sem aumento da amplitude de vibração (Simezo et al., 2017).

Por outro lado, a irrigação ultrassônica passiva (PUI) é recomendada para a irrigação final dos canais radiculares, pois proporciona a propagação de corrente microacústica gerando efeitos cavitacionais, na solução irrigadora e formam microbolhas que implodem em contato com a superfície dentinária, proporcionando satisfatória remoção de debris (van der Sluis et al., 2007; Robison et al., 2018).

Portanto, a energização de substâncias irrigadoras inertes pode ser uma estratégia complementar para minimizar os efeitos deletérios da solução de hipoclorito de sódio sobre a interface de adesão dos sistemas de cimentação que envolvem o mecanismo de hibridização com o substrato dentinário, mas há carência de análises a respeito desta hipótese, principalmente envolvendo os diferentes mecanismos e insertos para esta ativação.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos dos protocolos de irrigação final convencional ou meio da energização mecânica da água destilada com os insertos XP Endo Finisher, XP Clean ou com a irrigação ultrassônica passiva, após a terapia fotodinâmica com o azul de metileno a 0.01% e neutralização com a solução de hipoclorito de sódio a 2.5%, sobre a resistência de união e padrão de falha adesiva do sistema de cimentação de pino de fibra com o adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose) e o cimento resinoso convencional (Relyx ARC), na dentina radicular dos terços cervical, médio e apical do espaço para pino. As hipóteses testadas foram: H₀₁ - A energização mecânica da água destilada após a terapia fotodinâmica com o azul de metileno a 0.01% e irrigação com o hipoclorito de sódio a 2.5% não tem efeitos sobre a resistência de união do sistema de cimentação resinoso convencional e H₀₂ - O padrão de falha adesiva do sistema de cimentação na interface de adesão são similares após os protocolos de irrigação.

2. Material e métodos

2.1. Preparo das amostras

Noventa dentes conóides anteriores bovinos, com anatomia radicular semelhante, foram obtidos e previamente selecionados, imersos em solução salina e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento de uso. As raízes foram transversalmente seccionadas com disco diamantado adaptado em máquina de corte de tecidos (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Buff,

IL, USA) e padronizadas com comprimento de 21 mm a partir do ápice radicular.

O tratamento dos canais radiculares foi realizado por um único operador, conforme descrito por Aranda-Garcia et al., [2013]. Após o corte cervical da obturação do canal radicular, o acesso cervical foi restaurado provisoriamente com cimento de ionômero de vidro (Maxxion R; FGM, Joinville, SC, PR, BR). Os espécimes foram armazenados a 37°C, a 100% de umidade, por 7 dias. Após a remoção do ionômero de vidro, o espaço para pino foi preparado utilizando as brocas de Largo #1 e #2 (Dentsply Maillefer; Ballaigues, Jura-Nord Vaudois, Switzerland) e finalizada com a broca #2 (White Post DC; FGM, Joinville, SC, BR), no comprimento de 18 mm, a partir da face cervical radicular. Em seguida, o espaço para pino foi irrigado com 5 mL de água destilada, aspirado e seco com pontas de papel absorvente.

2.2. Terapia Fotodinâmica

O espaço para pino foi preenchido com a solução de azul de metileno a 0.01% (Chimiolux; DMC, São Carlos, SP, BR) e mantido em repouso por 3 min, com o acesso cervical radicular vedado com uma lâmina de alumínio (Wyda; São José dos Campos, SP, BR). Em seguida, o espécime foi submetido à irradiação com dispositivo de diodo laser (Therapy XT; DMC, São Carlos, SP, BR), de 100 mW de input, com comprimento de onda de 660 nm e programado com 9 J (320 J/cm²), acoplado com uma fibra óptica de 300 µm de diâmetro.

A solução de azul de metileno a 0.01% foi submetida a irradiação por 90 s, por meio da fibra óptica inicialmente introduzida no comprimento total do espaço para pino e, posteriormente em movimentos helicoidais ápico-cervical, com 3 mm de amplitude. Imediatamente após a irradiação, o espaço para pino foi submetido a irrigação convencional com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2.5% e posteriormente submetidos a um dos protocolos de irrigação mecanicamente energizado, aspirado com uma cânula endodôntica (Capillary Tips; Ultradent, South Jordan, UT, USA) e seco com pontas de papel absorvente.

2.3. Protocolo de irrigação

Noventa espécimes foram utilizados nesta avaliação, distribuídos em 6 grupos ($n = 15$) experimentais, de acordo com o protocolo de irrigação mecanicamente energizado para a remoção do azul de metileno a 0.01% e 1 grupo controle, sem terapia fotodinâmica: CEI - Irrigação endodôntica convencional: O espaço para pino foi irrigado com 15 mL de solução de água destilada, por meio de cânula de irrigação (Navitip 29G; Ultradent, Indaiatuba, SP,

BR), introduzida a 3 mm aquém do comprimento total do espaço para pino (15 mm), durante 1 minuto, com discretos movimentos de 2mm, no sentido ápico-cervical;

PUI - Ativação ultrassônica passiva: O espaço para pino foi preenchido com a água destilada e energizado por meio de um inserto (Irrisonic E1; Helse Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, BR), adaptado em equipamento ultrassônico (Piezon 150; Electron Medical Systems, Nyon, SUI), na potência de 10%, introduzido no espaço para pino a 2mm do comprimento total (16 mm), por 20 segundos. Este procedimento foi repetido por mais 2 ciclos, totalizando 3 ciclos de ativação de 20 segundos cada;

XPF - Ativação com XP Endo Finisher (FKG Dentaire; Madrid, ESP): Após a remoção da embalagem, o blister contendo dispositivo foi refrigerado com spray para teste de sensibilidade pulpar (Endo Ice; Maquira, Maringá, PR, BR). Simultaneamente, o canal radicular foi preenchido com água destilada previamente aquecida a 37 °C. Após a adaptação do dispositivo no contra-ângulo de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), o inserto foi inserido em toda a extensão do espaço para pino e ativado na velocidade de 1.000 rpm, com 1 N de torque, continuamente por 1 minuto;

XPC - Ativação com XP Clean (MKLife; Porto Alegre, RS, BR): similar ao descrito no protocolo XPF, porém utilizando o dispositivo XP Clean;

ECL - Ativação com Easy Clean (Easy; Belo Horizonte, MG, BR); O dispositivo foi previamente calibrado em régua calibradora (Maillefer, Pirassununga, SP, BR), mantendo o D0 similar ao da #50 LK. O espaço para pino foi preenchido com a água destilada e, após o inserto ser inserido no comprimento total do espaço para pino, foi ativado por meio de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), previamente programado com movimento de rotação alternada, em 50° no sentido horário e 170° no sentido horário, por 1 minuto continuamente.

NCO - Controle: O espaço para pino foi apenas irrigado com 15 mL de água destilada e não submetido à terapia fotodinâmica.

Após a realização de todos os protocolos, o espaço preparado foi aspirado e seco com pontas de papel absorvente.

2.4. Cimentação do pino de fibra

Os espécimes foram distribuídos em 6 grupos (n=15), de acordo com o protocolo de irrigação. O espaço preparado foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos e irrigada com água destilada por 30 segundos. A dentina foi então cuidadosamente seca com

pontas de papel absorvente (Maillefer, Dentsply Sirona, York, PA, EUA). O sistema adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foi aplicado no espaço preparado e fotopolimerizado por 20 s. A superfície externa do pino de fibra (White Post DC # 1; FGM, Joinville, SC, BR) foi limpa com álcool 95% e condicionado com ácido fosfórico 37% (Condac 37; FGM, SC, BR) por 1 min. Silano (Prosil; FGM, Joinville, SC, BR) e um adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foram posteriormente aplicados e fotopolimerizados por 60 s (Valo; Ultradent, Salt Lake, UT, EUA). O cimento resinoso dual convencional (RelyX ARC; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foi manuseado de acordo com as recomendações do fabricante e inserido no espaço do pino. Em seguida, o pino de fibra de vidro foi posicionado e fotoativado por 40 s de cada lado do corpo de prova. Os espécimes foram armazenados em óleo mineral (Nujol; Matecorp Farmasa, São Paulo, SP, BR) por 6 meses a 37 ° C. A Tabela 1 mostra o nome comercial, a origem e o fabricante dos produtos utilizados.

2.5. Resistência de união

2.5.1. Teste de push-out

As raízes foram colocadas verticalmente dentro de uma matriz de cloreto de polivinila. Essas matrizes foram preenchidas com resina de poliéster (Maxi Rubber, Diadema, SP, Brasil) até 16mm de altura para deixar 1mm do terço cervical fora da inclusão (Ramos et al. 2018). Após 24 horas, os corpos de prova foram retirados das matrizes e seccionados transversalmente com serra diamantada acoplada a cortadora de precisão resfriada a água (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA). Foram obtidos três cortes com 2 mm $\pm$ 1mm de espessura dos terços apical, médio e cervical do espaço do pino. Cortes cervical, médio e apical foram obtidos a 3,9 e 15mm da superfície cervical da raiz. Irregularidades foram removidas usando lixas de carboneto de silício 1200-grit (Norton, São Paulo, SP, Brasil).

2.5.2. Incidência de falha adesiva

Após o teste de resistência de união por push-out, cada corpo de prova foi padronizado em sua superfície com lixa d'água nº 600 e nº 1200 (Norton, Lorena, SP, BR). Os corpos de prova foram lavados com água destilada e a superfície cervical polida com óxido de alumínio com granulometria de 30 μ m (Arotec, São Paulo, SP, BR). Em seguida, os corpos de prova foram imersos em água destilada e agitados em cuba ultrassônica (Cristófoli, Campo Mourão,

PR, EUA) por 10 min. Em seguida, os corpos de prova foram secos por spray de ar e fixados horizontalmente em lâmina de vidro. Para determinar os tipos de falha em cada terço, os espécimes foram avaliados em estereomicroscópio com aumento de 10x e classificados de acordo com Ramos et al. [] em: tipo 1 (adesivo 1) - falha entre o pino de fibra e o cimento; tipo 2 (adesivo 2) - falha entre a dentina e o cimento; tipo 3 (coesivo) - falha no cimento; e tipo 4 (misto) - vários tipos de falhas combinados. A Figura 1 mostra as características do tipo de falha.

2.6. Análise estatística

Os dados obtidos na avaliação da resistência de união foram inicialmente submetidos ao teste de Shapiro Wilk e posteriormente ao teste de ANOVA One-way, seguido pelo pós-teste de Tukey. O nível de significância considerado neste estudo foi de 5% ($p = 0.05$). Os dados obtidos no teste de falha adesiva foram avaliados qualitativamente e a análise foi descritiva.

3. Resultados

3.1. Resistência de união

PUI, XPF e XPC protocolo final de irrigação energizado mecanicamente demonstraram os maiores valores de resistência e similar ao NCO, independentemente do terço do espaço para pino avaliado ($P < 0.05$), porém não houve diferenças entre eles ($P > 0.05$). CEI e ECL protocolo final de irrigação energizado demonstraram similares valores de resistência de união, independentemente do terço avaliado ($P > 0.05$).

A tabela 2 demonstra a média aritmética e desvio padrão dos valores de resistência de união (em MPa) do sistema de cimentação de pino de fibra com adesivo etch-and-rinse e cimento resinoso convencional (Adper Scotchbond Multipurpose e Relyx ARC) nos terços cervical, médio e apical do espaço para pino após a irrigação com água destilada e energização mecânica.

3.2. Tipo de falha adesiva

CEI e ECL protocolo final de irrigação energizado demonstraram maior incidência de falha adesiva. Por outro lado, PUI, XPF, XPC e NCO demonstraram maior incidência de falha mista e coesiva.

A figura 2 demonstra a incidência de falha adesiva, nos terços do espaço para pino, em função dos protocolos de irrigação final com energização mecânica.

4. Discussão

A energização da água destilada por meio dos insertos XP Endo Finisher, XP Clean e PUI proporcionaram valores de resistência de união do sistema de cimentação com o adesivo etch-and-rinse e cimento resinoso convencional similares ao NCO, porém maiores que os demonstrados com os insertos Easy Clean ou pela irrigação endodôntica convencional. Em adição, os padrões de falha adesiva foram diferentes entre os protocolos de irrigação. Portanto, as hipóteses H_{01} e H_{02} foram rejeitadas.

A terapia fotodinâmica é uma alternativa para auxiliar o controle microbiano nos casos de eventual contaminação bacteriana durante o preparo intra-radicular para pino de fibra (Ramos et al., 2018b). A incidência de laser, em um comprimento de onda de 660 nm sobre corante azul de metileno a 0.01%, é o sistema rotineiramente recomendado (Singh et al., 2015; Plotino et al., 2019). Entretanto, como este corante possui a tendência de alterar a coloração da estrutura dentária (Figueiredo et al., 2014; Costa et al., 2016), algumas estratégias são recomendadas para prevenir e/ou recuperar a coloração original do dente (Carvalho et al., 2011; Ramalho et al., 2017; Alencar et al., 2021).

Diversas soluções são recomendadas como agente de irrigação final após a terapia fotodinâmica (Ramalho et al., 2017; Alencar et al., 2021). Entretanto, a dissociação química do azul de metileno após a fotossensibilização e/ou da solução de hipoclorito de sódio origina radicais oxidativos que promove efeitos negativos sobre a interface de adesão entre a dentina radicular e os sistemas de cimentação de pinos de fibra (Belizário et al., 2019; Alencar et al., 2021). Portanto, é crucial que após a terapia fotodinâmica, o espaço para pino seja copiosamente irrigado com alguma substância desprovida de efeitos oxidantes ou que neutralize os radicais oxidativos liberados para a neutralização do azul de metileno (Haragushiku et al., 2015).

No presente estudo, o teste de push out foi utilizado para avaliar os efeitos dos protocolos de energização da água destilada sobre a interface de adesão (Silva et al., 2021; Oliveira et al., 2018). Esta metodologia é oportuna, pois exerce uma força de microcissalhamento, no sentido de apical para cervical, com os túbulos dentinários da dentina radicular direcionados transversalmente ao eixo de deslocamento do conjunto pino de fibra e sistema de cimentação, caracterizando as condições clínicas de falhas adesivas (Lorenzetti et al., 2019; Pane et al., 2021).

A força de deslocamento foi realizada com ponta de inserto do push out de diâmetros compatíveis a cada terço do espaço para pino (Pereira et al., 2019; Silva et al., 2021). Portanto, diferentes diâmetros foram utilizados, a fim de padronizar a área de contato do ponta de inserto

do push out entre 70% a 90% com superfície do conjunto pinode fibra e sistema de cimentação (Pane et al., 2021). Em função deste parâmetro, somente realizamos as avaliações entre os mesmos terços do espaço para pino, em que foram utilizados idênticos diâmetros das pontas de inserto do push out (Belizário et al., 2019; Pereira et al., 2019).

A água destilada foi selecionada como agente de irrigação final devido à praticidade clínica e não possuir efeitos oxidantes que possam ter efeitos adversos sobre a interface de adesão (Haragashiku et al., 2015; Alencar et al., 2021; Silva et al., 2021). Por outro lado, como também não possui atividade redutora sobre os radicais oxidativos (Figueiredo et al., 2014; Plotino et al., 2019), qualquer efeito observado estaria diretamente relacionado com a ação mecânica dos insertos de energização da solução.

O CEI demonstrou menor valor de push out que o protocolo controle (NCO), caracterizando que as estratégias utilizadas na terapia fotodinâmica podem influenciar negativamente sobre a adesão do adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond multipurpose) (Alencar et al., 2021). Curiosamente, a energização com o inserto Easy Clean também demonstrou menor valor que NCO e similar ao CEI.

O ácido hipocloroso é um subproduto da dissociação iônica da solução de hipoclorito de sódio, que origina oxigênio *singlete* e cloro (Kuga et al., 2011; Belizário et al., 2019). A molécula de oxigênio interfere negativamente sobre o grau de conversão, polimerização e adesão dos compostos resinosos e ocupa espaço, tanto intra-tubular ou entre as fibras colágenas, prejudicando a hibridização do adesivo etch-and-rinse na dentina radicular (Ramos et al., 2018a; Miyazaki et al., 2019).

Como a água destilada foi utilizada como agente de irrigação final em todos os protocolos de irrigação, é presumível que os resultados favoráveis obtidos com a energização por meio do XP Endo Finisher, XP Clean e a PUI estejam relacionados com fenômenos físicos locais, tais como a intensa agitação e efeitos de cavitação na solução irrigadora, que proporcionaram o deslocamento e remoção do oxigênio *singlete* da superfície dentinária (Van der Sluits et al., 2007; Robison et al., 2018; de Deus et al., 2019).

O XP Endo Finisher é um inserto composto de uma liga especial de NiTi Max-wire, equivalente a um instrumento 25/.00, que em temperatura ambiente é mantida na fase martensite e, quando exposto a temperatura próxima a 37°C sua estrutura metálica é alterada para a fase austenita (Pingping et al., 2018). Esta mudança de fase cristalina do metal faz com que o inserto adquira a forma de colher, com o comprimento de aproximadamente 10 mm da extremidade apical e com 1.5 mm de amplitude (Machado et al., 2021). Uma vez que em nosso

estudo, o inserto foi acionado a 1,000 rpm, por 1 min, possivelmente a intensa agitação da água destilada incrementou a remoção de resíduos da solução de hipoclorito de sódio e seus subprodutos (Machado et al., 2021; Zhou et al., 2021). Em adição, como este protocolo de energização também favorece a difusão da solução irrigadora em até 50 μm na dentina radicular, a eventual persistência de moléculas de oxigênio singlete possivelmente foram removidas, permitindo uma melhor hibridização do adesivo etch-and-rinse, justificando a similaridade dos valores de resistência de união com o demonstrado pelo grupo não submetido a terapia fotodinâmica (Azim et al., 2016). Os resultados demonstrados pelo XP Clean podem ser atribuídos devido à similaridade com o XP Endo Finisher.

A irrigação ultrassônica passiva (PUI) proporciona satisfatória remoção de debris e smear layer da dentina radicular (van der Sluis et al., 2017; Virdee et al., 2018). Em função dos fenômenos de cavitação proporcionado pela propagação de ondas ultrassônicas na solução irrigadora, borbulhas são formadas e que tendem a impactar com a dentina e gerar uma força de cisalhamento que desloca resíduos da superfície, além de favorecer a penetrabilidade intradentinária, em aproximadamente 50 a 100 μm (Kuga et al., 2011; van der Sluis et al., 2017). Consequentemente, o oxigênio singlete tende a ser removido do local crítico para que ocorra uma satisfatória hibridização e similaridade dos resultados com os demonstrados pelo XP Endo Finisher e XP Clean (Simezo et al., 2017; Souza et al., 2019).

Como o inserto Easy Clean foi utilizado na cinemática recíprocante, com velocidade de 300 rpm, a intensidade de agitação proporcionada possivelmente foi menor que a dos demais protocolos e, consequentemente permitiu maior persistência de oxigênio singlete na dentina do espaço para pino, que ao comprometer o grau de conversão dos compostos resinosos, reduziram a resistência de união do sistema de cimentação (Souza et al., 2019; Alencar et al., 2021).

A análise do padrão de falha adesiva auxilia na interpretação dos resultados obtidos no teste de push out (Lorenzetti et al., 2019; Pereira et al., 2019). A maior incidência de falha coesiva em XPF, XPC e PUI fortalecem as afirmações discutidas em relação aos valores obtidos no teste de push out. Por outro lado, a falha adesiva 2 foi a mais frequente em CEI e ECL, possivelmente devido à persistência de radicais oxidativos na dentina radicular.

Apesar das interessantes informações obtidas neste estudo, como o diâmetro do espaço para pino foi relativamente amplo, equivalente ao da broca de Largo #2, os fenômenos físicos da energização da água destilada foram favorecidos. Por outro lado, o sistema de cimentação convencional com o adesivo etch-and-rinse também é mais sensível à presença de radicais oxidativos. Portanto, estas considerações podem ser compreendidas como vieses do estudo,

sendo necessário análises complementares em espaço para pino com menor diâmetro e /ou com outros tipos de sistema de cimentação de pino de fibra.

5. Conclusão

A energização mecânica da água destilada com os insertos XP Endo Finisher, XPClean ou por meio da irrigação ultrassônica passiva, após a terapia fotodinâmica com o azul de metileno a 0.01% e irrigação com o hipoclorito de sódio a 2.5%, restabelece a resistência de união do sistema de cimentação resinoso, com o adesivo etch-and-rinse e cimento convencional, na dentina do espaço para pino.

Referências

1. A.T.P.R. Ramos, L. Garcia Belizário, A.C. Venção, K.C. Fagundes Jordão-Basso, A.N. de Souza Rastelli, M.F. de Andrade, M.C. Kuga, Effects of Photodynamic Therapy on the Adhesive Interface of Fiber Posts Cementation Protocols, *J. Endod.* 44 (2018) 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.035>.
2. Haragushiku GA, Back EDEE, Tomazinho PH, Baratto Filho F, Furuse AY. Influence of antimicrobial solutions in the decontamination and adhesion of glass-fiber posts to root canals (2015). *J Appl Oral Sci* 23(5):436-441. doi:10.1590/1678-775720150005.
3. A.T.P.R. Ramos, L.G. Belizário, K.C.F. Jordão-Basso, A.L. Shinohara, M.C. Kuga, Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface using two fiberposts cementation systems, *Photodiagnosis Photodyn. Ther.* 24 (2018) 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2018.08.017>.
4. A.C. Trindade, J.A.P. De Figueiredo, L. Steier, J.B.B. Weber, Photodynamic Therapy in Endodontics: A Literature Review, *Photomed. Laser Surg.* 33 (2015) 175–182. <https://doi.org/10.1089/pho.2014.3776>.
5. K.M. Ramalho, S.R. Cunha, E. Mayer-Santos, C. de P. Eduardo, P. Moreira de Freitas, A.C.C. Aranha, C. Moura-Netto, In vitro evaluation of methylene blue removal from root canal after Photodynamic Therapy, *Photodiagnosis Photodyn. Ther.* 20 (2017) 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2017.10.024>.
6. Kuga MC, Gouveia-Jorge É, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Bonetti-Filho I, Faria G. Penetration into dentin of sodium hypochlorite associated with acid solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Dec;112(6):e155-9. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.05.040.
7. Alencar CM, Costa JLSG, Jassé FFA, Campos EA, Dantas AAR, Kuga MC. Evaluation of various methods of methylene blue removal from the post space after photodynamic therapy on the bonding interface using different resin cementation systems. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021 Mar 24;34:102264. doi: 10.1016/j.pdpdt.2021.102264.
8. Belizário LG, Kuga MC, Hungaro Duarte MA, Só MVR, Keine KC, Pereira JR. Effect of fiber post space irrigation with different peracetic acid formulations on the bond strength and penetration into the dentinal tubules of self-etching resin cement. *J Prosthet Dent.* 2019 Jul;122(1):46.e1-46.e7. doi:10.1016/j.prosdent.2019.03.020.
9. Leandrin TP, Alencar CM, Victorino KR, Dantas AA, Lima RO, Martins JC, Zaniboni JF,

- de Campos EA, Kuga MC. Is alpha-Tocopherol or Sodium Ascorbate Effective as Antioxidant on Fracture Resistance of Bleached Teeth? *J Contemp Dent Pract.* 2020.
10. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *J Endod.* 2017 Feb;43(2):321-325. doi: 10.1016/j.joen.2016.09.021.
 11. Machado R, da Silva I, Comparin D, de Mattos BAM, Alberton LR, da Silva Neto UX. Smear layer removal by passive ultrasonic irrigation and 2 new mechanical methods for activation of the chelating solution. *Restor Dent Endod.* 2021 Jan 26;46(1):e11. doi: 10.5395/rde.2021.46.e11.
 12. Souza CC, Bueno CE, Kato AS, Limoeiro AG, Fontana CE, Pelegri RA. Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. *J Conserv Dent.* 2019 Mar-Apr;22(2):155-159. doi:10.4103/JCD.JCD_387_18.
 13. Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, Pelegri RA, Rocha DG, de Martin AS, Kato AS. Comparative Analysis of Dentinal Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *J Endod.* 2017 Jan;43(1):141-146. doi: 10.1016/j.joen.2016.09.016.
 14. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007 Jun;40(6):415-26. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x.
 15. Robinson JP, Macedo RG, Verhaagen B, Versluis M, Cooper PR, van der Sluis LWM, Walmsley AD. Cleaning lateral morphological features of the root canal: the role of streaming and cavitation. *Int Endod J.* 2018 Jan;51 Suppl 1:e55-e64. doi: 10.1111/iej.12804.
 16. A.J. Aranda-garcia, M.C. Kuga, K.R. Vitorino, M. Antonio, H. Duarte, Effect of the Root Canal Final Rinse Protocols on the Debris and Smear Layer Removal and on the Push-Out Strength of an Epoxy-Based Sealer, *Microsc. Res. Tech.* 537(2013) 533–537. <https://doi.org/10.1002/jemt.22196>.
 17. M.G. Magro, M.C. Kuga, K.R. Victorino, G. Faria, K.C. Keine, Effectiveness of several solutions to prevent the formation of precipitate due to the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine and its effect on bond strength of an epoxy-based sealer, *Int. Endod. J.* (2014) 1–6. <https://doi.org/10.1111/iej.12337>.
 18. G. Plotino, N.M. Grande, M. Mercade, Photodynamic therapy in endodontics, *Int. Endod. J.* 52 (2019) 760–774. <https://doi.org/10.1111/iej.13057>.

19. S. Singh, R. Nagpal, N. Manuja, S.P. Tyagi, Photodynamic therapy: An adjunct to conventional root canal disinfection strategies, *Aust. Endod. J.* 41 (2015) 54– 71. <https://doi.org/10.1111/aej.12088>.
20. R.A. Figueiredo, L.C. Anami, I. Mello, E.D.S. Carvalho, S.M. Habitante, D.P. Raldi, Tooth discoloration induced by endodontic phenothiazine dyes in photodynamic therapy, *Photomed. Laser Surg.* 32 (2014) 458–462. <https://doi.org/10.1089/pho.2014.3722>.
21. L.M. Costa, F.D.S. Matos, A.M.Y.D.O. Correia, N.C. Carvalho, A.L. Faria-E- Silva, L.R. Paranhos, M.A.G. Ribeiro, Tooth color change caused by photosensitizers after photodynamic therapy: An in vitro study, *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.* 160 (2016) 225–228. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.04.019>.
22. E.D.S. Carvalho, I. Mello, S.J. Albergaria, S.M. Habitante, J.L. Lage-Marques, D.P. Raldi, Effect of chemical substances in removing methylene blue after photodynamic therapy in root canal treatment, *Photomed. Laser Surg.* 29 (2011) 559–563. <https://doi.org/10.1089/pho.2010.2922>.
23. Silva A., Alencar CM., Jassé FA., Pedrinha V., Zaniboni J., Dantas A., de CamposE., Kuga M. Effect of post-space irrigation with acid solutions on bond strength and dentin penetrability using a self-adhesive cementation system. *J Clin Exp Dent* 2021 June 1; 13 (6): e564-e571.
24. Oliveira LV, Maia TS, Zancopé K, Menezes MS, Soares CJ, Moura CCG. Can intra-radicular cleaning protocols increase the retention of fiberglass posts? A systematic review (2018). *Braz Oral Res.* 15;32:e16. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0016.
25. Pane ES, Palamara JE, Messer HH. Critical evaluation of the push-out test for rootcanal filling materials (2013). *J Endod.* 2013 May;39(5):669-73. doi: 10.1016/j.joen.2012.12.032.
26. Lorenzetti CC, Bortolatto JF, Ramos ATPR, Shinohara AL, Saad JRC, Kuga MC. The effectiveness of glass ionomer cement as a fiber post cementation system in endodontically treated teeth. *Microsc Res Tech.* 2019 Jul;82(7):1191-1197. doi: 10.1002/jemt.2326
27. Pereira KF, Vencão AC, Magro MG, Belizário LG, Porto TS, Andrade MF, Duarte MAH, Kuga MC. Effect of endodontic retreatment on the bond strength of resin cements to root canal dentin. *Am J Dent.* 2019 Jun;32(3):147-151.
28. Miyazaki M, Onose H, Iida N, Kazama H. Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2003 May;19(3):245-51. doi: 10.1016/s0109-5641(02)00039-8.

29. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Perez R, Carvalho MS, Souza EM, Lopes RT, Silva EJNL. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig*. 2019Jul;23(7):3087-3093. doi: 10.1007/s00784-018-2729-y.
30. Zhou J, Liu T, Guo L. Effectiveness of XP-Endo Finisher and passive ultrasonic irrigation on intracanal medicament removal from root canals: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2021 Jun 9;21(1):294. doi: 10.1186/s12903-021-01644-7.
31. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *J Endod*. 2016Jun;42(6):928-34. doi: 10.1016/j.joen.2016.03.009.
32. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2018Jun;51(6):605-621. doi: 10.1111/iej.12877.

FIGURAS

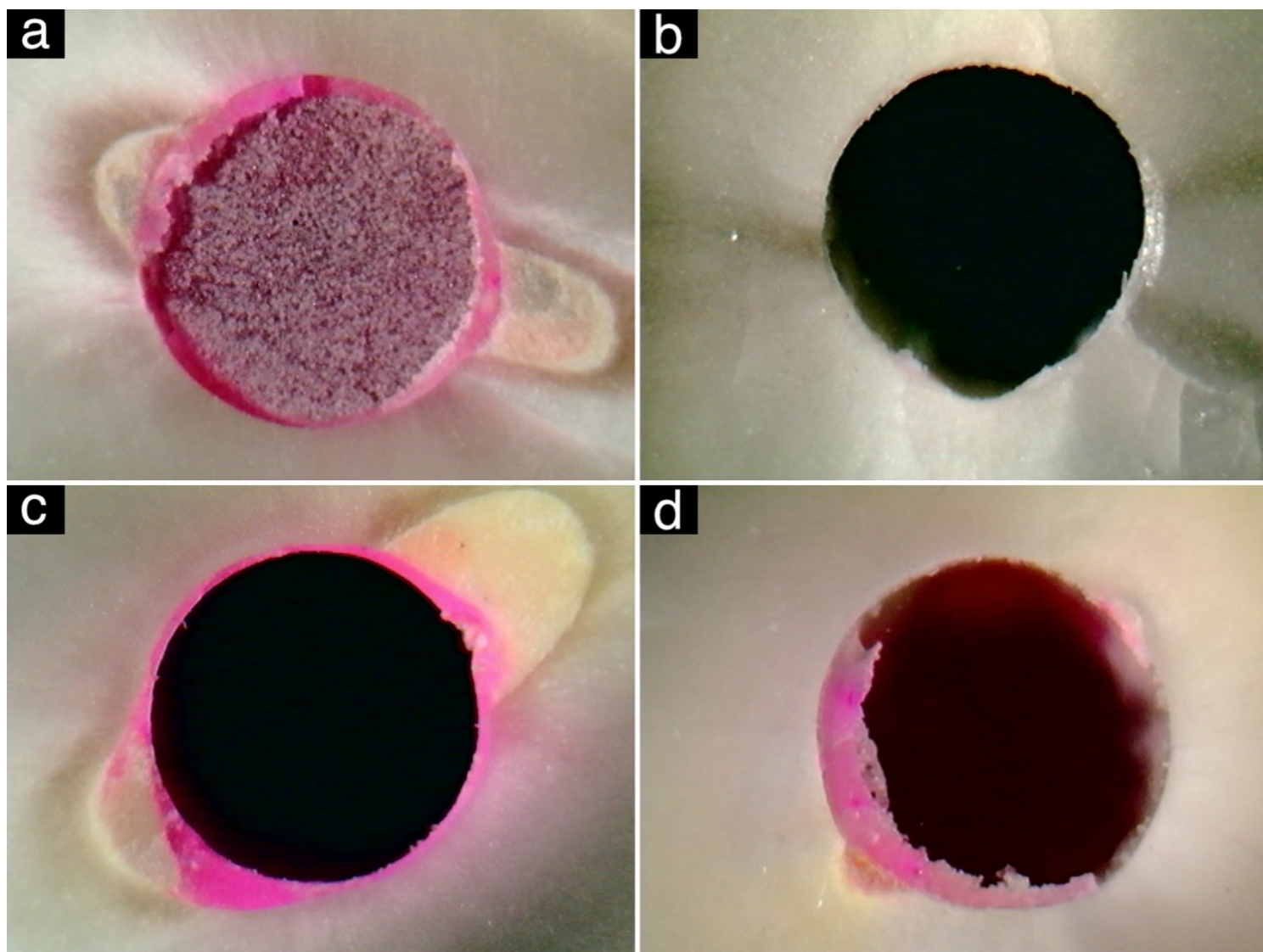
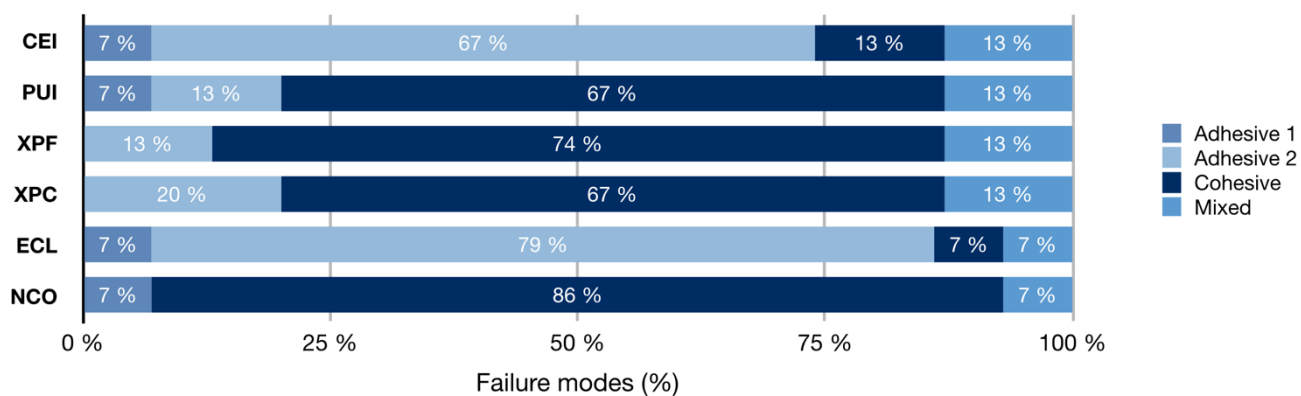
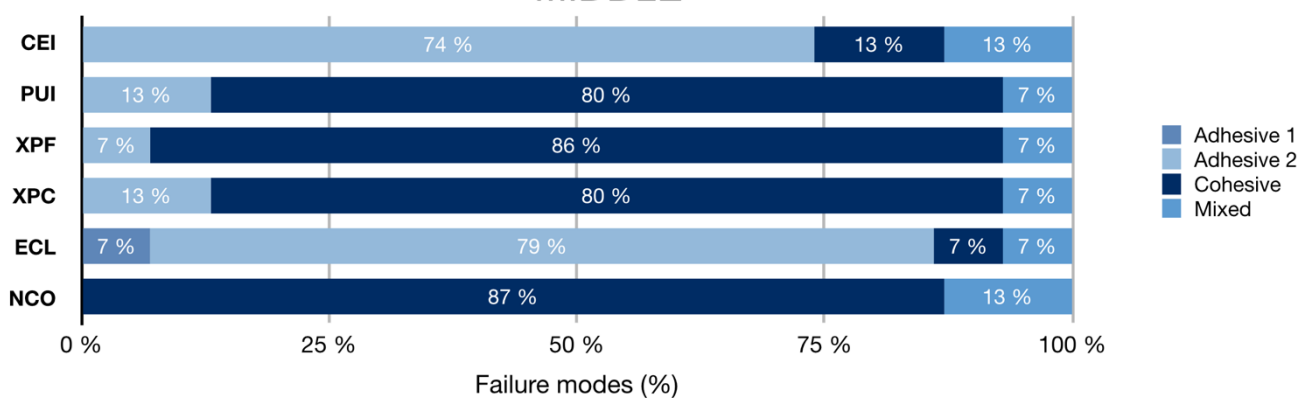


Figura 1. Representativo das características das imagens dos modos de falha. **a)** tipo 1 (adesivo): entre o pino de fibra e o cimento; **b)** tipo 2 (adesivo): entre a dentina e o cimento; **c)** tipo 3 (coesivo) dentro do cimento; **d)** tipo 4 (misto) quando os dois tipos de falha foram combinados. Ampliação: 10x.

CERVICAL



MIDDLE



APICAL

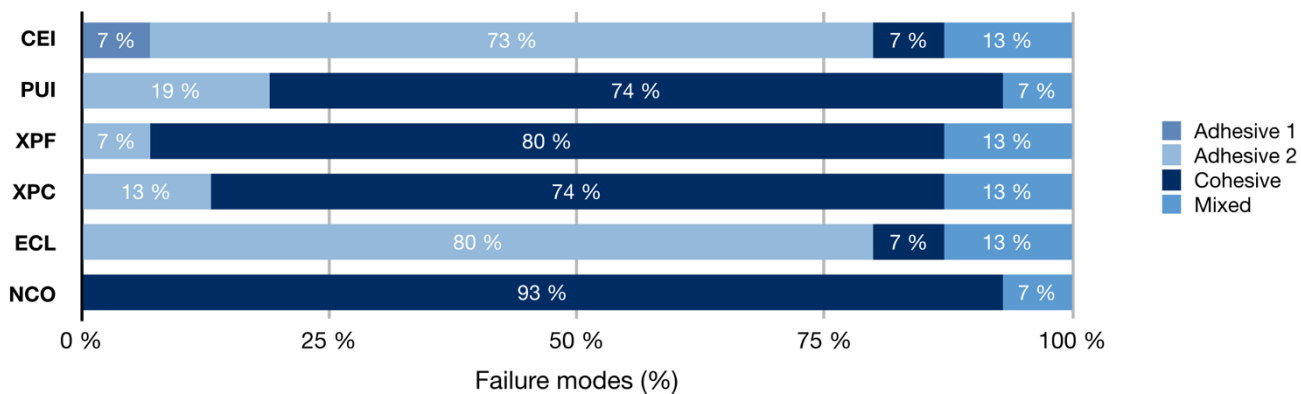


Figura 2. Incidência do tipo de falha adesiva de acordo com o protocolo de energização com água destilada, nos terços cervical, médio e apical pós-espaciais. CEI, irrigação endodôntica convencional; PUI, irrigação ultrassônica passiva; XPF, XP Endo Finisher; XPC, XP Clean; ECL, Easy Clean; e NCO, controle negativo.

TABELAS

Tabela 1. Composição dos materiais dentários utilizados durante os protocolos decimentação.

Materiais	Fabricante	Composição
Relyx ARC	3M ESPE, St Louis, MN, USA	Pasta A: BisGMA, TEGDMA, sílica tratada por silano, polímero funcionalizado de dimetacrilato, 2-benzotriazolil-4-metilfenol, 4-(dimetilamino)- benzenoetanol. Pasta B: cerâmica tratada por silano, TEGDMA, BisGMA, sílica tratada por silano, polímero funcionalizado de dimetacrilato, 2-benzotriazolil-4-metilfenol, peróxido de benzoíla (72/wt).
Adper Scotchbond Universal	3M ESPE, St Louis, MN, USA	Primer: HEMA, copolímero de ácido polialquenoico, água. Adesivo: BisGMA, HEMA, canforoquinona.

Tabela 2. Média e desvio-padrão dos valores de resistência de união (in MPa) do sistema de cimentação de pino de fibra, em função dos protocolos de energização da água destilada, nos terços do espaço para pino, após a terapia fotodinâmica e irrigação com hipoclorito de sódio a 2.5%.

	CEI	PUI	XPF	XPC	ECL	NCO
Cervical	10.95 ^b (1.37)	13.56 ^a (0.93)	13.61 ^a (0.89)	13.45 ^a (0.85)	11.01 ^b (0.83)	13.68 ^a (0.56)
Médio	10.10 ^b (0.96)	13.13 ^a (0.62)	13.51 ^a (0.77)	13.42 ^a (0.94)	10.22 ^b (1.02)	13.64 ^a (0.80)
Apical	9.44 ^b (0.61)	13.06 ^a (0.82)	13.27 ^a (0.86)	13.30 ^a (0.65)	10.13 ^b (1.21)	13.48 ^a (0.64)

3.2 Publicação 2

"Efeitos da agitação mecânica do hipoclorito de sódio sobre a interface de adesão entre o cimento à base de resina epóxi e dentina radicular"

Resumo

Objetivo: O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da agitação mecânica do hipoclorito de sódio a 2.5% (NaOCl) com a irrigação ultrassônica passiva (PUI), XP Endo Finisher (XPF), XP Clean (XPC) e Easy Clean (ECL), em comparação a irrigação endodôntica convencional (CEI), na incidência de resíduos e resistência de união e padrão de falha adesiva, nos terços cervical, médio e apical do canal radicular. *Materiais e métodos:* Cem raízes de dentes bovinos foram submetidas ao preparo químico-mecânico e posteriormente irrigados com o NaOCl e agitado pelos protocolos PUI, XPF, XPC ou ECL. Os terços cervical, médio e apical radicular foram analisados em microscopia eletrônica de varredura (500x). Cinquenta raízes foram identicamente preparadas e obturadas com o cimento base de resina epóxi (AH Plus). Os slices obtidos de cada um dos terços radiculares foram analisados por meio do teste de *push-out*. Os dados obtidos na análise de resíduos foram avaliados pelo teste de Kruskal Wallis e Dunn e o de *push-out* pela ANOVA a 1 critério e Tukey, ($\alpha = 5\%$). *Resultados:* Nos terços cervical e médio radicular, todos os protocolos demonstraram similar incidência de resíduos e resistência de união entre si ($P > 0.05$). No terço apical, ECL demonstrou a maior incidência de resíduos e menor resistência de união ($P < 0.05$). *Conclusão:* A agitação do 2.5% NaOCl com os protocolos XPF, XPC e PUI proporciona menor incidência de resíduos e maior valor de resistência de união do AH, em comparação ao protocolo com o Easy Clean, somente no terço apical radicular.

Palavras chaves: Adesão; Dentina; Endodontia.

Introdução

O preparo químico e mecânico dos canais radiculares é uma das etapas cruciais para o sucesso do tratamento endodôntico (Chubbe et al., 2019). Entretanto, após a realização desta etapa ocorre a precipitação de resíduos sobre a superfície dentinária, que podem ter efeitos negativos sobre a interface de adesão entre os materiais obturadores e a dentina radicular (Torabinejad et al., 2002; Haapasalo et al., 2010). Diversas substâncias irrigadoras já foram propostas para a remoção da smear layer, porém devido às possíveis interações químicas, principalmente com o hipoclorito de sódio, podem ocasionar danos estruturais na dentina (Biel et al., 2017; Tartati et al., 2018).

A agitação mecânica da solução irrigadora foi introduzida como protocolo de irrigação final com a finalidade de minimizar estes efeitos indesejáveis (Virdee et al., 2018). A irrigação ultrassônica passiva (PUI) favorece a remoção de resíduos da superfície dentinária, por meio de transferência de energia do inserto adaptado em uma fonte geradora de ultrassom para a solução irrigadora, gerando micro-bolhas formadas a partir da vibração e efeito cavitacional, que implodem na parede do canal radicular, desencadeando uma força de microcisalhamento e deslocamento de debris e/ou smear layer (van der Suis et al., 2007; Machado et al., 2021).

Ainda que este protocolo demonstre resultados interessantes e animadores, há a necessidade de equipamentos específicos para a sua utilização (van der Sluis et al., 2007). Com o propósito de simplificar o protocolo de irrigação, insertos de NiTi para adaptação em contra-ângulos convencionais tem sido recomendado, tais como o XP Endo Finisher e o XP Clean (Jayakumar et al., 2019; Machado et al., 2021).

O XP Endo Finisher é constituído de uma liga NiTi Max-wire (Bao et al., 2017). Possui a peculiaridade de alterar a sua forma cristalina metálica quando aquecida no interior do canal radicular, passando da fase martensite para a austenite (Machado et al., 2021). Sob rotação contínua, a sua extremidade apical adquire a forma de colher e proporciona intensa agitação da solução irrigadora, principalmente nos terços médio e apical radicular (Bao et al., 2017; Alakshar et al., 2020; Machado et al., 2021). O XP Clean, por ser similar a este inserto, praticamente apresenta a mesma performance clínica.

Por outro lado, todos os insertos anteriormente descritos são metálicos, que necessitam atuar livremente no canal radicular para que seus efeitos mecânicos e/ou acústicos sejam eficazes, além de ocasionarem danos estruturais acidentalmente atinjam a dentina (van der Sluis 2007; Kato et al., 2016). O inserto Easy Clean é uma haste plástica (acrilonitrilo butadieno estireno), com secção transversal losangular, e recomendada para agitar a solução irrigadora

com movimentos recíprocos, e de modo mais seguro evitando qualquer desgaste na dentina radicular (Kato et al., 2013).

Entretanto há carência de estudos que avaliem os efeitos dos eventuais resíduos que persistem sobre a superfície dentinária, após a irrigação final sob agitação destes diferentes insertos e protocolos de energização, sobre a resistência de união entre o cimento endodôntico à base de resina epóxi e os terços cervical, médio e apical do canal radicular.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da agitação mecânica da solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por meio da irrigação ultrassônica passiva (PUI), XP Endo Finisher (XPF), XP Clean (XPC) ou Easy Clean (ECL), em comparação a irrigação endodôntica convencional (CEI), sobre a incidência de resíduos na superfície dentinária, resistência de união e falha adesiva do cimento endodôntico à base de resina epóxi (AHP; AH Plus), nos terços cervical, médio e apical radicular. As hipóteses avaliadas foram: H₀₁: os protocolos de irrigação final com agitação mecânica da solução de hipoclorito de sódio a 2.5% proporcionam similar incidência de resíduos nos terços do canal radicular; H₀₂: A resistência de união (em MPa) e o padrão de falha adesiva da obturação endodôntica na dentina dos terços cervical, médio e apical radicular são similares após a agitação mecânica com os protocolos de irrigação descritos.

Materiais e métodos

Preparo das amostras

Cinquenta dentes conóides anteriores bovinos, com anatomia radicular semelhante, foram obtidos e previamente selecionados, imersos em solução salina e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento de uso. As raízes foram transversalmente seccionadas com disco diamantado adaptado em máquina de corte de tecidos (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Buff, IL, USA) e padronizadas com comprimento de 17mm a partir do ápice radicular.

Incidência de resíduos

Preparo dos espécimes

Cinquenta espécimes foram utilizados nesta avaliação. Após a padronização da extensão radicular, dois sulcos longitudinais foram realizados na superfície externa radicular, sendo um na face mesial e outro na face distal. Em seguida, os espécimes foram incluídos em uma matriz plástica contendo silicone para moldagem (Optosil Comfort Putty, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) e, após a reação de presa do material, foram removidos e em seguida clivados com auxílio de um cinzel cirúrgico (Kato et al., 2013).

Três cavidades foram confeccionadas com a ponta diamantada 1012 (KG Sorensen, Cotia, SP, BR), acionadas em alta rotação, sob refrigeração com água, na face vestibular da dentina do canal radicular, a 3,5mm, 8,5mm e 12,5mm, a partir do ápice radicular, correspondendo respectivamente aos terços apical, médio e cervical radicular.

Em seguida, as hemi-seções serão remontadas, coladas com cianoacrilato (Superbond; Loctite, São Paulo, BR) e novamente inseridas na matriz plástica contendo o molde de silicone. Na sequência, os canais radiculares preparados 1mm aquém do ápice radicular com instrumentos rotatórios (ProTaper; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), até o instrumento F5, de acordo com as recomendações do fabricante. A cada troca de instrumento foi realizada a irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%, conforme descrito por Aranda-Garcia et al., (2013).

Após a conclusão do preparo químico-mecânico dos canais radiculares, os espécimes foram divididos aleatoriamente em 5 grupos (n = 10), de acordo com o protocolo de irrigação final.

Protocolos de irrigação final

Após a conclusão do preparo químico-mecânico dos canais radiculares, os espécimes foram removidos da matriz plástica e uma imagem de cada cavidade, em seu respectivo terço radicular, foi previamente obtida. Após a remontagem dos espécimes nas matrizes plásticas, os espécimes foram submetidos a um dos seguintes protocolos de irrigação final:

PUI (Ativação ultrassônica passiva): O canal radicular foi preenchido com a solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e energizada por meio de um inserto (Irrisonic E1; Helse Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, BR), adaptado em equipamento específico (Piezon 150; Electron Medical Systems, Nyon, SUI), na potência de 10%, introduzido no canal radicular a 2mm do comprimento real de instrumentação, por 20 segundos. Em seguida, esta manobra foi repetida por mais 2 ciclos, totalizando 3 ciclos de ativação de 20 segundos;

XPF (agitação com XP Endo Finisher): Após a remoção do XP Endo Finisher (FKG Dentaire; Madrid, ESP) da embalagem, o blister contendo o inserto foi preenchido com spray para teste de sensibilidade pulpar (Endo Ice; Maquira, Maringá, PR, BR). Simultaneamente, o canal radicular foi preenchido com solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, previamente aquecida a 37 °C. Após a adaptação do inserto no contra-ângulo de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), foi imediatamente inserido no canal radicular, no comprimento real de instrumentação, e acionado com velocidade de 1.000 rpm, com 1 N de torque, por 1 minuto continuamente.

XPC (agitação com XP Clean): similar ao descrito no protocolo XPF, porém utilizando o inserto XP Clean (MKLife; Porto Alegre, RS, BR);

ECL (agitação com Easy Clean (Easy; Belo Horizonte, MG, BR); O dispositivo foi previamente calibrado em régua calibradora (Maillefer, Pirassununga, SP, BR) compatível com o D₀ similar ao do instrumento F5 (#50 LK). O canal radicular foi preenchido com a solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e, após o inserto inserido no comprimento real de instrumentação, acionado em um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), previamente programado com movimento de rotação alternada, em 50° no sentido horário e 170° no sentido anti-horário, continuamente por 1 minuto.

CEI - Irrigação endodôntica convencional: Os canais radiculares foram irrigados com 5 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, por meio de cânula de irrigação (Navitip 29G; Ultradent, Indaiatuba, SP, BR), introduzida a 3 mm aquém do comprimento real de trabalho (13 mm), durante 1 minuto, com discretos movimentos de 2mm, no sentido ápico-cervical. Após a aspiração, o canal radicular foi preenchido com EDTA a 17%, mantido por 3 min, e novamente irrigado com 5 mL de NaOCl a 2,5%.

Após a conclusão da irrigação final, os canais radiculares foram irrigados com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%, aspirados e secos com pontas de papel absorvente.

Análise microscópica

Duas imagens foram obtidas de cada local da análise, uma previamente e outra posterior ao protocolo de irrigação final do canal radicular. Os espécimes foram removidos da matriz plástica e a hemi-seção vestibular preparada para microscopia eletrônica de varredura. Cada hemi-seção foi colada com fita de carbono dupla face em um stub metálico, submetido à metalização com ouro-paládio e uma imagem de cada local previamente determinado dos terços apical, médio e cervical foram obtidos, com microscópio eletrônico de varredura (LEO 435VP, Carl Zeiss Microscopy Ltd, Cambridge, UK), na magnificação de 500x. A persistência de resíduos foi classificada de acordo com os parâmetros descritos por Kato et al. (Kato et al., 2013).

Push out bond strength

Cinquenta dentes anteriores conóides bovinos, de anatomia radicular e endodôntica semelhantes foram selecionados. As coroas foram removidas com ponta diamantada sob refrigeração (Medical burs Ind. And Com. Ltda, Cotia, São Paulo, Brazil), padronizando o comprimento da raiz em 17 mm. A extensão real de instrumentação foi definida a 1,0 mm

aquém do ápice radicular. O preparo químico mecânico dos canais radiculares e a divisão dos dentes em 5 grupos (n=10), foram realizados para a análise de presença de resíduos.

Todos os canais foram secos com pontas de papel absorvente e obturados com a técnica do cone único utilizando cone de gutta-percha F5 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Stwizerland) e com o cimento AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). A qualidade da obturação do canal radicular foi conferida por meio de tomadas radiográficas, e em seguida cortada no nível cervical e condensada.

As raízes foram mantidas em estufa a 37°C e 100% de umidade por 7 dias. Na sequência, as raízes foram verticalmente posicionadas e centralizadas em uma matriz plástica (16,5 de diâmetro X 15,0 mm de comprimento e preenchidas com resina poliéster Maxi Rubber, Diadema, SP, Brazil). Todos os espécimes foram mantidos intactos por 24 horas.

Após a desinclusão do conjunto das matrizes plásticas, o conjunto foi seccionado perpendicularmente no seu longo eixo, utilizando um disco diamantado adaptado em máquina de corte para tecidos duros (Isomet; Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA), sob refrigeração. Três secções foram obtidas, com espessura de 2.0 mm + 0.1, dos terços apical, médio e cervical de cada raiz. A secção cervical, média e apical foi obtida respectivamente a partir de 1,0 mm, 6,0 mm e 12,0 mm da face cervical da raiz. As obturações de cada um dos terços das raízes foram submetidas ao teste de push-out, em máquina de ensaio mecânico (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil), calibrada com velocidade de 0,5 mm/min, até que ocorra o completo deslocamento da obturação das paredes do canal radicular.

Um cilindro de aço inoxidável de 1,30 mm, 0,9 mm e 0,5 mm de diâmetro aplicando uma carga constante à compressão, na velocidade de 0,5 mm / min, foi posicionado respectivamente nos terços cervical, médio e apical do canal radicular. Os valores da força necessária para que ocorra o deslocamento da obturação foi obtida em N (Newton) e, posteriormente transformada em força de adesão (MPa) através da fórmula de acordo com Guiotti et al. (2014).

Padrão de falha adesiva

Após o teste de resistência de união, os tipos de falhas adesivas foram analisados com auxílio de estereomicroscópio, com magnificação de 10X (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany). Os tipos de fratura foram classificados de acordo com Huffman et al. (Huffman et al., 2009): fratura adesiva (entre a interface obturação e dentina), fratura coesiva (apresentada no interior da obturação) e fratura mista (combinação entre os dois outros tipos de fratura).

Análise estatística

Os dados obtidos na análise de persistência de resíduos foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis e Dunn. Os dados obtidos na avaliação de resistência de união foram inicialmente avaliados quanto a homocedasticidade por meio do teste de Shapiro Wilk e posteriormente submetidos, à ANOVA a 1 critério e ao teste de Tukey. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

Resultados

Incidência de debris

Nos terços cervical e médio do canal radicular, não houve diferença na incidência de resíduos entre os protocolos de irrigação ($P > 0.05$). No terço apical, os espécimes submetidos ao protocolo ECL demonstrou a maior incidência de resíduos em comparação aos demais protocolos de irrigação ($P < 0.05$). Por outro lado, a incidência de resíduos foi similar entre os demais protocolos de irrigação ($P > 0.05$).

A tabela 1 demonstra a mediana, valor mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartis dos escores atribuídos à incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em função do terço do canal radicular e do protocolo de irrigação utilizado. A figura 1 demonstra o padrão de incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em cada terço radicular, antes do uso dos protocolos de irrigação. A figura 2 demonstra o padrão de incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em função do terço radicular, após o uso dos protocolos de irrigação.

Push out bond strength

Nos terços cervical e médio do canal radicular, os valores de resistência de união do cimento resinoso à base de resina epóxi foram similares após o uso dos protocolos de irrigação ($P > 0.05$). No terço apical, PUI, XPF, XPC proporcionaram os maiores valores de resistência de união em relação aos demais protocolos ($P < 0.05$). O ECL proporcionou o menor valor de resistência de união em relação aos demais protocolos ($P < 0.05$).

A tabela 1 demonstra a média aritmética e desvio padrão dos valores da resistência de união (em MPa) do cimento resinoso à base de resina epóxi (AH Plus), após o uso dos protocolos de irrigação, nos terços do canal radicular.

Padrão de falha adesiva

A falha mista observada na obturação endodôntica foi a mais frequente nos terços cervical e médio do canal radicular, independentemente do protocolo de irrigação utilizado. O

padrão de fratura adesiva entre a obturação endodôntica e a dentina do terço apical radicular foi a mais frequente após o protocolo ECL.

A tabela 2 demonstra a incidência do padrão de fratura (em porcentagem), em função dos terços do canal radicular e protocolo de irrigação utilizado.

Discussão

O protocolo ECL proporcionou a maior incidência de resíduos e menor resistência de união do cimento contendo resina epóxi na dentina do terço apical radicular, em relação aos demais protocolos de irrigação. Portanto, H₀₁ e H₀₂ foram rejeitadas.

A eficiência na remoção de resíduos da superfície dentinária dos canais radiculares pelos métodos que utilizam a agitação mecânica são frequentemente avaliadas por meio de imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura (Elnagyh et al., 2017; Jayakumaar et al., 2019; Alakshar et al., 2020; Machado et al., 2021). Em nosso estudo também utilizamos esta metodologia, porém duas imagens foram realizadas do mesmo local, nos terços radiculares de cada espécime, sendo uma antes e outra após o uso do protocolo de irrigação, com o objetivo de verificar a presença prévia de debris e evitar uma interpretação equivocada do potencial de limpeza dos métodos de energização mecânica (Kato et al., 2013; Schmidt et al., 2015).

Para determinar o local exato das capturas das imagens, uma cavidade foi confeccionada na dentina de cada terço do canal radicular e as imagens microscópicas obtidas em menor magnificação (Kato et al., 2013). Por meio de um estudo piloto observamos que este recurso facilita a posterior localização do local onde foi obtida a imagem inicial (Aranda-Garcia et al., 2013; Schmidt et al., 2015).

A mensuração do potencial de limpeza dos protocolos de irrigação por meio da análise de imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura é realizada por meio de escores, de acordo com a persistência de debris e/ou smear layer (Aranda-Garcia et al., 2013; Schmidt et al., 2015; Keine et al., 2019). A figura 1 foi utilizada apenas para a confirmação da presença de debris no local de avaliação. Por outro lado, os escores foram atribuídos somente ao perfil demonstrado na figura 2. O cálculo amostral para obtenção da quantidade de espécimes necessários para esta análise foi obtido a partir prospecção estatística obtida em estudos prévios (Guiotti et al., 2014; Magro et al., 2015).

A incidência de resíduos nos terços cervical e médio do canal radicular foi similar entre todos os protocolos de irrigação, porém no terço apical ECL demonstrou a maior incidência de resíduos. O Easy Clean é diferente dos demais insertos, uma vez que é composto por uma estrutura plástica e secção transversal losangular, com excessiva flexibilidade próxima ao D0

(Kato et al., 2013). Devido à esta característica, a ativação da solução irrigadora é reduzida crucialmente neste local, fato que favoreceu a maior persistência de resíduos sobre a superfície dentinária (Prado et al., 2017).

O XP Endo Finisher é um instrumento metálico, composto por uma liga de NiTi Max-wire, acionado mecanicamente em rotação contínua, no sentido horário (Bao et al., 2017). Quando rotacionado no canal radicular, a liga metálica sofre uma transformação em sua forma cristalina, transformando de martensite para austenite, conferindo maior flexibilidade, principalmente em sua extremidade apical, que toma forma peculiar de uma colher, com comprimento aproximado de 10,0 mm e amplitude de 1.5 mm (Bao et al., 2017; Machado et al., 2021).

A peculiar deformação do XP Endo Finisher, em rotação de 1.000 rpm, proporciona intensa agitação da solução irrigadora, principalmente no terço apical do canal radicular, conforme observado na figura 1 (Cesario et al., 2018; Nangai et al., 2020). Adicionalmente, os efeitos de remoção de sujidade por este inserto foram favorecidos devido ao diâmetro do canal radicular utilizado no presente estudo (Alakshar et al., 2020; Andreani et al., 2021). Similar resultado foi demonstrado após a agitação do hipoclorito de sódio com o inserto XP Clean, pois apresenta similaridade de estrutura e manejo de uso ao XP Endo Finisher.

A energização ultrassônica proporciona a propagação de onda em um inserto metálico que permite a ativação da solução irrigadora (van der Sluis et al., 2007). Com a agitação da gerada há a formação de micro-bolhas que se rompem na parede dentinária devido ao transmissão e aos efeitos cavitacionais, e exerce uma força de cisalhamento, favorecendo a remoção de debris da superfície, conforme observado no presente estudo (Jiang et al., 2010; Macedo et al., 2014).

O teste de push out bond strength é útil para avaliar a interface de adesão entre o cimento endodôntico e a dentina radicular (Pane et al., 2013; Brichko et al., 2018). Como a obtenção dos valores de resistência de união são obtidos a partir do deslocamento da obturação dos canais radiculares, no sentido de apical para cervical e transversalmente à inclinação dos túbulos dentinários, os resultados obtidos demonstram a interação química e mecânica entre o substrato dentinário e o cimento endodôntico (Huffman et al., 2009; Pane et al., 2013; Silva et al., 2019). Portanto, qualquer variação significativa sobre os valores obtidos no teste de push out pode ser interpretado como sendo uma interferência sobre a interface de adesão (Sirisha et al., 2014; Brichko et al., 2018).

A escolha por diferentes diâmetros da extremidade da ponta do inserto ultrassônico foi devido a necessidade de estarem ocupando entre 70 a 90% da área da obturação endodôntica,

evitando a deformação da guta percha durante a realização do teste de push out (Pane et al., 2013; Huffman et al., 2009; Brichko et al., 2018). Portanto, somente realizamos as comparações entre os mesmos terços dos protocolos de irrigação (Aranda-Garcia et al., 2013; Magro et al., 2015; Keine et al., 2019).

Os valores de resistência de união não foram diferentes após a irrigação final com os protocolos de irrigação nos terços cervical e médio do canal radicular. Entretanto, no terço apical, estes valores foram menores após a irrigação final com o inserto Easy Clean, possivelmente devido à maior incidência de resíduos (Prado et al., 2017). Estudos prévios demonstraram resultados divergentes dos observados em nosso estudo, porém com metodologias diferentes, tais como rotação e velocidade do inserto, tipo de solução irrigadora utilizada e amplitude do canal radicular e abertura foraminal (Duque et al., 2017; Cesario et al., 2018; Marques et al., 2018).

Alguns vieses podem ser considerados na interpretação dos resultados deste estudo, tais como a metodologia de avaliação da incidência de resíduos. A microtomografia computadorizada é um outro recurso interessante para avaliar o pré e o pós-operatório, uma vez que não é um procedimento analítico invasivo (Volponi et al., 2020; Tavares et al., 2021). Entretanto, minimizamos esta questão por meio da obtenção de imagens microscópicas prévias dos locais a serem analisados (Kato et al., 2013; Schmidt et al., 2015). Em adição, estudos complementares também deverão ser realizados com estes protocolos em relação a diferentes peculiaridades anatômicas do canal radicular.

Ainda que este estudo seja uma observação em nível laboratorial e em dentes bovinos com semelhanças anatômicas com dentes humanos, todas as situações típicas de uma situação clínica foram criteriosamente abordadas e observados, permitindo a interpretação dos resultados como uma diretriz para a obtenção de uma melhor limpeza das paredes dentinárias e maior eficiência da obturação endodôntica.

Conclusão

A agitação do hipoclorito de sódio com o protocolo de irrigação final pelos insertos XP Endo Finisher, XP Clean e pelo ultrassom proporciona menor incidência de resíduos e maior valor de resistência de união do cimento à base de resina epóxi em comparação ao demonstrado pelo inserto Easy Clean, apenas no terço apical radicular.

Referências

1. Chubb DWR. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J.* 2019 Apr;45(1):5-11.
2. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010 Apr;54(2):291-312
3. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002 Dec;94(6):658-66.
4. Biel P, Mohn D, Attin T, Zehnder M. Interactions between the Tetrasodium Salts of EDTA and 1-Hydroxyethane 1,1-Diphosphonic Acid with Sodium Hypochlorite Irrigants. *J Endod.* 2017 Apr;43(4):657-661.
5. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J.* 2018 Jan;51 Suppl 1:e42-e54.
6. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2018 Jun;51(6):605-621.
7. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007 Jun;40(6):415-26.
8. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2010 Aug;36(8):1372-6.
9. Machado R, da Silva I, Comparin D, de Mattos BAM, Alberton LR, da Silva Neto UX. Smear layer removal by passive ultrasonic irrigation and 2 new mechanical methods for activation of the chelating solution. *Restor Dent Endod.* 2021 Jan 26;46(1):e11
10. Jayakumaar A, Ganesh A, Kalaiselvam R, Rajan M, Deivanayagam K. Evaluation of debris and smear layer removal with XP-endo finisher: A scanning electron microscopic study. *Indian J Dent Res.* 2019; May-Jun;30(3):420-423.
11. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M, In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals, *J. Endod.* 43;2017:321–325.

12. Alakshar A, Saleh ARM, Gorduysus MO. Debris and Smear Layer Removal from Oval Root Canals Comparing XP-Endo Finisher, EndoActivator, and Manual Irrigation: A SEM Evaluation. *Eur J Dent.* 2020 Oct;14(4):626-633.
13. Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegri RA, Fontana CE, de Martin AS. Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.* 2016 Apr;42(4):659-63.
14. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, Chávez-Andrade GM, Duarte MA, Bonetti-Filho I, et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech.* 2013;76:533-7.
15. Guiotti FA, Kuga MC, Duarte MA, Sant'Anna AJ, Faria G. Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin. *Braz Oral Res.* 2014;28.
16. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR (2009) Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod Journal* **42**, 34-46.
17. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology.* 2017 Apr;105(2):178-183.
18. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod.* 2015 Aug;41(8):1359-63.
19. Plotino G, Colangeli M, Özyürek T, DeDeus G, Panzetta C, Castagnola R, Grande NM, Marigo L. Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig.* 2021 Jan;25(1):237-245.
20. Keine KC, Kuga MC, Tormin FBC, Venção AC, Duarte MAH, Chávez-Andrade GM, Faria G. Effect of peracetic acid used as single irrigant on the smear layer, adhesion, and penetrability of AH Plus. *Braz Oral Res.* 2019 Jul 29;33:e057.
21. Magro MG, Kuga MC, Aranda-Garcia AJ, Vitorino KR, Chávez-Andrade GM, Faria G, Keine KC, Só MV. Effectiveness of several solutions to prevent the formation of precipitate due to the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine and its effect on bond strength of an epoxy-based sealer. *Int Endod J.* 2015 May;48(5):478-83.

22. Prado MC, Leal F, Simão RA, Gusman H, do Prado M. The use of auxiliary devices during irrigation to increase the cleaning ability of a chelating agent. *Restor Dent Endod.* 2017 May;42(2):105-110.
23. Cesario F, Hungaro Duarte MA, Duque JA, Alcalde MP, de Andrade FB, Reis So MV, De Vasconcelos BC, Vivan RR. Comparisons by microcomputed tomography of the efficiency of different irrigation techniques for removing dentinal debris from artificial grooves. *J Conserv Dent.* 2018 Jul-Aug;21(4):383-387.
24. Nangia D, Nawal RR, Yadav S, Talwar S. Influence of Final Apical Width on Smear Layer Removal Efficacy of Xp Endo Finisher and Endodontic Needle: An Ex Vivo Study. *Eur Endod J.* 2020 Mar 17;5(1):18-22.
25. Andreani Y, Gad BT, Cocks TC, Harrison J, Keresztes ME, Pomfret JK, Rees EB, Ma D, Baloun BL, Rahimi M. Comparison of irrigant activation devices and conventional needle irrigation on smear layer and debris removal in curved canals. (Smear layer removal from irrigant activation using SEM). *Aust Endod J.* 2021 Aug;47(2):143-149.
26. Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod.* 2014 Apr;40(4):580-3.
27. Pane ES, Palamara JE, Messer HH. Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials (2013). *J Endod.* 2013 May;39(5):669-73.
28. Brichko J, Burrow MF, Parashos P. Design Variability of the Push-out Bond Test in Endodontic Research: A Systematic Review. *J Endod.* 2018 Aug;44(8):1237-1245.
29. Silva EJNL, Canabarro A, Andrade MRT, Cavalcante DM, Von Stetten O, Fidalgo TKDS, De-Deus G. Dislodgment Resistance of Bioceramic and Epoxy Sealers: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2019; Sep;19(3):221-235.
30. 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.
31. Duque JA, Duarte MA, Canali LC, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, Bramante CM. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2017 Feb;43(2):326-331.
32. Marques AC, Aguiar BA, Frota LM, Guimarães BM, Vivacqua-Gomes N, Vivan RR, Duarte MA, de Vasconcelos BC. Evaluation of Influence of Widening Apical Preparation of Root Canals on Efficiency of Ethylenediaminetetraacetic Acid Agitation Protocols:

- Study by Scanning Electron Microscopy. *J Contemp Dent Pract*. 2018 Sep;19(9):1087-1094.
33. Volponi A, Pelegrine RA, Kato AS, Stringheta CP, Lopes RT, Silva ASS, Bueno CEDS. Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod*. 2020 Dec;46(12):1901-1906.
34. Tavares SJO, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Guimarães LC, Provenzano JC, Amoroso-Silva P, Machado AG, Siqueira JF Jr, Alves FRF. Supplementing filling material removal with XP-Endo Finisher R or R1-Clearsonic ultrasonic insert during retreatment of oval canals from contralateral teeth. *Aust Endod J*. 2021 Aug;47(2):188-194.

TABELAS

Tabela 1. Mediana, valor máximo e mínimo, primeiro e terceiro quartil dos escores atribuídos à incidência de resíduos sobre a superfície dentinária do canal radicular, em função do protocolo de irrigação e terço do canal radicular.

		PUI	XPE	XPC	ECL	CEI
mediana		2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
Cervical	min-max	1 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	2 - 3
	1Q-3Q	2 - 2	1.25 - 2	2 - 2	2 - 2.75	2 - 2.75
Médio	mediana	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2.5 ^a	2 ^a
	max-min	2 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	2 - 3
	1Q-3Q	2 - 2	1.25 - 2	2 - 2	2 - 3	2 - 2.75
Apical	mediana	2 ^a	2 ^a	2 ^a	4 ^b	2 ^a
	max-min	1 - 3	1 - 2	1 - 2	4 - 4	2 - 3
	1Q-3Q	2 - 2	1 - 2	1 - 2	4 - 4	2 - 2.75

^{ab}Diferentes letras na mesma linha, indicam diferenças significantes entre os grupos ($P < 0.05$).

PUI, Irrigação Ultrassônica Passiva; XPE, XP Endo Finisher; XPC, XP Clean; ECL, Easy Clean; CEI, Irrigação endodôntica convencional.; min, valor de pontuação mínima; mx, valor de pontuação máximo; 1Q, primeiro quartil; 3Q, terceiro quartil

Tabela 2. Média aritmética e desvio padrão da resistência de união (em MPa) do cimento resinoso no substrato dentinário, em função do protocolo de irrigação e terço radicular.

		PUI	XPE	XPC	ECL	CEI
Cervical	Média	3.71 ^a	3.88 ^a	3.78 ^a	3.67 ^a	3.76 ^a
	SD	(0.32)	(0.20)	(0.25)	(0.25)	(0.22)
Médio	Média	3.59 ^a	3.68 ^a	3.61 ^a	3.53 ^a	3.52 ^a
	SD	(0.37)	(0.28)	(0.38)	(0.34)	(0.26)
Apical	Média	2.93 ^a	2.93 ^a	2.76 ^a	2.01 ^b	2.61 ^a
	SD	(0.55)	(0.29)	(0.32)	(0.23)	(0.39)

^{ab} Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significantes entre os grupos ($P < 0.05$).

PUI: irrigação ultrassônica passiva; XPE: XP Endo Finisher; XPC: XP Clean; ECL, Easy Clean; CEI, Irrigação endodôntica convencional. SD: desvio-padrão.

Tabela 3. Incidência do padrão de falha adesiva, em função do protocolo de irrigação final e terço radicular.

		PUI	XPE	XPC	ECL	CEI
Cervical	Adesiva	0	0	0	1	1
	Coesiva	6	8	8	5	6
	Mista	4	2	2	4	3
Médio	Adesiva	0	0	0	2	2
	Coesiva	6	9	8	3	3
	Mista	4	1	2	5	5
Apical	Adesiva	1	1	1	7	4
	Coesiva	6	6	5	2	3
	Mista	3	3	4	1	3

PUI: irrigação ultrassônica passava; XPE: XP Endo Finisher; XPC: XP Clean; ECL: Easy Clean; CEI: Irrigação endodôntica convencional.

FIGURAS

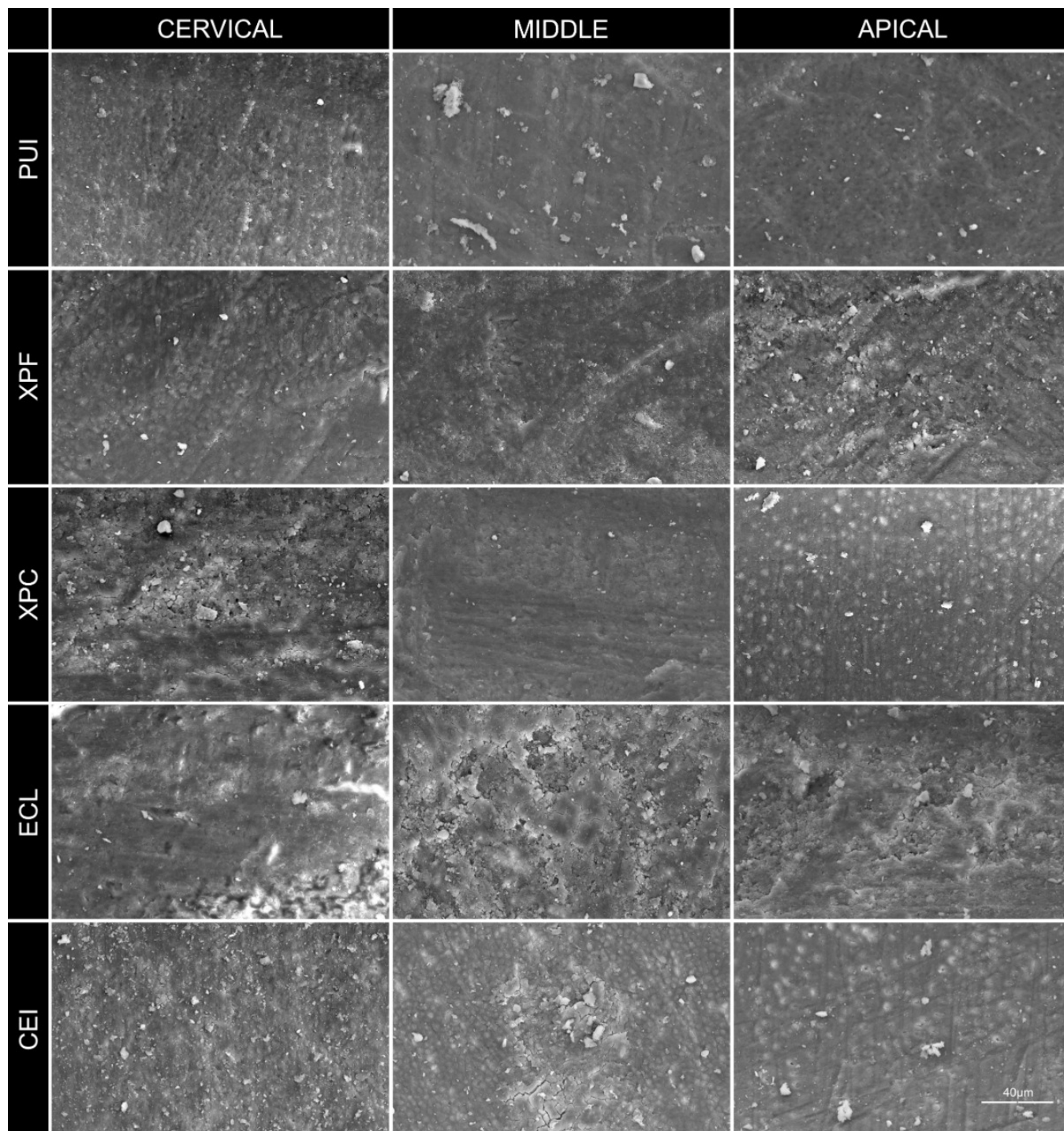


Figura 1. Imagens ilustrativas do padrão de incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em cada terço radicular, antes do uso dos protocolos de irrigação.

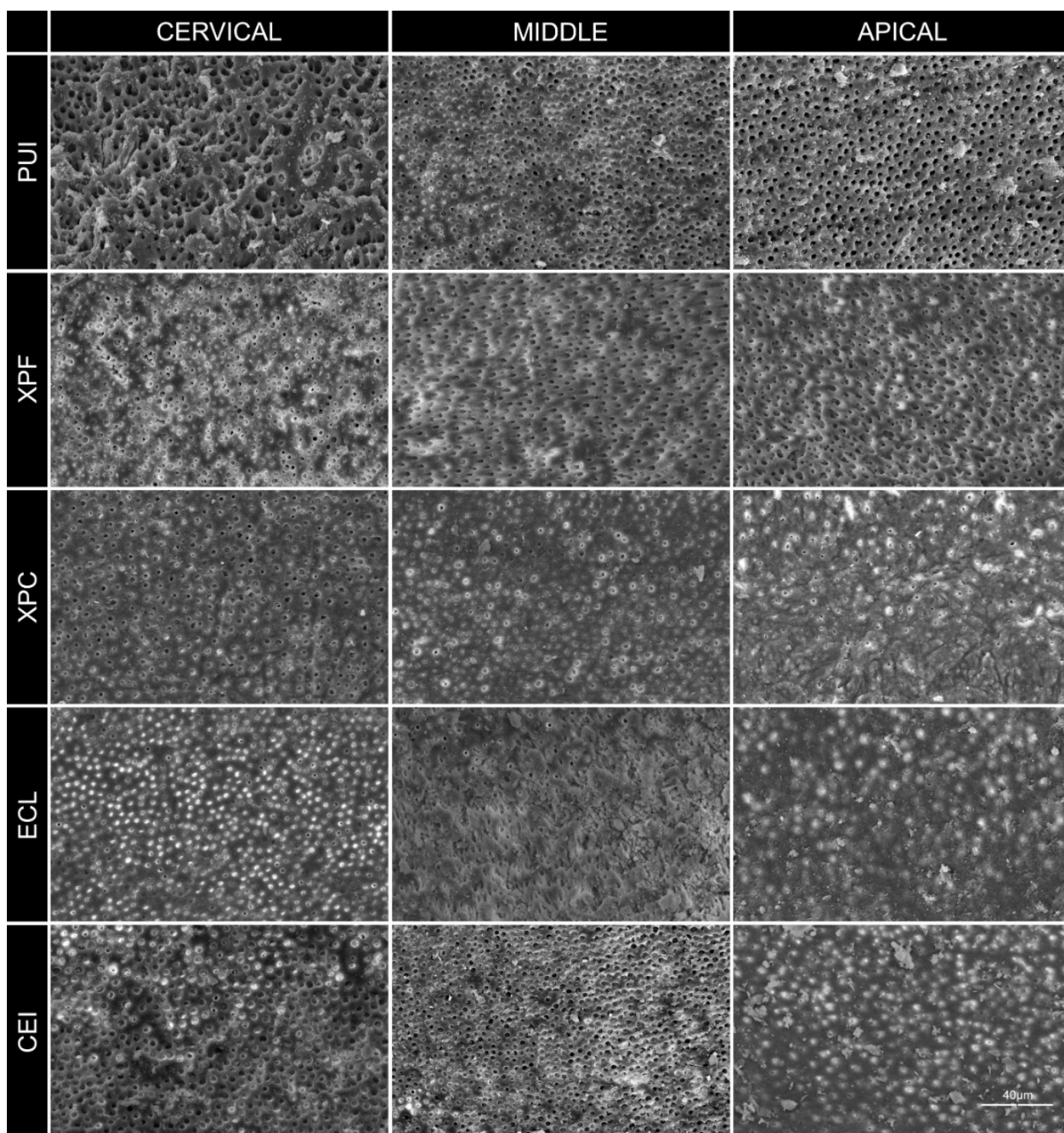


Figura 2. Imagens ilustrativas do padrão de incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em função do terço radicular, após o uso dos protocolos de irrigação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energização da água destilada por meio dos insertos ultrassônicos proporcionaram valores de resistência de união do sistema de cimentação com o adesivo etch-and-rinse e cimento resinoso convencional similares ao NCO, porém maiores que os demonstrados com os insertos Easy Clean ou pela irrigação endodôntica convencional.

A terapia fotodinâmica é uma alternativa para auxiliar o controle microbiano nos casos de eventual contaminação, entretanto, como este corante possui a tendência de alterar a coloração da estrutura dentária algumas estratégias são recomendadas para prevenir a alteração cromática do dente. A dissociação química do azul de metileno após a fotossensibilização do hipoclorito de sódio origina radicais oxidativos que promove efeitos negativos sobre a interface de adesão entre a dentina radicular e os sistemas de cimentação de pinos de fibra.

A irrigação endodôntica convencional promoveu menor valor de push out bond strength que o protocolo controle, caracterizando que as estratégias utilizadas na terapia fotodinâmica podem influenciar negativamente sobre a adesão do adesivo.

A maior incidência de falha coesiva em XEF, XPC e PUI fortalecem as afirmações discutidas em relação aos valores obtidos no teste de push out. Por outro lado, a falha adesiva 2 foi a mais frequente em CEI e ECL, possivelmente devido à persistência de radicais oxidativos na dentina radicular.

Os protocolos XPE, XPC e PUI proporcionam menor incidência de resíduos e maior valor de resistência de união em comparação ao protocolo com o Easy Clean, somente no terço apical radicular quando utilizados cimento à base de resina epóxi.

REFERÊNCIAS*

1. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF Jr. Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single- or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-Endo Finisher. *J Endod.* 2016; 42(1): 1114-9.
2. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. *J Endod.* 2016; 42(2): 928-34.
3. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and file agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology.* 2017; 105(3): 178-83.
4. Görduysus M, Küçükkaya S, Bayramgil NP, Görduysus MÖ. Evaluation of the effects of two novel irrigants on intraradicular dentine erosion, debris and smear layer removal. *Restor Dent Endod.* 2015; 40(4): 216-22.
5. Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz Ö. Efficacy of XP-endo Finisher File in removing calcium hydroxide from simulated internal Resorption Cavity. *J Endod.* 2017; 43(5): 126-30.
6. Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegrine RA, Fontana CE, de Martin AS. Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2016; 42(10): 659-63.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

APÊNDICE A- METODOLOGIA DETALHADA DOS ARTIGOS

Foram utilizados noventa dentes conóides anteriores bovinos, com anatomia radicular semelhante, foram obtidos e previamente selecionados, imersos em solução salina e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento de uso. As raízes foram transversalmente seccionadas com disco diamantado adaptado em máquina de corte de tecidos (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Buff, IL, USA) e padronizadas com comprimento de 21mm a partir do ápice radicular.

O tratamento dos canais radiculares foi realizado por um único operador, conforme descrito por Aranda-Garcia et al., [2013]. Após o corte cervical da obturação do canal radicular, o acesso cervical foi restaurado provisoriamente com cimento de ionômero de vidro (Maxxion R; FGM, Joinville, SC, PR, BR). Os espécimes foram armazenados a 37°C, a 100% de umidade, por 7 dias. Após a remoção do ionômero de vidro, o espaço para pino foi preparado utilizando as brocas de Largo #1 e #2 (Dentsply Maillefer; Ballaigues, Jura-Nord Vaudois, Switzerland) e finalizada com a broca #2 (White Post DC; FGM, Joinville, SC, BR), no comprimento de 18 mm, a partir da face cervical radicular. Em seguida, o espaço para pino foi irrigado com 5 mL de água destilada, aspirado e seco com pontas de papel absorvente.

O espaço para pino foi preenchido com a solução de azul de metileno a 0.01% (Chimiolux; DMC, São Carlos, SP, BR) e mantido em repouso por 3 min, com o acesso cervical radicular vedado com uma lâmina de alumínio (Wyda; São José dos Campos, SP, BR). Em seguida, o espécime foi submetido à irradiação com dispositivo de diodo laser (Therapy XT; DMC, São Carlos, SP, BR), de 100 mW de input, com comprimento de onda de 660 nm e programado com 9 J (320 J/cm²), acoplado com uma fibra óptica de 300 µm de diâmetro.

A solução de azul de metileno a 0.01% foi submetida a irradiação por 90 s, por meio da fibra óptica inicialmente introduzida no comprimento total do espaço para pino e, posteriormente em movimentos helicoidais ápico-cervical, com 3 mm de amplitude. Imediatamente após a irradiação, o espaço para pino foi submetido a irrigação convencional com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2.5% e posteriormente submetidos a um dos protocolos de irrigação mecanicamente energizado, aspirado com uma cânula endodôntica (Capillary Tips; Ultradent, South Jordan, UT, USA) e seco com pontas de papel absorvente. Noventa espécimes foram utilizados nesta avaliação, distribuídos em 6 grupos ($n = 15$) experimentais, de acordo com o protocolo de irrigação mecanicamente energizado para a remoção do azul de metileno a 0.01% e 1 grupo controle, sem terapia fotodinâmica.

CEI - Irrigação endodôntica convencional: O espaço para pino foi irrigado com 15 mL

de solução de água destilada, por meio de cânula de irrigação (Navitip 29G; Ultradent, Indaiatuba, SP, BR), introduzida a 3 mm aquém do comprimento total do espaço para pino (15 mm), durante 1 minuto, com discretos movimentos de 2mm, no sentidoápico-cervical;

PUI - Ativação ultrassônica passiva: O espaço para pino foi preenchido com a água destilada e energizado por meio de um inserto (Irrisonic E1; Helse Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, BR), adaptado em equipamento ultrassônico (Piezon 150; Electron Medical Systems, Nyon, SUI), na potência de 10%, introduzido no espaço para pino a 2mm do comprimento total (16 mm), por 20 segundos. Este procedimento foi repetido por mais 2 ciclos, totalizando 3 ciclos de ativação de 20 segundos cada;

XPF - Ativação com XP Endo Finisher (FKG Dentaire; Madrid, ESP): Após o a remoção da embalagem, o blister contendo dispositivo foi refrigerado com spray para teste de sensibilidade pulpar (Endo Ice; Maquira, Maringá, PR, BR). Simultaneamente, o canal radicular foi preenchido com água destilada previamente aquecida a 37 °C. Após a adaptação do dispositivo no contra-ângulo de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), o inserto foi inserido em toda a extensão do espaço para pino e ativado na velocidade de 1.000 rpm, com 1 N de torque, continuamente por 1 minuto;

XPC - Ativação com XP Clean (MKLife; Porto Alegre, RS, BR): similar ao descrito no protocolo XPF, porém utilizando o dispositivo XP Clean;

ECL - Ativação com Easy Clean (Easy; Belo Horizonte, MG, BR); O dispositivo foi previamente calibrado em régua calibradora (Maillefer, Pirassununga, SP, BR), mantendo o D0 similar ao da #50 LK. O espaço para pino foi preenchido com a água destilada e, após o inserto ser inserido no comprimento total do espaço para pino, foi ativado por meio de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefr, Pirassununga, SP, BR), previamente programado com movimento de rotação alternada, em 50° no sentido horário e 170° no senti horário, por 1 minuto continuamente.

NCO - Controle: O espaço para pino foi apenas irrigado com 15 mL de água destilada e não submetido à terapia fotodinâmica.

Após a realização de todos os protocolos, o espaço preparado foi aspirado e seco com pontas de papel absorvente.

Os espécimes foram distribuídos em 6 grupos (n=15), de acordo com o protocolo de irrigação. O espaço preparado foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos e irrigada com água destilada por 30 segundos. A dentina foi então cuidadosamente seca com

pontas de papel absorvente (Maillefer, Dentsply Sirona, York, PA, EUA). O sistema adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foi aplicado no espaço preparado e fotopolimerizado por 20 s. A superfície externa do pino de fibra (White Post DC # 1; FGM, Joinville, SC, BR) foi limpa com álcool 95% e condicionado com ácido fosfórico 37% (Condac 37; FGM, SC, BR) por 1 min. Silano (Prosil; FGM, Joinville, SC, BR) e um adesivo etch-and-rinse (Adper Scotchbond Multipurpose; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foram posteriormente aplicados e fotopolimerizados por 60 s (Valo; Ultradent, Salt Lake, UT, EUA). O cimento resinoso dual convencional (RelyX ARC; 3M ESPE, Saint Paul, MN, EUA) foi manuseado de acordo com as recomendações do fabricante e inserido no espaço do pino. Em seguida, o pino de fibra de vidro foi posicionado e fotoativado por 40 s de cada lado do corpo de prova. Os espécimes foram armazenados em óleo mineral (Nujol; Matecorp Farmasa, São Paulo, SP, BR) por 6 meses a 37 ° C. A Tabela 1 mostra o nome comercial, a origem e o fabricante dos produtos utilizados.

As raízes foram colocadas verticalmente dentro de uma matriz de cloreto de povilina. Essas matrizes foram preenchidas com resina de poliéster (Maxi Rubber, Diadema, SP, Brasil) até 16mm de altura para deixar 1mm do terço cervical fora da inclusão (Ramos et al. 2018). Após 24 horas, os corpos de prova foram retirados das matrizes e seccionados transversalmente com serra diamantada acoplada a cortadora de precisão resfriada a água (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA). Foram obtidos três cortes com 2 mm $\pm$ 1 mm de espessura dos terços apical, médio e cervical do espaço do pino. Cortes cervical, médio e apical foram obtidos a 3,9 e 15mm da superfície cervical da raiz. Irregularidades foram removidas usando lixas de carboneto de silício 1200-grit (Norton, São Paulo, SP, Brasil).

Após o teste de resistência de união por push-out, cada corpo de prova foi padronizado em sua superfície com lixa d'água nº 600 e nº 1200 (Norton, Lorena, S P, BR). Os corpos de prova foram lavados com água destilada e a superfície cervical polida com óxido de alumínio com granulometria de 30 μ m (Arotec, São Paulo, SP, BR). Em seguida, os corpos de prova foram imersos em água destilada e agitados em cuba ultrassônico (Cristófoli, Campo Mourão, PR, EUA) por 10 min. Em seguida, os corpos de prova foram secos por spray de ar e fixados horizontalmente em lâmina de vidro. Para determinar os tipos de falha em cada terço, os espécimes foram avaliados em estereomicroscópio com aumento de 10x e classificados de acordo com Ramos et al. [] em: tipo 1 (adesivo 1) - falha entre o pino de fibra e o cimento; tipo 2 (adesivo 2) - falha entre a dentina e o cimento; tipo 3 (coesivo) - falha no cimento; e tipo 4 (misto) - vários tipos de falhas combinados. A Figura 1 mostra as características do tipo de

falha.

Os dados obtidos na avaliação da resistência de união foram inicialmente submetidos ao teste de Shapiro Wilk e posteriormente ao teste de ANOVA One-way, seguido pelo pós-teste de Tukey. O nível de significância considerado neste estudo foi de 5% ($p = 0.05$). Os dados obtidos no teste de falha adesiva foram avaliados qualitativamente e a análise foi descritiva.

Cinquenta dentes conóides anteriores bovinos, com anatomia radicular semelhante, foram obtidos e previamente selecionados, imersos em solução salina e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento de uso. As raízes foram transversalmente seccionadas com disco diamantado adaptado em máquina de corte de tecidos (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Buff, IL, USA) e padronizadas com comprimento de 17mm a partir do ápice radicular.

No segundo artigo foram separados cinquenta espécimes foram utilizados nesta avaliação. Após a padronização da extensão radicular, dois sulcos longitudinais foram realizados na superfície externa radicular, sendo um na face mesial e outro na face distal. Em seguida, os espécimes foram incluídos em uma matriz plástica contendo silicone para moldagem (Optosil Comfort Putty, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) e, após a reação de presa do material, foram removidos e em seguida clivados com auxílio de um cinzel cirúrgico (Kato et al., 2013).

Três cavidades foram confeccionadas com a ponta diamantada 1012 (KG Sorensen, Cotia, SP, BR), acionadas em alta rotação, sob refrigeração com água, na face vestibular da dentina do canal radicular, a 3,5mm, 8,5mm e 12,5mm, a partir do ápice radicular, correspondendo respectivamente aos terços apical, médio e cervical radicular.

Em seguida, as hemi-seções foram remontadas, coladas com cianoacrilato (Superbond; Loctite, São Paulo, BR) e novamente inseridas na matriz plástica contendo o molde de silicone. Na sequência, os canais radiculares preparados 1mm aquém do ápice radicular com instrumentos rotatórios (ProTaper; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), até o instrumento F5, de acordo com as recomendações do fabricante. A cada troca de instrumento foi realizada a irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%, conforme descrito por Aranda-Garcia et al., (2013).

Após a conclusão do preparo químico-mecânico dos canais radiculares, os espécimes foram divididos aleatoriamente em 5 grupos ($n = 10$), de acordo com o protocolo de irrigação final.

Após a conclusão do preparo químico-mecânico dos canais radiculares, os espécimes

foram removidos da matriz plástica e uma imagem de cada cavidade, em seu respectivo terço radicular, foi previamente obtida. Após a remontagem dos espécimes nas matrizes plásticas, os espécimes foram submetidos a um dos seguintes protocolos de irrigação final:

PUI (Ativação ultrassônica passiva): O canal radicular foi preenchido com a solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e energizada por meio de um inserto (Irrisonic E1; Helse Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, BR), adaptado em equipamento específico (Piezon 150; Electron Medical Systems, Nyon, SUI), na potência de 10%, introduzido no canal radicular a 2mm do comprimento real de instrumentação, por 20 segundo. Em seguida, esta manobra foi repetida por mais 2 ciclos, totalizando 3 ciclos de ativação de 20 segundos;

XPF (agitação com XP Endo Finisher): Após a remoção do XP Endo Finisher (FKG Dentaire; Madrid, ESP) da embalagem, o blister contendo o inserto foi preenchido com spray para teste de sensibilidade pulpar (Endo Ice; Maquira, Maringá, PR, BR). Simultaneamente, o canal radicular foi preenchido com solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, previamente aquecida a 37 °C. Após a adaptação do inserto no contra-ângulo de um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), foi imediatamente inserido no canal radicular, no comprimento real de instrumentação, e acionado com velocidade de 1.000 rpm, com 1 N de torque, por 1 minuto continuamente

XPC (agitação com XP Clean): similar ao descrito no protocolo XPF, porém utilizando o inserto XP Clean (MKLife; Porto Alegre, RS, BR);

ECL (agitação com Easy Clean (Easy; Belo Horizonte, MG, BR); O dispositivo foi previamente calibrado em régua calibradora (Maillefer, Pirassununga, SP, BR) compatível com o D₀ similar ao do instrumento F5 (#50 LK). O canal radicular foi preenchido com a solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e, após o inserto inserido no comprimento real de instrumentação, acionado em um equipamento elétrico (XSmart Plus; Dentsply Maillefer, Pirassununga, SP, BR), previamente programado com movimento de rotação alternada, em 50° no sentido horário e 170° no senti horário, continuamente por 1 minuto;

CEI - Irrigação endodôntica convencional: Os canais radicu ares foram irrigados com 5 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, por meio de cânula de irrigação (Navitip 29G; Ultradent, Indaiatuba, SP, BR), introduzida a 3 mm aquém do comprimento real de trabalho (13 mm), durante 1 minuto., com discretos movimentos de 2mm, no sentido ápico-cervical. Após a aspiração, o canal radicular foi preenchido com EDTA a 17%, mantido por 3 min, e novamente irrigado com 5 mL de NaOCl a 2,5%. Após a conclusão da irrigação final, os canais

radiculares foram irrigados com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%, aspirados e secos com pontas de papel absorvente.

Duas imagens foram obtidas de cada local de análise, uma previamente e outra posterior ao protocolo de irrigação final do canal radicular. Os espécimes foram removidos da matriz plástica e a hemi-seção vestibular preparada para microscopia eletrônica de varredura. Cada hemi-seção foi colada com fita de carbono dupla face em um stub metálico, submetido à metalização com ouro-paládio e uma imagem de cada local previamente determinado dos terços apical, médio e cervical foram obtidos, com microscópio eletrônico de varredura (LEO 435VP, Carl Zeiss Microscopy Ltd, Cambridge, UK), na magnificação de 500x. A persistência de resíduos foi classificada de acordo com os parâmetros descritos por Kato et al. (Kato et al., 2013).

Cinquenta dentes anteriores conóides bovinos, de anatomia radicular e endodôntica semelhantes foram selecionados. As coroas foram removidas com ponta diamantada sob refrigeração (Medical burs Ind. And Com. Ltda, Cotia, São Paulo, Brazil), padronizando o comprimento da raiz em 17 mm. A extensão real de instrumentação foi definida a 1,0 mm aquém do ápice radicular. O preparo químico mecânico dos canais radiculares e a divisão dos dentes em 5 grupos (n=10), foram realizados como previamente descrito para a análise de presença de resíduos

Todos os canais foram secos com pontas de papel absorvente e obturados com a técnica do cone único utilizando cone de gutta-percha F5 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Stwizerland) e com o cimento AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). A qualidade da obturação do canal radicular foi conferida por meio de tomadas radiográficas, e em seguida cortada no nível cervical e condensada.

As raízes foram mantidas em estufa a 37°C e 100% de umidade por 7 dias. Na sequência, as raízes foram verticalmente posicionadas e centralizadas em uma matriz plástica (16,5 de diâmetro X 15,0 mm de comprimento e preenchidas com resina poliéster (Maxi Rubber, Diadema, SP, Brazil), Todos os espécimes foram mantidos intactos por 24 horas.

Após a desinclusão do conjunto das matrizes plásticas, o conjunto foi seccionado perpendicularmente no seu longo eixo, utilizando um disco diamantado adaptado em máquina de corte para tecidos duros (Isomet; Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA), sob refrigeração. Três seções foram obtidas, com espessura de 2.0 mm + 0.1, dos terços apical, médio e cervical de cada raiz. A seção cervical, média e apical foi obtida respectivamente, a partir de 1,0 mm, 6,0

mm e 12,0 mm da face cervical da raiz. As obturações de cada um dos terços das raízes foram submetidas ao teste de push-out, em máquina de ensaio mecânico (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil), calibrada com velocidade de 0,5 mm/min, até que ocorra o completo deslocamento da obturação das paredes do canal radicular.

Um cilindro de aço inoxidável de 1,30 mm, 0,9 mm e 0,5 mm de diâmetro aplicando uma carga constante à compressão, na velocidade de 0,5 mm / min, foi posicionado respectivamente nos terços cervical, médio e apical do canal radicular. Os valores da força necessária para que ocorra o deslocamento da obturação foi obtida em N (Newton) e, posteriormente transformada em força de adesão (MPa) através da fórmula de acordo com Guiotti et al. (2014).

Após o teste de resistência de união, os tipos de falhas adesivas foram analisados com auxílio de estereomicroscópio, com magnificação de 10X (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany). Os tipos de fratura serão classificados de acordo com Huffman et al. (Huffman et al., 2009): fratura adesiva (entre a interface obturação e dentina), fratura coesiva (apresentada no interior da obturação) e fratura mista (combinação entre os dois outros tipos de fratura).

Os dados obtidos na análise de persistência de resíduos foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis e Dunn. Os dados obtidos na avaliação de resistência de união foram inicialmente avaliados quanto a homocedasticidade por meio do teste de Shapiro Wilk e posteriormente submetidos, à ANOVA a 1 critério e ao teste de Tukey. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

Referências

1. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, Chávez-Andrade GM, Duarte MA, Bonetti-Filho I, et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech*. 2013;76:533-7.
2. A.T.P.R. Ramos, L.G. Belizário, K.C.F. Jordão-Basso, A.L. Shinohara, M.C. Kuga, Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface using two fiberposts cementation systems, *Photodiagnosis Photodyn. Ther*. 24 (2018) 136–141.
3. Guiotti FA, Kuga MC, Duarte MA, Sant'Anna AJ, Faria G. Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin. *Braz Oral Res*. 2014;28.
4. Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegrine RA, Fontana CE, de Martin AS. Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod*. 2016 Apr;42(4):659-63.

ANEXO A – COMPROVANTE SUBMISSÃO PHOTODIAGNOSIS AND PHOTODYNAMIC THERAPY

Confirm co-authorship of submission to Photodiagnosis and Photodynamic Therapy Caixa de entrada x  



Photodiagnosis and Photodynamic Therapy <em@editorialmanager.com>

03:02 (há 9 horas)



para mim ▾

This is an automated message.

Journal: Photodiagnosis and Photodynamic Therapy

Title: Impact of agitation methods to remove sodium hypochlorite residues after methylene blue-mediated PDT on the bonding interface of a fiber post cementation system

Corresponding Author: Dr Joatan Lucas de Sousa Gomes Costa

Co-Authors: Lucas David Galvani, Ph.D. Student; João Felipe Besegato, Ph.D. Student; Joissi Ferrari Zaniboni, Ph.D. Student; Wilfredo Gustavo Escalante-Otárola, PhD; Milton Carlos Kuga, PhD

Manuscript Number:

Dear Lucas David Galvani,

The corresponding author Dr Joatan Lucas de Sousa Gomes Costa has listed you as a contributing author of the following submission via Elsevier's online submission system for Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.

Submission Title: Impact of agitation methods to remove sodium hypochlorite residues after methylene blue-mediated PDT on the bonding interface of a fiber post cementation system

Elsevier asks all authors to verify their co-authorship by confirming agreement to publish this article if it is accepted for publication.

Please read the following statement and confirm your agreement by clicking on this link: <https://www.editorialmanager.com/pdpdt/l.asp?i=93001&l=NAK0A6L6>

I irrevocably authorize and grant my full consent to the corresponding author of the manuscript to: (1) enter into an exclusive publishing agreement with Elsevier on my behalf (or, if the article is to be published under a CC BY license, a non-exclusive publishing agreement), in the relevant form set out at www.elsevier.com/copyright; and (2) unless I am a US government employee, to transfer my copyright or grant an exclusive license of rights to Elsevier as part of that publishing agreement, effective on acceptance of the article for publication. If the article is a work made for hire, I am authorized to confirm this on behalf of my employer. I agree that the copyright status selected by the corresponding author for the article if it is accepted for publication shall apply and that this agreement is subject to the governing law of the country in which the journal owner is located.

If you did not co-author this submission, please contact the corresponding author directly at joatan_costa@hotmail.com.

Thank you,

Photodiagnosis and Photodynamic Therapy



HOME • LOGIN • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW
MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS • POLICIES

Not logged in.

Contributing Author Confirmation

Thank you for verifying your contributing authorship on "Impact of agitation methods to remove sodium hypochlorite residues after methylene blue-mediated PDT on the bonding interface of a fiber post cementation system" submitted by Joatan Lucas de Sousa Gomes Costa.

Não autorizo a reprodução deste trabalho até 28 de setembro de 2023.

(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara 28 de setembro de 2021.

LUCAS DAVID GALVANI