

Original de Pesquisa

Análise da eficácia de diferentes protocolos clínicos para limpeza da parede dentinária intrarradicular previamente à cimentação de pinos

Analysis of the efficacy of different clinical protocols for intraradicular dentin wall cleaning prior to post cementation

Julia Froehlich¹

Vanessa Mallmann Weschenfelder¹

Tiago André Fontoura de Melo¹

Autor correspondente:

Tiago André Fontoura de Melo

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Departamento de Odontologia Conservadora

Rua Ramiro Barcelos, 2.492 – Santana

CEP 90035-003 – Porto Alegre – RS – Brasil

E-mail: tiago.melo@ufrgs.br

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul Divisão de Endodontia, Departamento de Odontologia Conservadora – Porto Alegre – RS – Brasil.

Data de recebimento: 17 jun. 2020. **Data de aceite:** 2 fev. 2021.

Palavras-chave:

cavidade pulpar;
técnica para retentor
intrarradicular;
microscopia eletrônica
de varredura.

Resumo

Objetivo: Avaliar a eficácia de diferentes protocolos clínicos para limpeza da parede dentinária do canal previamente à cimentação de pinos intrarradicular. **Material e métodos:** Sessenta raízes de incisivos bovinos, com 17 mm de comprimento, foram utilizadas. Dividiram-se as amostras aleatoriamente em seis grupos: G1) controle positivo; G2) controle negativo; G3) soro fisiológico e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) 17%; G4) ácido fosfórico 35%; G5) irrigação ultrassônica passiva e soro fisiológico; G6) escova intrarradicular e soro fisiológico. Os dentes, exceto os do G1, foram tratados endodonticamente. Esses canais foram posteriormente desobturados, reparados com brocas para receber um retentor e submetidos a protocolos clínicos para limpeza das paredes

dentinárias. Clivaram-se as raízes para análise em microscopia eletrônica de varredura (2.000x). Imagens de eletromicrografias foram obtidas nos terços cervical e médio, e as características da limpeza dentinária, categorizadas. Analisaram-se as imagens por dois avaliadores calibrados (Kappa = 0,848). Os dados foram tratados com o uso do teste de Kruskal-Wallis, complementado pelo teste de comparações múltiplas de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$). **Resultados:** Houve diferença entre os protocolos clínicos testados para limpeza da parede dentinária intrarradicular destinada à cimentação do retentor ($p > 0,05$). Independentemente do protocolo clínico testado, não se constatou diferença na limpeza entre os terços analisados. **Conclusão:** A associação do soro fisiológico com EDTA 17% e o uso da irrigação ultrassônica passiva com soro fisiológico promoveram maior limpeza da parede dentinária destinada à cimentação do pino quando comparados ao ácido fosfórico 35% apenas e à associação da escova intrarradicular com soro fisiológico.

Keywords:

dental pulp cavity; post and core technique; scanning electron microscope.

Abstract

Objective: To evaluate the efficacy of different clinical protocols for root canal dentin wall cleaning, prior to intraradicular post cementation. **Material and methods:** Sixty roots of bovine incisors with a standard length of 17 mm were used. Samples were randomly divided into six groups: G1) positive control; G2) negative control; G3) saline solution and 17% trisodium ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA); G4) 35% phosphoric acid; G5) passive ultrasonic irrigation and saline solution; G6) intraradicular brush and saline solution. The teeth, except for the positive control, were endodontically treated. These canals were later unblocked, re-prepared with drills to receive a post and submitted to clinical protocols for cleaning the dentin walls. The roots were cleaved for scanning electron microscope analysis (2,000x magnification). Electron micrographs were obtained in the cervical and middle thirds. The characteristics of dentin cleaning were categorized. The images were analyzed by two calibrated evaluators (Kappa = 0.848). Data were treated using the Kruskal-Wallis test, complemented by the Student-Newman-Keuls multiple comparison test ($\alpha = 0.05$). **Results:** There was difference between the clinical protocols tested for cleaning the intraradicular dentin wall for post cementation ($p > 0.05$). Regardless of the clinical protocol tested, there was no difference in cleanliness between the thirds analyzed. **Conclusions:** The association of saline solution with 17% trisodium EDTA and the use of passive ultrasonic irrigation with saline solution promoted a better cleaning of the dentin wall for cementation of the post when compared to 35% phosphoric acid by itself and the association of the intraradicular brush with saline solution.

Introdução

Em algumas condições clínicas, dentes tratados endodonticamente apresentam grande perda tecidual, necessitando de um reforço adicional à sua estrutura remanescente a fim de reabilitação [5]. Nesse contexto, a utilização de pinos de fibra intrarradiculares apresenta-se como alternativa a protocolos restauradores diretos [12].

Para a realização da conformação do canal radicular para receber o pino, brocas específicas com poder de corte lateral são utilizadas a fim de promover dilatação e conicidade compatível ao diâmetro do pino a ser cimentado, no entanto a ação dessas brocas dentro do canal pode formar uma camada de *smear layer*, composta de dentina excisada e material endodôntico obturador removido, sobre a parede dentinária. No estudo

de Serafino *et al.* [35], em microscopia eletrônica de varredura (MEV), observa-se que as paredes do canal radicular, após o reparo, são cobertas por uma camada de *smear layer* contendo detritos dentinários e resíduos de guta-percha e cimento endodôntico obturador. De acordo com Mayhew *et al.* [20] e Hayashi *et al.* [17], a presença dessa camada de *smear layer* formada pode influenciar na cimentação dos retentores.

A retenção dos pinos de fibra cimentados no interior do canal radicular depende do processo de adesão entre o cimento resinoso e a dentina, bem como da adesão entre o cimento e o pino. Segundo Boschian *et al.* [8] e Zhang *et al.* [43], o processo de adesão que ocorre entre o sistema resinoso e a parede dentinária é considerado fator crucial na cimentação intrarradicular dos pinos de fibra de vidro. Grande parte das falhas se dá na adesão entre as paredes do canal radicular e o cimento resinoso, uma vez que existem limitações nesse processo de união [19]. No estudo de Ferreira *et al.* [14], pode-se verificar que a maioria das falhas ocorridas no processo de retenção dos pinos foi de origem adesiva entre o cimento resinoso e a estrutura dentinária (96,6% dos dentes testados).

Estudos em MEV como o de Ferrari e Mannocci [13] e Vichi *et al.* [42] demonstram que, para realizar o correto processo de cimentação de pinos intrarradiculares com uso de materiais adesivos, é necessária a formação de uma camada híbrida entre o cimento resinoso e túbulos dentinários, promovendo assim a retenção micromecânica do pino. Nesse sentido, a remoção da camada de *smear layer* com consequente abertura dos túbulos dentinários aumenta a penetração intertubular do sistema adesivo e aumenta a força de adesão [16, 21, 22], no entanto alguns trabalhos relatam a dificuldade na remoção completa dos resíduos obturadores endodônticos aderidos às paredes do canal radicular [28, 34].

Alguns agentes como hipoclorito de sódio, digluconato de clorexidina, ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e suas combinações têm sido utilizados a fim de promover essa remoção da camada de *smear layer* e, conseqüentemente, aumento no processo de retenção micromecânica dos pinos intrarradiculares, porém com padrão de limpeza ainda insatisfatório [6, 26, 38]. A presença de *smear layer* na superfície dentinária atua como um obstáculo, neutralizando a acidez do *primer* e reduzindo a penetração do sistema adesivo [25]. Segundo Chowdhury *et al.* [11], a remoção da *smear layer* torna-se crucial à criação de uma camada híbrida para garantir forte ligação entre o sistema adesivo e a estrutura dentinária.

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio da MEV, a eficácia de diferentes protocolos clínicos para limpeza da parede dentinária do canal radicular previamente à cimentação de retentor intrarradicular. A hipótese nula foi de que nenhum dos protocolos clínicos seria eficaz na limpeza da parede dentinária intrarradicular.

Material e métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tipos de dentes testados

Com relação à amostra dentária, empregaram-se 60 incisivos bovinos obtidos de animais com 1 ano de vida e abatidos para fins comerciais. Somente os dentes que se apresentaram íntegros e com padrão de normalidade radicular foram utilizados no estudo. Os dentes com algum tipo de trinca e/ou fratura foram descartados.

Os dentes selecionados foram limpos e passaram por um processo de desinfecção, sendo imersos em um pote plástico contendo solução de cloramina a 0,5% (Seachem Laboratories, Madison, GA, Estados Unidos) por 48 horas.

Preparo das amostras dentárias

Inicialmente, as porções coronárias foram descartadas com corte na região cervical de forma perpendicular ao longo do eixo do dente, por meio de um disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) sob irrigação constante. As raízes deveriam apresentar comprimento radicular padronizado de 17 mm.

Previamente ao preparo, com o auxílio de um disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil), em baixa rotação, foram realizados sulcos de orientação na face externa das raízes, no sentido longitudinal das faces vestibular e lingual, com o cuidado para não atingir o interior do canal radicular. Esse procedimento foi feito a fim de facilitar a clivagem das amostras após a realização dos protocolos de tratamento nos grupos experimentais.

O preparo químico mecânico ocorreu na seguinte sequência de instrumentação seriada: instrumentos tipo K #25, #30, #35, #40 e #45 (Dentsply/Maillefer Instruments, Ballaigues, Suíça). Todos os instrumentos foram trabalhados

no comprimento de trabalho (CT), o qual foi padronizado em 16 mm.

Antes do uso de cada instrumento, o canal radicular foi irrigado e preenchido com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brasil). Ao final da instrumentação, os canais foram preenchidos com EDTA trissódico a 17% (Iodontec Indústria e Comércio de Produtos Odontológicos, Porto Alegre, RS, Brasil), agitado com o instrumento de memória (#45), permanecendo por 3 minutos. Ao final desse tempo, os canais foram lavados com água destilada (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brasil) e secos com cones de papel absorvente (Tanari Industrial, Manaus, AM, Brasil).

Para realização da obturação endodôntica, os canais foram obturados com cones de guta-percha e cimento à base de resina epóxi AH Plus (Dentsply/Maillefer Instruments, Ballaigues, Suíça), pela técnica híbrida de Tagger, com uso do condensador de McSpadden® #60 (Dentsply/Maillefer Instruments, Ballaigues, Suíça). Os dentes foram restaurados com restaurador provisório (Coltosol®, Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e permaneceram armazenados em água destilada (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brasil), sob refrigeração a 4°C, por sete dias. Os dentes do grupo controle positivo (G1) não foram preparados nem obturados.

Após uma semana de armazenamento, os canais foram desobturados para preparação do espaço necessário para o pino a ser cimentado. O processo de desobturação foi realizado com uma broca específica de aço inoxidável #1 (diâmetro apical de 0,7 mm) que acompanha o *kit* de pinos Exacto® #1 (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos, Londrina, PR, Brasil) e que corresponde ao diâmetro do pino utilizado, ao comprimento de 13 mm, deixando 3 mm de selamento apical.

Divisão dos grupos experimentais

Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos experimentais, usando-se a técnica de amostra casual simples por meio do programa Excel.

Protocolos clínicos para limpeza da parede dentinária

Os protocolos clínicos para limpeza das paredes dentinárias estão descritos de acordo com o grupo experimental:

- G3: os canais passaram pelas seguintes etapas clínicas: irrigação com 10 mL de soro fisiológico (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brasil), aspiração da solução, preenchimento do canal com EDTA trissódico a 17% (agitado com o instrumento

endodôntico #45, calibrado em 13 mm, por 3 minutos) e irrigação com 10 mL de soro fisiológico;

- G4: os canais passaram inicialmente por irrigação com 10 mL de soro fisiológico e aspiração da solução e foram preenchidos com ácido fosfórico a 35% (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). O gel ácido permaneceu no interior do canal por 20 segundos. Em seguida, foi irrigado com 10 mL de soro fisiológico.

Quanto aos dentes dos G5 e G6, os canais passaram por um protocolo de limpeza com a associação de dispositivos a fim de agitar o soro fisiológico.

- G5: os canais foram preenchidos com soro fisiológico e foi utilizado um inserto ultrassônico E1 (Helse Dental Technology, São Paulo, SP, Brasil). O inserto foi inserido num comprimento padronizado de 13 mm no interior do canal e acionado por 30 segundos com ultrassom (Jet Sonic Four Plus, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sem refrigeração, na escala de potência 2, seguindo o protocolo do estudo de Sabins *et al.* [32]. Depois, os canais foram irrigados novamente com 10 mL de soro fisiológico;
- G6: os canais foram preenchidos com soro fisiológico, e usou-se uma escova profilática para conduto (MK Life®, Porto Alegre, RS, Brasil). A escova foi calibrada em 13 mm e acionada em baixa rotação por 30 segundos. Posteriormente, os canais foram irrigados mais uma vez com 10 mL de soro fisiológico.

No grupo controle negativo (G2) não foi realizado nenhum protocolo clínico de limpeza das paredes dentinárias após a desobturação. Já os dentes do grupo controle positivo (G1) não foram reparados nem passaram pelo protocolo clínico de limpeza.

Análise da formação da *smear layer*

Após a realização dos protocolos, as amostras foram clivadas e analisadas em MEV (JEOL JSM 6060, JEOL, Akishima, Japão) com aumento de 2.000 vezes, seguindo o protocolo descrito por Ahmetoglu *et al.* [1].

Realizaram-se micrografias eletrônicas em duas zonas de cada hemisseção dentária. A localização dessas zonas foi padronizada e preestabelecida a 5 (terço cervical) e a 10 mm (terço médio) da margem cervical do canal, dentro do comprimento preparado para recebimento do pino intrarradicular (13 mm). Todas as micrografias foram salvas em arquivo digital (CD-ROM, CD-R Maxell®) com resolução de 600 dpi. As imagens foram codificadas com o objetivo de cegar os grupos.

A análise das imagens das micrografias deu-se por dois avaliadores previamente calibrados, utilizando como critério os escores definidos pelo estudo anterior (Tabela I) [41]. Os avaliadores realizaram um treinamento prévio à análise com 12 imagens, sendo quatro imagens representativas de cada um dos três escores, e, ao final do treinamento, receberam um gabarito demonstrativo impresso de cada um dos escores (com essas 12 imagens de eletromicrografias), como material de apoio.

Tabela I - Descrição dos escores

Escore	Descrição
0	Ausência de <i>smear layer</i> . Túbulos dentinários abertos e livres de debris.
1	<i>Smear layer</i> moderada. Contorno dos túbulos dentinários visíveis ou parcialmente preenchidos com detritos.
2	Espessa camada de <i>smear layer</i> . Túbulos dentinários obliterados.

Previamente à análise estatística, foi determinada a concordância entre os escores atribuídos às amostras pelos dois avaliadores que participaram deste estudo, por meio do teste Kappa. O valor Kappa obtido foi de 0,848.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa GraphPad Prism versão 7. A hipótese nula foi de que não havia diferença estatística na formação da *smear layer* promovida pelos diferentes protocolos clínicos testados (teste de Kruskal-Wallis, teste de comparações múltiplas de Student-Newman-Keuls). O nível de significância foi de 5%.

Resultados

Os resultados para os grupos experimentais em cada um dos dois terços radiculares analisados estão expressos na Tabela II. Comparando os protocolos clínicos testados nos dois terços do canal radicular averiguados, pôde-se verificar diferença estatística nos grupos G1 (controle positivo), G3 (soro fisiológico + EDTA + soro fisiológico) e G5 (uso da irrigação ultrassônica passiva com soro fisiológico) em relação aos G2 (controle negativo), G4 (uso do ácido fosfórico) e G6 (uso da escova intrarradicular com soro fisiológico).

A comparação entre os dois terços radiculares analisados (cervical e médio) em cada um dos grupos experimentais é mostrada também na Tabela

II. Vê-se que não houve diferença na limpeza da parede dentinária entre os dois terços analisados, independentemente do protocolo clínico testado. A Figura 1 traz algumas imagens das micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos dois terços radiculares dos diferentes grupos experimentais.

Tabela II - Grau de limpeza da parede dentinária intrarradicular entre os diferentes protocolos clínicos testados em relação aos dois terços radiculares analisados*

Grupo experimental	Escore	Terços radiculares	
		Cervical	Médio
Controle positivo (G1)	0	9	8
	1	1	2
	2	0	0
		A a	A a
		0	0
Controle negativo (G2)	1	0	0
	2	10	10
		B a	B a
	0	9	6
		0	0
Soro fisiológico + EDTA + soro fisiológico (G3)	1	1	4
	2	0	0
		A a	A a
	0	1	0
		0	0
Ácido fosfórico (G4)	1	8	3
	2	1	7
		AB a	B a
	0	4	1
		0	0
Sistema ultrassônico passivo + soro fisiológico (G5)	1	6	9
	2	0	0
		A a	AB a
	0	0	0
		0	0
Escova intrarradicular + soro fisiológico (G6)	1	3	0
	2	7	10
		B a	B a
	0	0	0
		0	0

*Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna mostram diferença estatística significativa no mesmo terço radicular para os diferentes grupos (teste de Kruskal-Wallis complementado pelo teste de comparações múltiplas de Student-Newman-Keuls). Letras minúsculas diferentes na mesma linha mostram diferença estatística significativa entre os diferentes terços radiculares, considerando cada grupo experimental (teste de Kruskal-Wallis complementado pelo teste de comparações múltiplas de Student-Newman-Keuls). O nível de significância foi de 5%; EDTA: ácido etilenodiamino tetra-acético

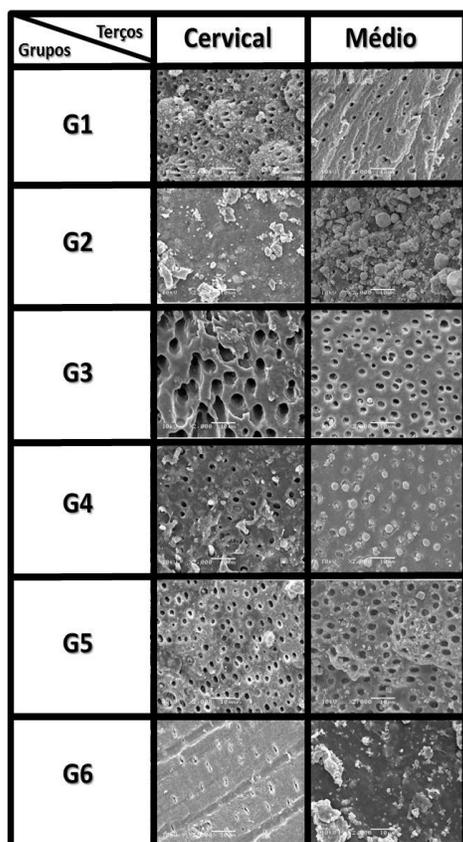


Figura 1 - Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura dos dois terços radiculares dos diferentes grupos experimentais

Discussão

A principal causa de falha na restauração direta de dentes com uso de pinos intrarradiculares ainda está relacionada à falha no processo de cimentação [31]. Promover a correta limpeza da superfície dentinária após o reparo do canal radicular parece ainda ser uma etapa crítica para a retenção ideal do pino intrarradicular [7].

De acordo com os resultados obtidos, a hipótese nula do estudo deve ser rejeitada, pois foi observada diferença na limpeza da parede dentinária intrarradicular entre os vários protocolos clínicos testados.

Foram testados no estudo um ácido forte, como é o ácido fosfórico a 35%, e um fraco, que é o EDTA a 17%. Por mais que a técnica com uso do gel de ácido fosfórico seja a mais frequentemente utilizada pela área da dentística restauradora para se obter superfícies limpas da parede do canal radicular [2, 24], demonstrou-se no nosso estudo que ela tem um comportamento muito próximo ao do grupo controle negativo, com presença de espessa camada

de *smear layer* e túbulos dentinários obliterados. Talvez essa constatação deva ter ocorrido por causa da forma consistente de gel do ácido, que pode não ter permitido o contato por completo da substância com as paredes dentinárias.

Os condicionadores ácidos apresentam-se geralmente na forma de gel. A mudança na viscosidade do condicionador, que é fornecida pela adição de agentes espessantes, talvez melhore o poder de escoamento do produto ao longo do canal radicular, o que de certa maneira foi afirmado por Perdigão *et al.* [29], ou seja, concentrações semelhantes de ácido fosfórico contendo espessantes distintos resultam em diferentes profundidades de desmineralização. Titley *et al.* [39] verificaram que a diferença entre viscosidades do ácido fosfórico, sejam géis, sejam líquidos, não interferem nos valores de resistência de união, mantendo-se o mesmo padrão de condicionamento.

Por outro lado, o grupo do protocolo clínico com EDTA associado ao soro fisiológico foi o que apresentou melhor capacidade de limpeza das paredes dentinárias no estudo. Gu *et al.* [16] também obtiveram bons resultados com o uso do EDTA em canais reparados para pino. Esse poder de desmineralização da superfície dentinária do canal radicular pode ser atribuído, além de ao baixo pH do EDTA, à sua capacidade quelante do íon cálcio [9].

Segundo Torabinejad *et al.* [40] e Aslantas *et al.* [4], a utilização de ácidos dentro do canal radicular promove não somente a remoção da *smear layer*, mas também a descalcificação dos componentes inorgânicos, promovendo a criação de áreas de erosão na estrutura dentinária.

O protocolo clínico com o uso do sistema ultrassônico passivo associado a uma solução intrarradicular apresentou elevado poder de limpeza das paredes dentinárias, assim como verificado nos estudos de Cameron [10], Serafino *et al.* [36] e Zhang *et al.* [43].

Durante a realização da irrigação ultrassônica passiva, a energia acústica é transmitida pela oscilação de um inserto liso, ativando o irrigante no interior do canal radicular, induzindo o efeito de cavitação. Segundo Ahmetoglu *et al.* [1] e Mozo *et al.* [23], na ação do inserto ultrassônico, inúmeras bolhas são geradas por intermédio de um potente turbilhão acústico, e o rompimento dessas bolhas tende a facilitar a remoção de debris do interior do canal radicular.

Com relação à utilização de uma escova intrarradicular associada ao soro fisiológico, puderam-se verificar os piores resultados entre os diferentes protocolos testados. Garip *et al.*

[15] e Protogerou *et al.* [30] tampouco obtiveram melhora na capacidade de limpeza das paredes do canal radicular com o uso de escovas acionadas a motor. Outro dado a ser questionado é a presença de estrias na parede dentinária, observadas nas imagens de MEV (Figura 2). Isso pode ter ocorrido pelo *design* da parte metálica da escova (Figura 3) em atrito intenso contra as paredes do canal, o que leva à reflexão se essas estrias criadas na superfície dentinária **não poderão influenciar na retenção do pino** intrarradicular, já que as brocas específicas para o reparo do canal são muitas vezes equivalentes ao diâmetro e à conicidade do pino a ser cimentado.

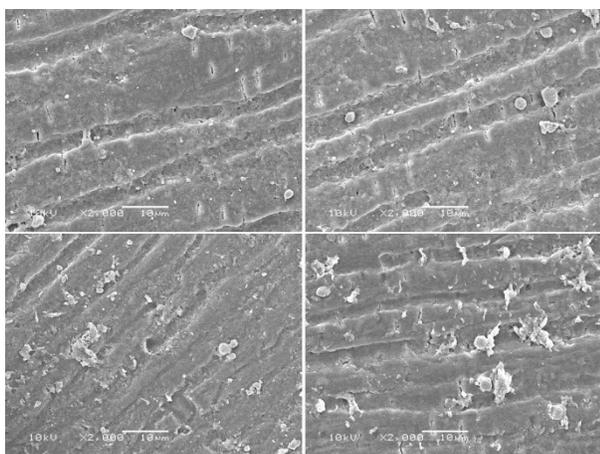


Figura 2 - Micrografias de microscopia eletrônica de varredura com presença das estrias produzidas pela ação da escova intrarradicular

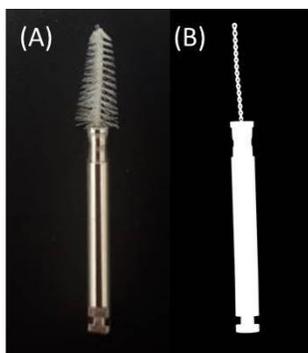


Figura 3 - (A) Escova intrarradicular utilizada no estudo e (B) imagem radiográfica da ferramenta.

Não foi utilizada a solução de hipoclorito de sódio nos protocolos clínicos testados, pois inúmeros estudos, entre os quais o de Ari *et al.* [3] e Santos *et al.* [33], relatam que o uso desse irrigante apresenta efeitos adversos na força de união dos cimentos resinosos à dentina. O hipoclorito em contato com a superfície dentinária se decompõe em cloreto de sódio e oxigênio. A liberação de

oxigênio causa forte inibição da polimerização na interface resina e colagem [3].

Com relação à distribuição da *smear layer* ao longo da parede dentinária após o reparo intrarradicular para colocação de um pino, não se pôde verificar diferença entre os terços cervical e médio, independentemente do grupo analisado. Essa constatação também foi observada nos estudos de Serafino *et al.* [35] e Serafino *et al.* [36].

Embora ainda não haja consenso nem um protocolo clínico completamente efetivo para limpeza das paredes dentinárias, uma alternativa viável existente no mercado para cimentação adesiva dos pinos intrarradiculares são os sistemas resinosos autocondicionantes. De acordo com Tay e Pashley [37], esses sistemas autocondicionantes incorporam-se na camada de *smear layer*, infiltrando-se na parte parcialmente desmineralizada da dentina por meio do uso de um *primer* contendo monômero ácido. Por outro lado, estudos como o de Koibuchi *et al.* [18] e Oliveira *et al.* [27] relatam que a presença de uma camada espessa de *smear layer* reduz o processo de ligação efetiva do adesivo autocondicionante.

Conclusões

De acordo com o estudo, nenhum dos protocolos clínicos testados foi totalmente eficaz no processo de limpeza de toda a extensão da parede dentinária intrarradicular previamente à cimentação de retentor.

Referências

1. Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek N. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Eur J Dent.* 2014;8(1):53-7.
2. Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent.* 2006;95(5):368-78.
3. Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod.* 2003;29(4):248-51.
4. Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod.* 2014;40(6):876-9.

5. Beltrão MCG, Spohr AM, Oshima HM, Mota EG, Burnett LH Jr. Fracture strength of endodontically treated molars transfixed horizontally by a fiber glass post. *Am J Dent.* 2009;22(1):9-13.
6. Bighetti RLT, Scatolin RS, Castro Raucci LMS, Raucci Neto W, Froner IC. Effects of EDTA gel and chlorhexidine gel on root dentin permeability. *Microsc Res Tech.* 2018;81(2):191-7.
7. Boone KJ, Murchison DF, Schindler WG, Walker WA3rd. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and diferente sealers. *J Endod.* 2001;27(12):768-71.
8. Boschian LP, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002;18(8):596-602.
9. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.
10. Cameron JA. Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J.* 1995;28(1):47-53.
11. Chowdhury AFMA, Islam R, Alam A, Matsumoto M, Yamauti M, Carvalho RM, et al. Variable smear layer and adhesive application: the pursuit of clinical relevance in bond strength testing. *Int J Mol Sci.* 2019;20(21):5381.
12. Dibaji F, Mohammadi E, Farid F, Mohammadian F, Sarraf P, Kharrazifard MJ. The effect of BC sealer, AH-Plus and Dorifill on push-out bond strength of fiber post. *Iran Endod J.* 2017;12(4):443-8.
13. Ferrari M, Mannocci F. A "one-bottle" adhesive system for bonding a fiber post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endod J.* 2000;33(4):397-400.
14. Ferreira R, Prado M, Jesus Soares A, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Influence of using clinical microscope as auxiliary to perform mechanical cleaning of post space: a bond strength analysis. *J Endod.* 2015;41(8):1311-6.
15. Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: na SEM study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(2):62-6.
16. Gu XH, Mao CY, Liang C, Wang HM, Kern M. Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? *Eur J Oral Sci.* 2009;117(5):597-603.
17. Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.
18. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater.* 2001;17(2):122-6.
19. Maroulakos G, He J, Nagy WW. The post-endodontic adhesive interface: theoretical perspectives and potential flaws. *J Endod.* 2018;44(3):363-71.
20. Mayhew JT, Windchy AM, Goldsmith LJ, Gettleman L. Effect of root canal sealers and irrigation agentes on retention of preformed posts luted with a resin cement. *J Endod.* 2000;26(6):341-4.
21. Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Dentin treatment effects on the bonding performance of self-adhesive resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2010;118(1):80-6.
22. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod.* 2001;27(12):753-7.
23. Mozo S, Llana C, Chieffi N, Forner L, Ferrari M. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. *J Clin Exp Dent.* 2014;6(1):47-52.
24. Nakabayashi N, Watanabe A, Igarashi K. AFM observation of collapse and expansion of phosphoric acid-demineralized dentin. *J Biomed Mater Res.* 2004;68(3):558-65.
25. Niyomsujarit N, Senawongse P, Harnirattisai C. Bond strength of self-etching adhesives to dentin surface after smear layer removal with ultrasonic brushing. *Dent Mater J.* 2019;38(2):287-94.
26. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000;26(12):739-43.
27. Oliveira SS, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW Jr. The influence of the dentin smear layer adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dent Mater.* 2003;19(8):758-67.
28. Perdigão J, Gomes G, Augusto V. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. *J Prosthodont.* 2007;16(3):154-64.

29. Perdigão J, May KN Jr., Wilder AD Jr., Lopes M. The effect of depth of dentin demineralization on bond strengths and morphology of the hybrid layer. *Oper Dent.* 2000;25(3):186-94.
30. Protogerou E, Arvaniti I, Vlachos I, Khabbaz MG. Effectiveness of a canal brush on removing smear layer: a scanning electron microscopic study. *Braz Dent J.* 2013;24(6):580-4.
31. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A review of failure modes in teeth restored with adhesively luted endodontic dowels. *J Prosthodont.* 2010;19(8):639-46.
32. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 2003;29(10):674-8.
33. Santos JN, Carrilho MR, De Goes MF, Zaia AA, Gomes BP, Souza-Filho FJ, et al. Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin. *J Endod.* 2006;32(11):1088-90.
34. Scotti N, Coero Borga FA, Alovise M, Bergantin E, Marchionni S, Pasqualini D, et al. Fiber post bond strength in canals obtured with a cross-linked gutta-percha core obturator. *Eur J Oral Sci.* 2014;122(2):168-73.
35. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(3):381-7.
36. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Monticelli F, Goracci C, Ferrari M. Ultrasound effects after post space preparation: an SEM study. *J Endod.* 2006;32(6):549-52.
37. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems: I: depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater.* 2001;17(4):296-308.
38. Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285-90.
39. Titley K, Chernecky R, Chan A, Smith D. The composition and ultrastructure of resin tags in etched dentin. *Am J Dent.* 1995;(5):224-30.
40. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 2003;29(4):233-9.
41. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003;29(3):170-5.
42. Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *J Endod.* 2002;28(5):355-60.
43. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen JH, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(3):280-6.