

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA**

ALESSANDRA SILVA DOS SANTOS NEVES

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DE
CANAIS RADICULARES NA REMOÇÃO DA SMEAR LAYER**

Juiz de Fora

2022

ALESSANDRA SILVA DOS SANTOS NEVES

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DE
CANAIS RADICULARES NA REMOÇÃO DA SMEAR LAYER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Celso Neiva Campos

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Neves, Alessandra Silva dos Santos.

Avaliação de diferentes técnicas de ativação da irrigação de canais radiculares na remoção da smear layer / Alessandra Silva dos Santos Neves. -- 2022.

69 f. : il.

Orientador: Celso Neiva Campos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2022.

1. Smear layer. 2. Irrigação do canal radicular. 3. Microscopia eletrônica de varredura. 4. Ativadores de irrigantes. 5. Tratamento do canal radicular. I. Campos, Celso Neiva, orient. II. Título.

ALESSANDRA SILVA DOS SANTOS NEVES

Avaliação de diferentes técnicas de ativação da irrigação de canais radiculares na remoção da smear layer

Dissertação
apresentada ao
Programa de Pós
graduação em
Odontologia da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Mestra em
Clínica
Odontológica. Área
de
concentração: Clínica
Odontológica.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Celso Neiva Campos - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª. Drª. Mariane Floriano Lopes Santos Lacerda
Universidade Federal de Juiz de Fora - GV

Profª. Drª. Maíra do Prado
Universidade Veiga de Almeida - RJ

Juiz de Fora, 25/01/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Celso Neiva Campos, Professor(a)**, em 16/02/2022, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mariane Floriano Lopes Santos Lacerda, Chefe de Departamento**, em 16/02/2022, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maira do Prado, Usuário Externo**, em 16/02/2022, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0656841** e o código CRC **D3257916**.

Dedico esse trabalho às minhas filhas Luísa e Marina, minhas amoras, que sempre estão dispostas a me apoiar e são presentes especiais que colaboram para meu crescimento espiritual! Que vocês possam escolher o que mais representa a essência de cada uma, dando sentido à vida! Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus e à espiritualidade incansável que nos guia nessa vida!

Gratidão aos meus pais, Renê e Maria Helena, pela vida, pelo apoio, pelos valores morais e amor.

A anjos que aparecem em nossos caminhos como surgiu no meu, José Márcio, com tanto carinho, respeito, apoio e amor!

Ao querido professor, orientador, Doutor Celso Neiva Campos, exemplo de vida e de trabalho, me acompanhando desde a graduação, passando pela especialização e, agora, mestrado. Uma honra!

À Professora Doutora Carolina Oliveira de Lima pela disponibilidade, ensinamentos e atenção que me dedicou.

Ao Professor Doutor Luiz Fernando Cappa de Oliveira do Núcleo de Espectroscopia e Estrutura Molecular, departamento de Química – ICE- UFJF, por me receber tão prontamente no laboratório e viabilizar a realização da minha pesquisa.

Às secretárias Letícia e Laura tão dedicadas e prestativas!

Aos professores e colegas de turma pelo ensinamento, pela amizade e parceria.

A todas as pessoas que se envolvem, trabalham arduamente e acreditam nas pesquisas e na educação, proporcionando progresso para os seres humanos.

RESUMO

A remoção da *smear layer* é importante na descontaminação do sistema de canais radiculares, uma vez que permite uma melhor penetração das soluções irrigadoras nos túbulos dentinários. No sentido de otimizar a limpeza nas regiões de istmos, reentrâncias e porção apical do canal radicular, alguns dispositivos e técnicas têm sido desenvolvidos para uma melhor eficiência da irrigação. O objetivo deste estudo foi analisar seis técnicas diferentes de ativação da irrigação final quanto à capacidade de remoção da *smear layer*. Sessenta pré-molares inferiores com canal único foram selecionados, tiveram os canais instrumentados pelo sistema Reciproc R40 (VDW) e receberam uma irrigação final de 3ml de EDTA a 17% por 3 min. Em seguida, os dentes foram pareados e divididos em seis grupos de acordo com o protocolo de irrigação final (n=10): irrigação convencional (IC), ativação manual (AM), irrigação ultrassônica (IU), lima plástica Easy Clean (EC), XP Clean (XPC) e XP-endo Finisher (XPF). A capacidade de remoção de *smear layer* foi avaliada nos terços cervical, médio e apical por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os valores dos escores atribuídos foram comparados entre os seis protocolos de irrigação utilizados aplicando-se o teste ANOVA com desenho de blocos randomizados, com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas entre os valores dos escores nos diferentes protocolos nos terços apical ($p>0,05$), médio ($p>0,05$) e cervical ($p>0,05$). Pode-se concluir que os protocolos de ativação utilizados neste estudo durante a irrigação final não apresentaram benefícios no que diz respeito a remoção de *smear layer* quando comparados com a técnica de irrigação convencional.

Palavras-chave: *smear layer*, irrigação dos canais radiculares, microscopia eletrônica de varredura, ativadores de irrigantes, tratamento do canal radicular

ABSTRACT

Removal of the smear layer is important in the decontamination of the root canal system, as it allows for better penetration of irrigating solutions into the dentinal tubules. In order to optimize cleaning in the isthmus, recesses and apical portion of the root canal, some devices and techniques have been developed to improve irrigation efficiency. The aim of this study was to analyze six different techniques for activation of final irrigation in terms of their ability to remove the smear layer. Sixty mandibular premolars with single canals were selected, had the canals instrumented by the Reciproc R40 (VDW) system and received a final irrigation of 3 ml of 17% EDTA for 3 minutes. Then, the teeth were paired and divided into six groups according to the final irrigation protocol (n=10): conventional irrigation (CI), manual activation (AM), ultrasonic irrigation (UI), Easy Clean plastic file (EC), XP Clean (XPC) and XP-endo Finisher (XPF). The smear layer removal capacity was evaluated in the cervical, middle and apical thirds by means of scanning electron microscopy (SEM). The values of the scores assigned were compared between the six irrigation protocols used, applying the ANOVA test with a randomized block design, with a significance level of 5%. The results showed no significant differences between the values of the scores in the different protocols in the apical ($p>0.05$), medium ($p>0.05$) and cervical ($p>0.05$) thirds. In conclusion, it can be stated that the activation protocols used in this study during the final irrigation did not show benefits with regard to smear layer removal when compared to the conventional irrigation technique.

Keywords: smear layer, root canals irrigation, scanning electron microscopy, irrigant activators, root canal treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Motor Elétrico Reciproc Silver (VDW)	37
Figura 2 -	Ponta de irrigação Navitip	37
Figura 3 -	Cuba térmica	38
Figura 4 -	Pontas ativadoras: a) cone de guta-percha b) Inserto ultrassônico E1, HELSE, c) Lima Easy Clean, d) Lima XP Clean, e) Lima XP-endo Finisher	41
Figura 5 -	Clivagem do dente	42
Figura 6 -	MEV: a) Dente fixado ao “ <i>stub</i> ” com fita de carbono b) Marcação dos terços cervical, médio e apical	42
Figura 7 -	Microscópio eletrônico de varredura de bancada TM 3000. Hitachi	43
Figura 8 -	Imagens obtidas e qualificadas conforme sistema de escores de Caron et al. (2010): a) escore 1: nenhuma <i>smear layer</i> e túbulos dentinários abertos, b) escore 2: pequena quantidade de <i>smear layer</i> dispersa e túbulos abertos, c) escore 3: fina camada de <i>smear layer</i> e túbulos parcialmente abertos, d) escore 4: camada espessa de <i>smear layer</i> e túbulos parcialmente cobertos e e) escore 5: camada espessa de <i>smear layer</i> e túbulos totalmente cobertos	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e desvio-padrão dos valores dos escores atribuídos ao nível de remoção da <i>smear layer</i> em canais irrigados com seis técnicas diferentes	45
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Ativação manual
ANOVA	Análise de Variância
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo os Seres Humanos
CT	Comprimento de trabalho
EC	Easy Clean
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
Et al	Et alli
FO	Faculdade de Odontologia
G	Gauge
h	Hora
IC	Irrigação Convencional
IU	Irrigação Ultrassônica
kHz	Quilohertz
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
n	Tamanho da amostra
NaOCl	Hipoclorito de sódio
Ncm	Newton centímetro
NiTi	Níquel-titânio
pH	Potencial hidrogeniônico
PUI	Irrigação ultrassônica passiva
RPM	Rotações por minuto
s	Segundo
SCR	Sistema de canais radiculares
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
x	Vezes
XPC	Lima XP Clean
XPF	Lima XP-endo Finisher

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
®	Marca registrada
NaOCl	Hipoclorito de sódio
%	Porcentagem
<	Menor que
>	Maior que
=	Igual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
3 PROPOSIÇÃO	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 Desenho do estudo	36
4.2 Aspectos éticos	36
4.3 Seleção da amostra	36
4.4 Preparo da amostra	36
4.5 Irrigação e ativação da solução	37
4.6 Avaliação por microscopia eletrônica de varredura (MEV)	41
5 RESULTADOS	45
6 DISCUSSÃO	46
7 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXO - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA UFJF	54
APÊNDICE – ARTIGO CIENTÍFICO	57

1 INTRODUÇÃO

O objetivo da Endodontia consiste em manter ou promover a saúde dos tecidos periapicais (NG et al., 2011), através da eliminação, redução e/ou prevenção da reinfecção do sistema de canais radiculares (SCR) por microrganismos, através da limpeza, modelagem e obturação dos canais (ATTAM e TALWAR, 2010; GOMES et al., 2007; MISGAR et al., 2018). No entanto, o sistema de canais radiculares geralmente é constituído por uma anatomia muito complexa, apresentando istmos, ramificações e deltas, bem como áreas achatadas que dificultam uma boa desinfecção, deixando, após o preparo mecânico do canal, de 30 a 50% da superfície das paredes dos canais radiculares não preparadas, podendo comprometer o sucesso do tratamento endodôntico, devido a presença de biofilme e *smear layer* (VAZ-GARCIA et al., 2018).

A presença da *smear layer* após preparo de cavidade foi detectada há algumas décadas, através de análise de imagens utilizando a microscopia eletrônica de varredura (MEV), mostrando espessuras que variavam de 1µm até mais de 15µm, onde microrganismos poderiam sobreviver e desenvolverem no espaço entre material obturador e parede da cavidade, assim como no interior dos túbulos dentinários (BRÄNNSTRÖM e JOHNSON, 1974).

A *smear layer* é considerada como uma aglomeração de dentina, solução irrigadora e tecido orgânico aderidos à superfície do canal radicular, sendo composta por duas camadas, uma superficial, firmemente aderida à dentina, e outra camada mais profunda constituída por partículas menores que são compactadas nos túbulos dentinários, portanto mais difícil de ser removida. É sabido que essa compactação reduz a permeabilidade da dentina entre 25 a 49%, protegendo bactérias já instaladas nos túbulos dentinários. Vale ressaltar que as modernas técnicas de instrumentação permitem mais eficiência e rapidez, porém, em contrapartida, reduzem o tempo de contato dos irrigantes endodônticos com as paredes dos canais (SILVEIRA et al., 2013).

Sendo assim, a presença da *smear layer* torna-se uma barreira física, impedindo a penetração nos túbulos dentinários, de irrigantes, medicamentos e cimentos obturadores, comprometendo a integração desses com as paredes do canal, além de também ser um nutriente para os microrganismos existentes no interior do

sistema de canais radiculares e por isso, deve ser removida, anteriormente à obturação dos canais radiculares (ARSLAN *et al.*, 2016).

Além disso, vale ressaltar que as modernas técnicas de instrumentação permitem mais eficiência e rapidez, porém, em contrapartida, reduzem o tempo de contato dos irrigantes endodônticos com as paredes dos canais (SILVEIRA *et al.*, 2013).

O hipoclorito de sódio (NaOCl) em concentrações de 0,5% a 5,25% é o irrigante de escolha para desinfecção dos canais radiculares, porém, utilizado isoladamente, é ineficaz na remoção da *smear layer*. A associação com um agente quelante como a solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) na concentração de 17% tem mostrado eficácia na remoção da *smear layer* das paredes do canal, nos terços médio e cervical. No entanto, a remoção da mesma no terço apical não é satisfatória. O estreitamento dessa região pode impedir a penetração efetiva de irrigantes prejudicando uma desinfecção adequada (ARSLAN *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019).

Diversos estudos apontaram que a irrigação convencional com seringa e agulha é ineficaz na limpeza do SCR, principalmente na região de istmos, reentrâncias e na porção apical do canal radicular (BLANK-GONÇALVES *et al.*, 2011; CARON *et al.*, 2010). Com isso, vários dispositivos e técnicas têm sido desenvolvidos para melhorar a penetração e a eficácia da irrigação (ÇAPAR e AYDINBELGE, 2014; EKIM e EDERMIR, 2015), como a irrigação com pressão negativa (JIANG *et al.*, 2012), a ativação sônica ou ultrassônica (CASTAGNA *et al.*, 2013; NIU *et al.*, 2014), ativação manual com lima tipo Kerr ou cones de guta-percha (JIANG *et al.*, 2012; PARAGLIOLA *et al.*, 2010), limas plásticas (PARAGLIOLA *et al.*, 2010; SINGH *et al.*, 2010), e mais recentemente, instrumentos com designs diferenciados e com tratamento térmico (BAO *et al.*, 2017; REIS *et al.*, 2020; TEVES *et al.*, 2019; WIGLER *et al.*, 2017).

A aplicação de pontas ultrassônicas para ativação da irrigação do canal radicular, sendo um coadjuvante na desinfecção e limpeza, é amplamente citada na literatura (BAO *et al.*, 2017; KOLI *et al.*, 2014). Nesse sentido, outros tipos de pontas têm sido desenvolvidos. Como exemplo, podemos citar a lima plástica Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil), confeccionada em plástico injetado ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), com diâmetro de ponta de 0,25 mm e conicidade 0,04. Ela opera em motor elétrico com movimento reciprocante (giro de 180° no sentido horário, seguido de um giro de 90° no sentido anti-horário), podendo ser utilizada também em movimento rotatório, que, segundo o fabricante,

não é afetado pelo contato com as paredes do canal, pelo espaço em que opera e nem pela dispersão de forças dentro do canal (KATO *et al.*, 2016).

A lima XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) também pode ser utilizada como coadjuvante na agitação do irrigante endodôntico, possui diâmetro de ponta de 0,25 mm, sem conicidade (*taper* 0), formada por uma liga de NiTi (níquel-titânio), Maxwire® (Martensite-Austenite Electropolish-FleX, FKG) que possui memória molecular. Quando o instrumento está sob temperatura corpórea ele passa da fase martensítica, onde se encontra reto, para a fase austenítica, assumindo uma forma de semicircunferência nos seus 10mm finais da parte ativa, permitindo trabalhar em canais com morfologias complexas, alcançando áreas normalmente inatingíveis por instrumentos convencionais. Recomenda-se uma rotação de, no mínimo, 800 rpm, sendo que a velocidade ótima é de 1.000 rpm com torque de 1 Ncm (BAO *et al.*, 2017; JAYAKUMAR *et al.*, 2019; REIS *et al.*, 2020; TEVES *et al.*, 2019; WIGLER *et al.*, 2017).

Um outro instrumento desenvolvido especialmente com esse propósito foi a lima XP Clean (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), a ser utilizada após o término do preparo químico-mecânico do canal radicular, durante a irrigação final. Apresenta uma seção transversal triangular, diâmetro de ponta de 0,25mm e conicidade 0,02mm (*taper* 0,02). Seu regime de operação deve ser com velocidade de 800 a 900 rpm e sob um torque de 1 Ncm. Ela possui dois mecanismos de ação, sendo um deles a agitação do líquido irrigante, aumentando seu poder de limpeza e o outro o seu contato mecânico nas paredes internas do canal, atingindo partes ainda não tocadas, removendo debris e microrganismos (VAZ-GARCIA *et al.*, 2018).

Diante do exposto, esse estudo *ex vivo* avaliou a eficiência de diferentes técnicas de ativação da solução irrigadora de canais radiculares na remoção da *smear layer*, através da microscopia eletrônica de varredura, considerando os terços cervical, médio e apical do canal radicular.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Mader et al. (1984) avaliaram, *in vitro*, através de MEV, a *smear layer* formada na parede de canais radiculares após terem sido instrumentados. Foram usados 5 molares inferiores que possuíam um único canal na raiz distal. Os dentes foram, inicialmente, armazenados em glutaraldeído 2% e instrumentados com limas manuais tipo Kerr. O comprimento de trabalho foi adquirido através da lima manual #.10 passada além do forame até que pudesse ser visualizada e, então, recuou-se 1mm. O terço apical foi coberto com cera utilidade para evitar extravasamento de irrigante pelo forame e em seguida o dente foi colocado em um manequim. A técnica de instrumentação padronizada foi stepback, iniciando com a lima #.10 e seguindo até a lima #.50. O canal foi irrigado com 3 ml de NaOCl, na concentração de 5,25%, a cada troca de lima, usando seringa e agulha de 23 G, totalizando 30 ml do irrigante. Ao final o canal foi enxaguado com 3 ml de água estéril e seco com cones de papel. Os dentes foram, então, removidos do manequim e uma bolinha de algodão foi colocada sobre o orifício do canal distal. A raiz distal foi removida com disco, sem aquecimento, e sulcada longitudinalmente para ser seccionada ao meio. Foi usado o MEV, na magnificação de 520x até 3590x, em duas perspectivas, uma vista da superfície da parede do canal radicular e outra vista de perfil, buscando o escaneamento das imagens na junção entre túbulos dentinários e parede cortada do canal até encontrar áreas em que os túbulos estavam seccionados longitudinalmente permitindo a visão lateral da *smear layer*. Encontraram os seguintes aspectos a partir da perspectiva da superfície da parede do canal: as áreas, que foram instrumentadas, estavam anatomicamente irreconhecíveis; a *smear layer* era amorfa, irregular e granular; em algumas áreas a *smear layer* era mais acentuada; foram encontradas algumas rachaduras atribuídas ao preparo dos espécimes; alguns detritos foram vistos na parede do canal e por último perceberam-se algumas áreas sem instrumentação e sem a presença de *smear layer*, apenas com alguns detritos dispersos. Nas imagens de perfil foi encontrado um material de partícula fina, semelhante à *smear layer*, condensado no interior dos túbulos dentinários. Essa observação nunca havia sido relatada anteriormente na literatura. A aparência desse material e a espessura encontrada variavam pela extensão da superfície do canal. Em alguns locais, as estruturas condensadas atingiam uma profundidade no interior dos túbulos dentinários

de até 40 µm, parecendo prolongamentos de dedos, em outros, eram dispersas ou bem finas. Em alguns espécimes essa vista lateral coincidiu com áreas não instrumentadas e, nesse caso, não foram observados a presença desses fenômenos no interior dos túbulos dentinários. Concluíram que a instrumentação endodôntica com limas tipo K e a irrigação com NaOCl, na concentração de 5,25%, gera uma fina camada de *smear layer* na superfície do canal radicular e também condensada no interior dos túbulos dentinários; a espessura de *smear layer* encontrada na superfície do canal radicular foi em torno de 1 a 2 µm; a condensação de *smear layer* atingiu profundidade de 40 µm dentro dos túbulos em alguns pontos; a *smear layer*, resultante da instrumentação endodôntica, aparenta ser friável e fracamente aderida aos túbulos dentinários; esse estudo não é capaz de determinar a frequência com que ocorre a compactação dentro dos túbulos dentinários, nem sua usual profundidade .

Por meio de um estudo *ex vivo* em dentes bovinos, Siqueira Júnior et al. (1996) avaliaram, através de MEV, a capacidade de penetração de espécies diferentes de bactérias estritamente anaeróbias na parede dentinária dos canais radiculares. Foram usados incisivos bovinos com canais padronizados no diâmetro de aproximadamente 2mm através de uma broca esférica carbide. Após remoção de coroa e porção final do ápice, as raízes foram seccionadas transversalmente obtendo, de cada espécime, dois cilindros de dentina de 4mm, totalizando 32 exemplares. Os cilindros de dentina foram submersos em solução de ácido cítrico a 10%, por 3 min, sob agitação, para remoção da *smear layer*. Em seguida dois deles foram avaliados no MEV para confirmar a permeabilidade dos túbulos dentinários após tratamento com ácido cítrico. Os espécimes foram esterilizados em autoclave por 20 min a 121°C. Para garantir a esterilização, os cilindros de dentina foram colocados em tubos contendo Brain Heart Infusion broth pré-reduzido e esterilizado anaerobicamente (BHI-PRAS) e incubados a 37°C por uma semana. Após esse período, foram divididos em 6 grupos: 6 tubos foram inoculados com *Porphyromonas endodontalis*, outros 6 tubos com *Fusobacterium nucleatum*, 5 tubos com *Actinomyces israelii*, 5 tubos com *Porphyromonas gingivalis* e outros 5 tubos inoculados com *Propionibacterium acnes*. Ainda 5 tubos foram inoculados com *Enterococcus faecalis*, que é a única anaeróbia facultativa e relatada na literatura sendo capaz de penetrar nos túbulos dentinários, servindo à pesquisa como um grupo controle. Após incubação de 21 dias, os espécimes foram preparados para avaliação em MEV, com magnificação em torno de 4500x. A análise das imagens mostrou que todas as bactérias desse estudo foram

capazes de penetrar nos túbulos dentinários, atingindo profundidades variadas. As paredes do canal e túbulos dentinários foram intensamente infectados por *Enterococcus faecalis*, *Propionibacterium acnes* e *Actinomyces israelii*. A maioria dos túbulos dentinários continham bactérias no seu interior. As bactérias isoladas nessa pesquisa são comumente encontradas em infecções radiculares e relacionadas a falhas no tratamento endodôntico. Se houver percolação da obturação do canal radicular, os fluidos podem oferecer substrato a essas bactérias remanescentes que se multiplicarão causando danos aos tecidos periapicais.

Uma pesquisa de O'Connell et al. (2000) avaliou a remoção da *smear layer* e patência dos túbulos dentinários nos terços cervical, médio e apical, após irrigação do canal radicular com três diferentes soluções de EDTA, usando o MEV na magnificação de 1000x. A eficácia da irrigação de EDTA alternada com a solução de NaOCl na concentração de 5,25% também foi avaliada. As soluções de EDTA tiveram seu pH ajustado. O pH ideal para soluções de EDTA parece ser em torno de 6 a 10, normalmente o sal dissódico de EDTA, na saturação de 15 a 17%, é o que tem sido utilizado na irrigação de canais radiculares. O estudo foi feito com 22 pares de dentes semelhantes com raiz única. Quatro pares de dentes foram pré-sulcados, quatro desses dentes tiveram a polpa removida com extirpa nervos, sendo que nos outros 4 dentes contralaterais, a polpa foi mantida intacta. Esses dentes foram usados como grupo controle na avaliação por MEV. Os outros 18 pares de dentes foram randomizados e divididos em seis grupos de três pares (n=6). Os canais foram instrumentados com a técnica crown-down usando lima rotatória de níquel-titânio GT (Tulsa Dental, Tulsa, OK) seguida de Profile série 29 (Tulsa Dental, Tulsa, OK), esta usada para alargamento do terço apical (instrumentos *taper* 0,04, tamanhos #4 a #7). Em cada grupo, seis dentes foram irrigados, através de seringa e agulha 27G, com 3ml de NaOCl 5,25% e 3ml de solução experimental de EDTA após o uso de cada lima alternadamente. As soluções eram EDTA dissódico 15% (pH 7.1, ajustado com NaOH), EDTA tetrassódico 15% (pH 7.1, ajustado com HCl), e EDTA tetrassódico 25% (pH 7.1, ajustado com HCl). Ao final todos os dentes foram irrigados com 3ml de NaOCl e 3ml de água destilada. Os dentes contralaterais de cada grupo passaram pela mesma técnica de instrumentação, porém a irrigação foi diferente. Dois dentes receberam solução salina, outros dois receberam solução de NaOCl e dois receberam solução experimental de EDTA. Os dentes foram cortados longitudinalmente e imersos em glutaraldeído 2,5% por 24h, para fixar algum tecido mole remanescente

que houvesse. Os dentes foram preparados então para análise em MEV. Concluíram que nenhuma das soluções de EDTA usadas isoladamente foi capaz de remover totalmente a *smear layer*, por outro lado, as soluções combinadas ao NaOCl 5,25% foram igualmente eficazes nos terços cervical e médio, mas não foram tão efetivas no terço apical. O sal tetrassódico é mais barato e tão eficaz quanto o EDTA dissódico comumente utilizado.

Partindo do princípio, constatado em vários trabalhos anteriores, que nenhum irrigante é capaz de remover os elementos orgânicos e inorgânicos da *smear layer*, Teixeira, Felipe e Felipe (2005) desenvolveram uma pesquisa avaliando os efeitos do tempo de aplicação das soluções de EDTA e NaOCl na remoção da *smear layer* intracanal. Para isso, foram utilizados vinte e um caninos de canais retos, instrumentados manualmente com limas Flexofiles e K-files (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) pela técnica stepback e completada com brocas Gates–Glidden (Dentsply Maillefer). Entre o uso de cada lima o canal foi irrigado com 2ml de NaOCl 1%. Os dezoito dentes foram divididos em três grupos (n=6) e irrigados com EDTA 15% e NaOCl 1% usando diferentes tempos de duração: 1 min (grupo 1), 3 min (grupo 2), 5 min (grupo 3). Os irrigantes foram levados com seringa endodôntica e agulha 22G (Ibras, São Paulo, Brasil) 2mm aquém do comprimento de trabalho. Os três dentes restantes representam o grupo controle (grupo 4) e não receberam irrigação final. Os canais foram secos com cones de papel e protegidos com bolinha de algodão, na entrada do conduto, antes de iniciar o corte da coroa e o entalhe longitudinal, com disco de carborundum, no sentido vestibulo palatino. Após esse procedimento, as raízes foram divididas com cinzel e martelo e preparados para análise em microscópio eletrônico de varredura Philips XL 30 (Philips, Eindhoven, the Netherlands). As paredes dos canais, nos terços cervical, médio e apical, foram avaliadas, através de fotomicrografias, em uma magnificação de 1000x, quanto à presença ou ausência da *smear layer* e visualização da entrada dos túbulos dentinários. Dois examinadores previamente calibrados e cegados, quanto ao emprego dos irrigantes em cada grupo, avaliaram a limpeza das paredes dos canais seguindo o sistema de escores de Rome et al. (1985). 0 = sem *smear layer*, túbulos dentinários abertos, livres de detritos; 1 = *smear layer* moderada, contorno dos túbulos dentinários visíveis ou parcialmente cobertos com detritos; 2 = densa camada de *smear layer*. Os escores atribuídos foram submetidos à análise estatística pelo teste Kruskal–Wallis. Onde foram identificadas diferenças significativas, o teste de

comparação Conover–Inman foi utilizado. No grupo 1 a *smear layer* dos terços cervical e médio foi completamente removida, porém no terço apical não ocorreu o mesmo. Quando este foi comparado aos outros terços desse grupo evidenciou-se diferença estatisticamente significativa ($P = 0,007$). Os grupos 2 e 3 tiveram resultados idênticos, estando os terços cervical e médio livres de *smear layer*; quatro dentes apresentaram terço apical completamente livre de *smear layer*. Comparando os grupos 1,2 e 3, nenhuma diferença significativa foi encontrada ($P >0,05$). No grupo 4, com exceção do terço cervical de um único espécime, todas as paredes dentinárias estavam cobertas por *smear layer*. Concluíram que a irrigação com soluções de EDTA e NaOCl foi eficaz na remoção da *smear layer* nos terços cervical e médio dos canais em todos os tempos de aplicação (1, 3 e 5 min). A eficácia da remoção da *smear layer* no terço apical foi diminuída, particularmente, no grupo 1.

George et al. (2008) compararam um método de análise digital com o padrão ouro de sistema de escores com três observadores para avaliar a quantidade de *smear layer* removida em 35 dentes de canais únicos. O teste Fleiss Kappa mostrou boa concordância entre os examinadores e o método digital, enquanto o teste Cohens Kappa apresentou muito boa concordância entre os examinadores e entre cada um individualmente e o método digital. A utilização de métodos digitais de análise de imagem para avaliar a qualidade da parede do canal radicular após preparo se correlaciona bem com a abordagem tradicional, porém oferece maior escopo para análise das características dos túbulos dentinários, podendo também ser indicado para captar dados quantitativos do material em estudo.

Tendo em vista a ineficácia da remoção total de *smear layer* através do uso somente de seringa e agulha, Goel e Tewari (2009) elaboraram um estudo comparando a capacidade de remoção da *smear layer* entre Irrigação Ultrassônica Passiva Intermitente, Irrigação Ultrassônica Passiva Contínua, ativação com agulha de irrigação revestida de algodão NaviTip® FX e irrigação com seringa e agulha (grupo controle) usando EDTA 17% e NaOCl 2,5% como irrigantes. Utilizaram-se 40 pré-molares e caninos de raízes únicas e retas, medindo entre 21 e 24 mm de comprimento, instrumentados manualmente com limas K-files (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) pela técnica ápice-coroa e completada com brocas Gates–Glidden (Mani, Tochigiken, Japan). Os dentes foram randomizados e divididos entre os grupos de acordo com o método de ativação do irrigante final. Grupo A (controle) - irrigante não foi ativado, somente carregado com seringa e agulha 30G inserida 1 mm

aquém do comprimento de trabalho, sem prender às paredes; Grupo B (Navitip® FX) - ativação do irrigante com agulha 30G NaviTip® FX , inserida 1 mm aquém do comprimento de trabalho em movimentos de vai-e-vem numa amplitude de 6mm, utilizando-se 10 ml de EDTA a 17% por 1 min e em seguida, 10 ml de NaOCl 2,5% também por 1 min; Grupo C (PUI contínua com irrigante levado por seringa) – nesse grupo a ativação foi feita por uma lima K #10 acoplada ao sistema Suprasson P5 modificado (Satelec, Merignac, France) inserida 1 mm aquém do comprimento de trabalho, sem tocar nas paredes do canal. O ultrassom foi usado na potência 4 por 1 min, sendo que nesse período o canal foi irrigado com 10 ml de EDTA através de seringa e agulha. O procedimento foi repetido com NaOCl 2,5%. Grupo D (PUI contínua) – nesse grupo os canais foram submetidos à irrigação ultrassônica passiva por 1 min, assim como no grupo C, porém os irrigantes foram levados através do próprio dispositivo. Grupo E (PUI com ativação intermitente) – foi similar ao grupo C com a diferença que a ativação com a lima K #10 foi feita a cada 10s e, a cada intervalo, a solução era renovada com seringa e agulha 30G. O procedimento foi repetido 6 vezes totalizando 1 min. Uma irrigação com 2 ml de NaOCl 2,5% concluiu o preparo de todos os grupos, em seguida os dentes foram secos com cones de papel e marcados com disco nas medidas de 3mm, 6mm e 9mm a partir do ápice e, após, suas coroas foram seccionadas. Os espécimes foram cortados longitudinalmente, no sentido vestibulo lingual, desidratados e preparados para avaliação no MEV (Leo 435, VP, Cambridge, U.K.), operado em 15 KV. Foram tiradas fotomicrografias na magnificação de 400x, das regiões dos canais, previamente demarcados, correspondente a 3, 6 e 9 mm desde o ápice. Em cada nível, as fotos eram adjacentes, formando uma tira horizontal contínua. Sobre essa tira foi colocada uma grade de 60 μ m² para avaliar as imagens, através de escores que variavam de 1 (nenhuma *smear layer*) até 5 (parede do canal totalmente coberta por *smear layer*). O número de unidades avaliadas variava de 12 a 48, dependendo do diâmetro do canal radicular. Dois examinadores, calibrados e cegados, avaliaram a amostra. Quando havia divergência de pontuação, os dois examinadores avaliavam em conjunto a imagem. As médias registradas em cada nível foram analisadas estatisticamente quanto à significância (p<0,05) dentro e entre os grupos, usando análise de variância de Friedman (ANOVA), teste de Kruskal-Wallis e teste U de Mann-Whitney. Foi detectada diferença significativa entre os grupos nos diferentes níveis (3mm, 6mm e 9mm).

Escores significativamente menores foram encontrados nos níveis 3 mm e 6 mm dos grupos B (NaviTip FX) e E (PUI com ativação intermitente) quando comparados ao grupo controle e aos outros grupos. No nível 3mm, o grupo B foi significativamente melhor que o grupo E ($p < 0,05$), no entanto no nível 9 mm todos os grupos foram igualmente eficazes. No grupo B (NaviTip FX), os três níveis foram limpos sem que houvesse diferença significativa. No grupo E (PUI com ativação intermitente) não houve diferença significativa entre os níveis 6 mm e 9 mm, porém escores significativamente maiores foram notados no nível 3 mm, quando comparado aos níveis 6 mm e 9 mm desse mesmo grupo. Concluíram que, dentro da limitação de um estudo in vitro, tanto a NaviTip FX quanto a PUI intermitente são eficazes na remoção da *smear layer* no terço apical, portanto, NaviTip FX pode ser uma boa alternativa para o ultrassom e outros métodos de limpeza do canal radicular, com chances mínimas de aumento de temperatura. Embora a NaviTip FX tenha apresentado melhores resultados, é necessário um estudo clínico com amostra maior e que inclua, também, dentes posteriores com canais radiculares curvos, antes que essa técnica possa ser recomendada para uso de rotina.

Caron et al. (2010) compararam, em um estudo in vitro, a eficácia da remoção da *smear layer*, com e sem ativação do irrigante final em canais curvos. Conduziram o estudo com 50 molares inferiores que possuíam canais mesiais separados. Os dentes foram radiografados para avaliar a anatomia dos canais, verificar se eram canais individuais e checar a curvatura maior que 20° . Os canais foram instrumentados com o Sistema Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). A cada instrumento utilizado, o canal era irrigado passivamente com 0,5 ml de NaOCl a 3% usando uma agulha de 27 G (Monoject; Tyco Kendall, Hampshire, UK) inserida tão longe quanto possível sem se prender às paredes do canal. A patência foi mantida por uma lima K #10 e o procedimento realizado por um único operador. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais ($n=10$) e dois grupos controle ($n=5$). O controle negativo não recebeu irrigação final. O controle positivo foi imerso em um banho de 5 min de EDTA a 17%, seguido de outra imersão de NaOCl 3% também por 5 min. Grupo de não ativação: após sucção do excesso de NaOCl, com agulha 27G e seringa, o canal foi irrigado com 1 ml de EDTA 17% por 1 min. A seguir todos os canais foram irrigados com 3 ml de NaOCl 3%, deixado por 30 s. Grupo de ativação dinâmica manual: após sucção do excesso de NaOCl, com agulha 27G e seringa, o canal foi irrigado com 1 ml de EDTA 17% por

1 min. Foi realizada ativação com um cone de guta-percha médio (Henry Schein, Melville, NY) fazendo 100 movimentos de vai e vem durante 1 min. A seguir todos os canais foram irrigados com 3 ml de NaOCl 3%, realizando o mesmo bombeamento com cone principal médio porém, durante 30 s. Grupo de ativação dinâmica automatizada (Sistema RinsEndo): após sucção do excesso de NaOCl, com agulha 27G e seringa, o canais foram irrigados com 1 ml de EDTA 17% e ativados pelo Sistema RinsEndo, de acordo com recomendação do fabricante, durante 1 min. Após esse procedimento os canais foram irrigados com 3 ml de NaOCl 3% e ativados pelo sistema RinsEndo por 30 s. Grupo ativação dinâmica sônica (EndoActivator): após sucção do excesso de NaOCl, com agulha 27G e seringa, o canais foram irrigados com 1 ml de EDTA 17% e ativados pelo Sistema EndoActivator com a ponta vermelha (25/04) ou azul (35/04) a uma velocidade de 10 kHz por min. Cada canal foi então irrigado com 3 ml de NaOCl a 3% e a solução ativada da mesma forma (EndoActivator) durante 30 segundos. Em seguida todos os 4 grupos foram irrigados com 3 ml de soro fisiológico (em cada canal) para interromper a ação do NaOCl. A amostra foi armazenada em soro fisiológico, a 4°C até que se realizasse o seccionamento. Os dentes foram cortados em duas metades. Dois entalhes horizontais foram feitos, através de disco diamantado (Microsaw; Dentsply Friadent, Mannheim, Germany) montado em peça de mão, utilizando microscópio cirúrgico para separar os terços cervical, médio e apical. Um cone de guta-percha colorido foi utilizado internamente para evitar que detritos provenientes do corte penetrassem no interior dos canais. O terço cervical foi descartado, pois a lacuna existente entre o cone e a parede do canal comprometeu a visão e aumentou a possibilidade de corte mais profundo, introduzindo detritos nesta região do canal. Os terços médio e apical foram seccionados longitudinalmente demarcando-se com broca diamantada (889 Model; Komet, Paris, France). Cada terço foi dividido pela leve pressão de cinzel sobre a ranhura obtida. Os dentes foram desidratados e preparados para avaliação em MEV (Hitachi S2500, Verrieres-le-buisson, France) operado em 15 kV. Dois examinadores, calibrados e cegados, avaliaram a amostra na magnificação de 1000x, atribuindo escores de acordo com a quantidade de *smear layer* presente. Inicialmente os pesquisadores seguiram a escala preconizada por Hülsmann et al. 1997, mas, a significativa falta de sensibilidade para os melhores escores fez com que refinassem essa escala criando pontuações que são descritas a seguir: 1- nenhuma *smear layer* e túbulos dentinários abertos; 2- pequena quantidade de *smear layer* dispersa e

túbulos dentinários abertos; 3- fina camada de *smear layer* e túbulos dentinários parcialmente abertos; 4- túbulos parcialmente cobertos com uma camada espessa de *smear layer*; 5- túbulos totalmente cobertos com uma camada espessa de *smear layer*. Os dados não paramétricos foram analisados usando os testes Kruskal-Wallis test e Mann-Whitney. O nível de significância foi $\alpha = 0.05$. Toda a análise estatística foi realizada com software SPSS para Windows 12.0 (SPSS Inc, Chicago, IL). Os resultados mostraram que todo o grupo controle negativo obteve escore 5. Todo o grupo controle positivo pontuou 1. No terço médio, as comparações entre cada grupo mostraram uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$). Ao comparar cada grupo, apenas o grupo sem ativação pontuou 3, enquanto os outros grupos apresentavam sempre escores inferiores a 3. A comparação entre os grupos mostrou diferença estatisticamente significativa no terço apical ($p < 0,005$). O grupo EndoActivator mostrou diferença estatística ($p < 0,05$) comparado aos outros grupos, exceto para com o grupo de ativação manual (guta-percha). No entanto, apenas o grupo EndoActivator apresentou um escore de remoção de *smear layer* menor que 2. Concluíram que as soluções irrigadoras ativadas rendem canais mais limpos do que sem ativação e que mais experimentos são necessários para confirmação dos dados preliminares, principalmente, no que diz respeito a remoção de biofilme e resultados de desinfecção apical.

Pesquisando o escoamento dos irrigantes dentro dos canais radiculares preprados, Boutsoukis et al. (2010) compararam a capacidade de dois tipos de agulha relacionando-as à profundidade de inserção. Uma possuindo abertura lateral e outra plana com abertura final foram avaliadas através de um modelo de dinâmica de fluidos computacional em um canal simulado com diâmetro 0,45 mm e *taper* 0,06. Consideraram três profundidades de inserção das agulhas: 1, 2, 3, 4 e 5 mm aquém do comprimento de trabalho, avaliando velocidade, tensão de cisalhamento e pressão no canal radicular. Ambas as agulhas demonstraram redução semelhante da pressão apical com o distanciamento do comprimento de trabalho, sendo que a agulha com abertura final provoca maior pressão no ápice. A agulha com abertura lateral foi capaz de promover a substituição do irrigante somente a 1 mm de distância do comprimento de trabalho enquanto a agulha que possui abertura final conquistou a substituição completa do irrigante a 2mm do comprimento de trabalho. Os autores concluíram que a extensão do escoamento do irrigante, a tensão de cisalhamento e a pressão são afetadas pela profundidade de inserção da agulha, considerando uma boa média a

posição de 2 e 3mm aquém do comprimento de trabalho, promovendo uma troca adequada de irrigante. No entanto essa posição ideal de inserção da agulha deve ser considerada em cada caso pois há diferenças anatômicas nos canais, curvaturas e atresias.

Paragliola et al. (2010), em um estudo ex-vivo, avaliaram o efeito de diferentes protocolos de ativação de irrigantes endodônticos na penetração desses irrigantes no interior dos túbulos dentinários. Foram selecionados 56 dentes humanos extraídos com único canal reto. Dentes com comprimento menor que 20 mm e ápice maior que # 25, antes da instrumentação, foram excluídos. As coroas foram removidas e o comprimento de trabalho determinado por uma lima tipo K #10 introduzida no interior do canal, até que ela fosse vista no ápice, recuando-se, então, 0,5 mm. Os canais foram modelados por lima rotatória de níquel-titânio FlexMaster (VDW, Munich, Germany), tamanho 40, *taper* 0,06 (última lima usada no comprimento de trabalho). Durante a instrumentação, os canais foram irrigados com NaOCl 5%, usando seringa e agulha 30 G, 1 ml/30s durante 90s. Em seguida, os canais foram irrigados com 3 ml de EDTA 17% durante 2 min e, então, 3 ml de solução salina estéril. Os dentes foram randomizados, divididos em 7 grupos (n=8), os ápices foram cobertos por cera e, em seguida, uma irrigação final foi realizada com 5 ml de NaOCl a 5% marcado com vermelho de alizarina 0,2%, utilizando seringa e agulha endodôntica 30G, introduzida 5mm aquém do comprimento de trabalho. Os grupos tiveram diferentes protocolos de irrigação final. Grupo controle: sem agitação; Grupo Lima tipo Kerr: ativada com lima tipo K #10, introduzida 1mm aquém do comprimento de trabalho, realizando 20 movimentos de vai e vem, na frequência de 3 por segundo; Grupo Guta-percha: ativado com cone de guta-percha FM (*Fine Medium*), introduzido 1 mm aquém do comprimento de trabalho, realizando 20 movimentos de vai e vem, na frequência de 3 por segundo; Grupo EndoActivator: ativação com dispositivo sônico EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA) 10.000 cpm por 20s. Grupo Plastic Endo: agitação com lima F (Plastic Endo LLC, Lincoln-shire, IL), introduzida 1 mm aquém do comprimento de trabalho, trabalhando em 500rpm por 30s. Grupo PUI-Satelec: ativação por irrigação ultrassônica passiva Irrisafe Satelec (Ac-teongroup, Merignac, France) na potência 5 por 20s. Grupo PUI – SEM: ativação por irrigação ultrassônica passiva com ponta ESI (EMS, Nyon, Switzerland) na potência 5 por 20s. Após a secagem do canal com pontas de papel, as raízes foram cortadas em três placas de 1 mm de espessura a 1, 3 e 5 mm do ápice. Em seguida foram coladas em lâminas

de vidro e avaliadas por dois observadores, utilizando um microscópio de luz de fluorescência (Nikon Eclipse; Nikon, Tóquio, Japão). Os espécimes recebiam escores de 0 a 5 de acordo com a quantidade de penetração de vermelho de alizarina nos túbulos dentinários. Diferenças estatísticas foram encontradas e os grupos ranqueados da seguinte forma: Grupo controle = lima tipo K = guta-percha < EndoActivator = Plastic Endo < PUI Satelec = PUI EMS. Notaram também que a 1 mm do ápice radicular, o grupo PUI SEM exibiu o maior escore, o que significa maior penetração de vermelho de alizarina nos túbulos dentinários. No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos PUI – Satelec e PUI – SEM. A 3 e 5mm do ápice radicular, PlasticEndo, PUI – Satelec e PUI – SEM apresentaram escores similares que foram significativamente maiores que os outros grupos ($p < 0,001$). Este estudo examinou apenas penetração do corante nos túbulos dentinários portanto compreensível que as técnicas de agitação ultrassônica produzam melhores resultados. São necessários mais estudos para examinar o efeito de diferentes técnicas de agitação na "pontuação de detritos".

De Deus et al. (2011) em uma revisão de literatura alertam para a falta de confiabilidade da metodologia em pesquisas envolvendo remoção da *smear layer* sendo em sua maioria observador-dependente, onde as imagens de MEV são catalogadas através de escores. Relatam a necessidade de métodos reproduzíveis, livres de observadores, evitando-se assim o viés humano. Citam o MEV ambiental como vantajoso por não submeter a amostra a alto vácuo e metalização que comprometem estruturas a serem estudadas. Apresentam o Microscópio Ótico Cosite, desenvolvido por eles em 2007, que possibilita uma avaliação longitudinal de uma área de dentina, produzindo um conjunto de imagens e permitindo que a amostra seja removida do microscópio, passar por algum procedimento, como corrosão química e retornar ao mesmo. As imagens digitais podem ser analisadas por um software fornecendo quantificação precisa das estruturas. Porém o microscópio ótico tem um foco de profundidade restrito e a amostra tem que ter um preparo especial o que não condiz com a realidade clínica para fidelizar os dados. Seguem ainda indicando mais pesquisas e aprimoramento de equipamentos para que a reprodutibilidade seja possível e assertiva. Por outro lado, evidenciam que pesquisas que necessitam de examinadores e esses são submetidos por avaliação estatística Kappa, inter e intraexaminadores, apresentam dados mais confiáveis quando um sistema baseado somente em pontuação por escores é utilizado.

Blank-Gonçalves et al. (2011) utilizaram canais méso-vestibulares de 62 molares com curvatura de 33° para analisarem, qualitativamente, a remoção da *smear layer* entre sistemas de irrigação com e sem ativação. Os canais foram instrumentados por ProTaper (Dentsply Maillefer) até lima F2. A cada instrumento o canal era irrigado com 2 ml de NaOCl 2,5% e ao final 6 ml dessa mesma solução. A amostra foi dividida entre três grupos (n=20): irrigação convencional, irrigação ultrassônica e irrigação sônica (EndoActivator). O grupo controle foi composto por dois espécimes sem nenhuma irrigação final. Nos três grupos a irrigação final com 5 ml de EDTA a 17% e 5 ml de NaOCl a 2,5%, foi realizada utilizando-se seringa e agulha 30 G (NaviTips; Ultradent Products, South Jordan, UT) 2 mm aquém do comprimento de trabalho.

Grupo Irrigação Convencional: os canais foram irrigados com 2,5 ml de EDTA 17% deixados por 60 s, sem ativação e, em seguida, novamente irrigados com 2,5 ml de EDTA 17%. Após aspiração, os canais foram irrigados com 2,5 ml de NaOCl 2,5%, deixados por 30 s e, em seguida novamente irrigados com 2,5 ml de NaOCl 2,5%.

Grupo Ultrassônico: os canais foram irrigados com 2,5 ml de EDTA 17% ativados com ultrassom (P5 Satelec; Dentsply), com lima tipo K #15, na potência 3, introduzida 2 mm aquém do comprimento de trabalho durante 60 s seguida de nova irrigação de mais 2,5 ml de EDTA 17%. Após aspiração, os canais foram irrigados com 2,5 ml de NaOCl 2,5%, ativados similarmente por 30 s e, em seguida novamente irrigados com 2,5 ml de NaOCl 2,5%.

Grupo Sônico (EndoActivator): a irrigação foi conduzida da mesma forma que o grupo ultrassônico, porém, a ativação realizada pelo EndoActivator, usando a ponta amarela #15/0.02 em uma velocidade de 10.000 rpm, como indicado pelo fabricante. Os canais radiculares foram secos por cones de papel e cortados, longitudinalmente, no sentido vestibulo lingual, então preparados para análise em MEV (JSM 5900; JEOL, Tokyo, Japan) em 25 kV. Cada fragmento foi analisado primeiramente na magnificação de 25x e depois em 1000x na qual as fotografias foram tomadas. As imagens foram avaliadas por três observadores, previamente calibrados, de acordo com o sistema de escores proposto por Torabinejad et al. de 0 a 2, sendo 0 = nenhuma *smear layer* e túbulos dentinários abertos; 1 = moderada *smear layer*; 2 = densa camada de *smear layer* cobrindo a superfície do canal radicular e os túbulos dentinários. O teste Kapa foi utilizado para determinar a concordância entre examinadores e os testes Kruskal-Wallis e Dunn usados para comparar os grupos, no nível de significância de 5%. Notaram que no grupo controle havia uma camada espessa de *smear layer* cobrindo toda a superfície

do canal. O grupo de irrigação convencional mostrou moderada *smear layer*, enquanto que os grupos de ativação sônica e ultrassônica apresentaram mais espécimes com túbulos dentinários abertos e limpos. A comparação dos grupos mostrou uma diferença significativa entre o grupo de irrigação convencional e os grupos de ativação ($P = .0007$), porém não houve diferença significativa entre os grupos de ativação ultrassônico e sônico (EndoActivator). Concluiu-se que métodos de ativação de irrigação sônicos e ultrassônicos são mais eficazes na remoção da *smear layer* do que métodos convencionais, sem ativação.

Kato et al. (2016) compararam, em um estudo ex-vivo, a eficácia de limpeza das paredes do canal radicular de dois sistemas de ativação do irrigante final: irrigação ultrassônica passiva (PUI) e irrigação com ativação recíproca Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, Brasil), confeccionada em plástico injetado ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), com diâmetro de ponta de 0,25 mm e conicidade 0,04. Foram utilizadas as raízes méso-vestibulares de molares inferiores com curvatura entre 15° e 20°. O comprimento de trabalho foi determinado por uma lima tipo K #10 introduzida no interior do canal, até que ela fosse vista no ápice, recuando-se, então 1 mm. Os canais foram instrumentados com o sistema rotatório ProDesign Logic (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, Brasil). A cada instrumento utilizado o canal era irrigado com 3 ml de água destilada através de seringa e agulha 30G NaviTip (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT). Duas ranhuras longitudinais marcaram as paredes mesial e distal dos canais usando um disco diamantado de 0,08mm (Horico Dental Hopf, Ringleb & Co GmbH & Cie). Os sulcos resultantes alcançaram uma profundidade próxima do canal radicular sem se comunicar com o canal principal. As raízes foram então incorporadas em silicone pesado (Optosil Comfort Putty; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) até o nível da junção cimento-esmalte, para que pudesse ser utilizado o irrigante final sem que houvesse extravasamento. A seguir as raízes foram seccionadas através da pressão vertical de espátula 24 exercida sobre os sulcos. Usando uma lima tipo K #15 (KEndo CC Cord; VDW GmbH, Munich, Germany) com movimentos manuais oscilatórios, criaram-se seis recortes circulares nas paredes dos canais, a partir do ápice, com profundidade de 0,05 mm e diâmetro de 0,15 mm em intervalos de 1mm definindo os níveis L1, L2, L3, L4, L5 e L6. Foram lavados em água corrente para reduzir detritos. Então os espécimes foram recolocados unindo as metades, através do silicone pesado obtido e divididos em grupos de acordo com o protocolo de irrigação final.

Grupo controle positivo: os espécimes foram submersos em NaOCl 5,25% por 3 min e então, em EDTA 17% por 3min, após, irrigados com água destilada durante 1 min e secos em estufa a 80° por 3 min. Foram analisados em MEV ambiental (Phenom-World BV, Eindhoven, Netherlands) na magnificação de 1750x. Após obtidas as imagens, os mesmos espécimes foram preparados para o grupo controle negativo.

Grupo controle negativo: usando uma broca esférica, de baixa rotação, a raiz de um outro dente foi lixada e os restos de dentina removidos foram coletados e colocados em um recipiente plástico com solução de NaOCl a 2,5%. Em seguida o material foi espalhado sobre as ranhuras usando um pincel SingleTim (Voco, Cuxhaven, Alemanha). Os espécimes foram secos, e as imagens de microscopia eletrônica de varredura ambiental foram obtidas da mesma maneira que na etapa anterior. Nos grupos experimentais, os detritos de dentina foram colocados da mesma forma que no controle negativo.

Grupo PUI: os canais foram irrigados com NaOCl a 2,5% até ser totalmente preenchido. A PUI foi realizada com ponta Irrisonic E1, 20 / .01 (Helse Industria e Comércio, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) acoplada ao ENAC (Osada Electric Co, Aichi, Japão) na potência 3, introduzida 1mm aquém do comprimento de trabalho. Foram realizadas irrigações de 5 ml de NaOCl a 2,5% seguido por 5 ml de EDTA a 17% e, por último 5 ml de NaOCl a 2,5%. Todas as soluções foram renovadas e ativadas por 3 ciclos de 20 s. Ao final os canais foram irrigados com 20 ml de água destilada. Análise por MEV feita da mesma forma que os grupos anteriores.

Grupo Ativação Reciprocante usando Easy Clean: o dispositivo Easy Clean foi acoplado ao motor EasyEndo (Easy Equipamentos Odontológicos) no modo reciprocante, introduzido no canal no comprimento de trabalho e seguindo a mesma sequência das soluções e tempo de irrigação do grupo PUI assim como, a mesma forma de obtenção das imagens no MEV 1750x. As imagens foram avaliadas por dois examinadores previamente calibrados (teste Kappa), através do uso de escores de 1 a 5, de acordo com a quantidade de detritos e de túbulos dentinários abertos. Uma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre as técnicas de irrigação avaliadas na remoção de detritos nos três níveis mais apicais ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre o grupo de ativação Easy Clean e o grupo controle positivo para todos os níveis apicais analisados ($p < 0,05$). O grupo PUI teve resultados estatisticamente semelhantes aos do grupo controle negativo para os 3 níveis mais apicais e similares àqueles do grupo controle positivo para os três níveis mais cervicais. Para análise estatística aplicaram os testes Kruskal-Wallis e Friedman. Os

autores concluíram que o sistema de irrigação com ativação recíproca Easy Clean produziu paredes mais limpas, em comparação com o método ultrassônico passivo (PUI), em relação à eficácia da irrigação final do terço apical do canal radicular.

Bao et al. (2017) estudaram a eficácia da lima XP-endo Finisher (XPF; FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) na remoção de biofilme bacteriano comparada às técnicas de irrigação ultrassônica passiva (PUI) e convencional, com seringa e agulha. Para tal usaram um modelo de dente infectado com um sulco apical artificial. Cinquenta e quatro pré-molares, de canais únicos, fizeram parte dessa pesquisa. Cada dente foi dividido longitudinalmente em duas metades, com uma ranhura feita na parte apical, vestibular e lingual (através de disco diamantado). Depois de cultivar bactérias mistas (biofilme) por 4 semanas, as metades divididas foram remontadas e instrumentadas. Os dentes instrumentados foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos (n = 8) de acordo com o protocolo final de irrigação. Grupo irrigação convencional 1: irrigação contínua, com seringa e agulha 30G inserida 1 mm aquém do comprimento de trabalho, de 1,5 ml de NaOCl 3% durante 90 s. Grupo irrigação convencional 2: nesse grupo a irrigação foi renovada 3 vezes, sendo 0,5 ml a cada 30s de NaOCl 3%. Grupo PUI 1 - contínuo: 1 ml de NaOCl foi introduzido continuamente por 1 min enquanto o ultrassom (ProUltra, Dentsply Tulsa Dental) com a ponta E12 acoplada, na potência 3, ativava a solução. A seguir foram irrigados com 0,5ml de NaOCl 3%. Grupo PUI 2 (3 passos): a ativação ultrassônica do irrigante foi realizada por 20 segundos, seguida por irrigação de 0,5 mL de NaOCl a 3% por 10 s. Este ciclo de 30 segundos foi repetido 3 vezes. Grupo XPF1 – contínuo: o instrumento foi colocado em um contra ângulo (Dentsply Tulsa Dental), inserido no canal, trabalhando com 800 rpm e torque de 1Ncm por 1 minuto, com movimentos longitudinais lentos, de 7 a 8mm de amplitude. 1ml de NaOCl a 3% foi fornecido continuamente. Depois de remover o instrumento do canal, enquanto o mesmo ainda está girando, o canal foi enxaguado com 0,5 ml de NaOCl a 3% por 30 segundos. Grupo XPF 2 – 3 passos: XPF foi usado no canal por 20 segundos ativando NaOCl a 3% seguido por 10 s de irrigação com 0,5 ml de NaOCl a 3%. Este ciclo foi repetido 3 vezes. Em todos os grupos, foi realizada uma irrigação final com 1 ml de água esterilizada por 30s e 4 ml de EDTA 17% por 2 minutos. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (magnificação de 2000x) foram registradas para avaliar a quantidade de biofilme residual dentro e fora do sulco. Dois examinadores, com concordância verificada pelo teste Kappa, avaliaram as imagens. A porcentagem de

biofilme foi medida usando o software Image-Pro Plus 6.0 (Media Cybernetics, Bethesda, MD). Os dois grupos XPF mostraram melhores resultados na remoção de biofilme, seguido pelos dois grupos PUI. Os dois grupos IC mostraram as menores reduções de biofilme na superfície dos canais ($p < 0,05$). O grupo XPF 2 apresentou melhor eficiência de limpeza de biofilme que o grupo XPF 1 ($p < 0,05$). Em conclusão, dentro das limitações desse estudo, a XPF, provou ser eficaz na remoção de biofilme do canal principal, bem como do sulco apical. O protocolo intermitente de 3 etapas promoveu melhor limpeza do que o protocolo contínuo.

Duque et al. (2017) buscaram, em um trabalho com 50 raízes mesiais de molares inferiores, avaliar a eficácia na remoção de detritos das paredes dos canais e istmos de quatro técnicas diferentes de irrigação final. Os dentes possuíam curvatura de até 5° e istmos na região apical correspondente a 2,4 e 6 mm, detectados por meio de microtomografia computadorizada (SkyScan 1174; SkyScan, Aartselaar, Bélgica). Os dentes foram inseridos em uma mufla de alumínio, envoltos por resina epóxi e, então, removidos, cortados transversalmente em 2, 4, e 6 mm a partir do ápice. A seguir foram recolocados na mufla e instrumentados com sistema Reciproc R25 (VDW GmbH, Munich, Germany) completado com o sistema MTwo 35/04 (VDW GmbH, Munich, Germany) em rotação contínua, usando o motor elétrico VDW (VDW GmbH, Munich, Germany). Durante a instrumentação os canais foram irrigados com 5 ml de NaOCl a 2,5%, através de seringa e agulha 30G introduzida 3 mm aquém do ápice. Após o preparo químico mecânico, as raízes foram removidas e as imagens foram tomadas por MEV (Aspex Express; Fei Europe, Eindhoven, Netherlands). O próximo passo foi remontar em mufla e dividir em 5 grupos ($n=10$) de acordo com a irrigação final. Grupo Endoactivator: os canais foram irrigados com 2 ml de NaOCl a 2,5 % e ativados com a ponta 25/04 por 20 s, introduzida 2 mm aquém do comprimento de trabalho. Esse procedimento foi repetido mais duas vezes totalizando, 6 ml de NaOCl e 1 min de ativação sônica. Ao final, os canais foram irrigados com 2 ml de solução salina. Grupo irrigação ultrassônica passiva: o procedimento foi similar, porém utilizando-se o inserto ultrassônico Irrisonic 20/01 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) acoplado ao ultrassom Gnatus (Gnatus Equipamentos médicos e odontológicos Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Grupo Easy Clean rotação contínua: similar aos dois grupos anteriores e ativado pelo dispositivo Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) acoplado a contra-ângulo trabalhando a aproximadamente 20.000 rpm (KaVo Kerr Group, Charlotte,

NC). Grupo Easy Clean em movimento recíprocante: similar ao anterior, porém usando o motor elétrico VDW (VDW Silver, VDW GmbH) no modo Reciproc All. Grupo Irrigação Convencional: os canais foram irrigados com 2 ml de NaOCl a 2,5 % por 20 s, com seringa e agulha 30G Navitip introduzida 2 mm aquém do comprimento de trabalho. Esse procedimento foi repetido mais duas vezes totalizando 6 ml de NaOCl. Ao final, os canais foram irrigados com 2 ml de solução salina. Todos os grupos passaram por registro das imagens em MEV após cada etapa: instrumentação, primeira, segunda e terceira etapas de irrigação (com ou sem ativação). As imagens foram analisadas pelo software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD) calculando a área total de detritos no canal e istmos, após a instrumentação e os valores dos detritos dentinários presentes após cada passo de agitação do irrigante. Foram usados os testes Kruskal-Wallis, Dunn e Friedman com nível de significância de 5%. Nenhum dos sistemas foi capaz de eliminar completamente os detritos no interior dos canais. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p > 0,05$) porém a 2mm do ápice o grupo Easy Clean em rotação contínua foi mais eficiente que o grupo irrigação convencional ($p < 0,05$). Também foi constatado uma redução de detritos a cada passo realizado de agitação do irrigante. Os autores concluíram, dentro da limitação do estudo, que os métodos com agitação da solução irrigante promoveram melhor limpeza do canal e istmo, principalmente com o sistema Easy Clean utilizado na rotação contínua e em baixa velocidade. Perceberam a necessidade em realizar 3 etapas de agitação do irrigante, de 20 segundos cada, para garantir uma melhor limpeza.

Zand et al. (2017) compararam a quantidade de *smear layer* remanescente em 68 dentes de raiz única após o preparo radicular com Sistema Bio RaCe (FKG Dentaire, Switzerland), técnica crown-down, e XP-endo Finisher (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) associada a EDTA 17% e NaOCl a 2,5%. Os dentes foram randomizados em 4 grupos experimentais (n=14) e 2 grupos controle (n=6). Grupo 1: XPF com 2ml de NaOCl a 2,5% por 1 min; grupo 2: XPF com 1ml de EDTA a 17% por 1 min; grupo 3: XPF foi usado por 1 min com solução salina; grupo 4: XPF usado como ativador do NaOCl a 2,5% por 30s e EDTA 17% por mais 30s. O grupo controle negativo foi irrigado com NaOCl 2,5% durante o preparo radicular seguido por irrigação com EDTA 17%. O grupo controle positivo foi irrigado com solução salina durante o preparo do canal. Todos os grupos passaram por irrigação com 20 ml de solução salina ao final do procedimento. Os espécimes foram avaliados por MEV nos

terços apical (3 mm do ápice), médio (7 mm do ápice) e coronário (11 mm do ápice) e as imagens tomadas submetidas à classificação por escores de Torabinejad de 1 a 3, sendo 1: ausência de *smear layer*, túbulos dentinários abertos; 2: quantidade moderada de *smear layer*, ausência de *smear layer* na superfície mas túbulos carregados com detritos; 3: grande quantidade de *smear layer*, parede completamente coberta e túbulos dentinários carregados de detritos. Os dados foram analisados através do teste Kruskal-Wallis não paramétrico e teste U post hoc de Mann-Whitney, usando SPSS. Diferença estatisticamente significativa definida em $p < 0,05$. Não foi identificado em nenhum grupo canais sem *smear layer*. Foram detectadas diferenças estatisticamente significantes entre os terços dos canais radiculares (coronário, médio e apical) e entre os irrigantes. A menor quantidade de *smear layer* foi identificada no grupo 2 não havendo diferença estatisticamente significativa com o grupo controle negativo. Esse estudo concluiu que a associação de NaOCl e EDTA com ativação por XPF foi mais eficaz na remoção da *smear layer*.

Marques et al. (2018) em um estudo com 80 pré-molares inferiores avaliaram a influência da ampliação do preparo do canal radicular na eficiência de diferentes protocolos de agitação do EDTA. Os dentes foram divididos em 2 grupos quanto à ampliação do preparo em 25 ou 40, *taper* 0,08. Em seguida foram redistribuídos em subgrupos de acordo com o protocolo de agitação: EDTA; EDTA + Easy Clean em movimento rotatório (ECROT); EDTA + Easy Clean em movimento recíprocante (ECREC); e EDTA + Irrigação ultrassônica passiva (PUI). Para controle positivo e negativo mais 10 dentes foram utilizados. O grupo EDTA foi irrigado por 1 ml de EDTA 17% durante 1 min e esse procedimento repetido mais 2 vezes. O grupo EDTA + ECROT recebeu 1 ml de EDTA 17% com agitação por 30s da lima Easy Clean em movimento rotatório (1000 rpm) e repouso nos próximos 30s, repetindo por mais duas vezes. Assim também foi feito nos grupos EDTA+ ECREC (movimento recíprocante) e EDTA + PUI (inserto E1 Irrisonic; Helse, Santa Rosa de Veterbo, SP, Brasil sob potência 3,30 kHz). Ao final, todos os espécimes foram irrigados com 5 ml de NaOCl 0,9%. Os dentes foram clivados no sentido vestibulo lingual e nessas metades foram demarcadas distâncias de 2, 6 e 10mm do ápice e avaliadas em MEV (Aspex Express; FEI Europe, Eindhoven, Holland) na voltagem de 15–20 kV e magnificação de 750x. Essas imagens foram examinadas por dois observadores calibrados, cegados que lhe atribuíram escores de acordo com o sistema de Arslan et al :0 = superfície sem debris e *smear layer* e exposição completa dos túbulos dentinários; 1 = superfície apresenta

smear layer cobrindo apenas túbulos dentinários abertos sendo possível observar seu contorno; 2 = fina camada de *smear layer* cobrindo túbulos sendo possível observá-los em pequenas áreas; 3 = superfície completamente coberta por *smear layer* sendo impossível visualizar túbulos dentinários abertos. Cada terço foi analisado pelos testes Kruskal–Wallis e Student–Newman e para avaliar a limpeza dos canais no que tange à ampliação do preparo o teste Friedman foi utilizado, todos considerando diferença estatisticamente significante $p < 0.05$. Em relação ao terço apical foi observada diferença estatística quanto à largura do preparo mostrando aumento da capacidade de limpeza dos métodos ECROT e PUI em tamanhos 40 *taper* 0,08. Nos dados gerais o preparo tamanho 40 proporcionou melhor limpeza em todos os protocolos. Considerando os resultados, maiores ampliações estão ligadas positivamente a melhores capacidades de limpeza independente do protocolo de ativação utilizado. Conclui-se que métodos complementares de limpeza são necessários para um bom resultado do tratamento endodôntico e que a ampliação do preparo colabora para otimizar os protocolos de ativação de EDTA no terço apical, encontrando nesse estudo melhores resultados em ECROT e PUI.

Azimian et al (2019) utilizaram 50 segundos pré-molares inferiores, com curvatura menor que 20° , para avaliar a capacidade de remoção de debris e *smear layer* da lima XP-endo Finisher associada a diferentes soluções irrigadoras. Os dentes foram preparados com o sistema Bio RaCe (FKG Dentaire, Switzerland) e os canais irrigados com 2 ml de NaOCl a 2,5% após o uso de cada lima com seringa e agulha 30G (Transcodent GmbH and Co Kiel, Germany). Ao término foram enxaguados com 5 ml de solução salina. Grupo 1: XPF + 2 ml de solução salina por 1 min; Grupo 2: XPF + 2 ml de EDTA 17% por 1 min; Grupo 3: XPF + NaOCl 2,5% por 1 min; grupo 4: XPF + EDTA 17% por 30 s + 5 ml de solução salina e XPF + NaOCl 2,5% por 30 s; grupo 5: EDTA 17% por 1 min + 5 ml de solução salina + NaOCl 2,5% por 1 min. Nos 4 grupos a XPF operou a 800 rpm em movimentos de vai e vem por 1 min. Os dentes tiveram a coroa removida na junção amelo-cementária e as raízes seccionadas em duas metades no sentido vestibulo-lingual. As imagens dos terços coronário, médio e apical foram tomadas pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV 5600; JEOL Ltda, Tokyo, Japan) na magnificância de 3000x e avaliadas por 3 endodontistas experientes cegados. Foram atribuídos escores para os debris (sistema de escores de Hulsmann) e para a *smear layer* também com sistema de escores semelhante onde 1 representa ausência de *smear layer* e túbulos dentinários abertos, 2 - pequena

quantidade de *smear layer* e poucos túbulos dentinários abertos, 3 – *smear layer* uniforme cobrindo quase toda a parede do canal e poucos túbulos dentinários abertos, 4- *smear layer* uniforme cobrindo toda a parede do canal e túbulos dentinários fechados, 5 - *smear layer* espessa, irregular, cobrindo toda a parede do canal. O teste Kruskal-Wallis foi usado para comparação dos grupos e $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo. Debris e *smear layer* foram encontrados em todos os canais. Não houve diferença estatisticamente significativa quanto a remoção de debris e *smear layer* entre os terços coronário, médio e apical e nem entre os grupos. Os autores atribuem esse resultado à determinação de inserir a agulha 30G na porção apical durante irrigação, diferente de estudos anteriores. Os grupos XPF + solução salina e XPF + NaOCl 2,5% mostraram a menor remoção de *smear layer* comparados aos outros grupos. Assim os autores concluem com esse trabalho que a lima XP-endo Finisher não tem maior capacidade de remoção de *smear layer* do que o protocolo padrão de soluções irrigantes NaOCl associado ao EDTA.

3 PROPOSIÇÃO

A proposta desse estudo *ex vivo* foi avaliar a eficiência de diferentes técnicas de ativação da solução irrigadora de canais radiculares na remoção da *smear layer*, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), nos terços cervical, médio e apical do canal radicular, sendo elas: irrigação convencional com seringa (IC), ativação manual com cone de guta-percha (AM), ativação por irrigação ultrassônica passiva (PUI), ativação da irrigação pela lima plástica Easy Clean (EC), ativação da irrigação pela lima XP-endo Finisher (XPF) e a ativação pela lima XP Clean (XPC).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Desenho do estudo

O presente trabalho resultou de um estudo experimental laboratorial *ex vivo*, realizado em 60 dentes pré-molares inferiores, extraídos de humanos, provenientes do Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (FO-UFJF).

4.2 Aspectos éticos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Juiz de Fora e aprovado sob o Parecer de número 3.077.302 (Anexo A), em 12/12/2018.

4.3 Seleção da amostra

De um total aproximado de 180 dentes pré-molares, foram selecionados 60 para serem incluídos neste estudo, os quais tiveram que apresentar uma única raiz e um único canal. Para tanto, passou-se por uma primeira inspeção visual selecionando aqueles com apenas uma raiz e, posteriormente, por meio de radiografias tomadas no sentido vestibulo-lingual e méso-distal, foram selecionados dentes com apenas um único canal radicular. Além disso, apenas dentes permanentes com ápice completamente formado, sem tratamento endodôntico, calcificações ou reabsorções foram incluídos no estudo.

4.4 Preparo da amostra

O acesso ao canal radicular foi realizado de maneira tradicional com auxílio das brocas 1012 e Endo Z (FKG) em seguida, a patência do canal determinada por meio de uma lima Kerr 10 (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). O comprimento de trabalho (CT) foi estabelecido introduzindo-se uma lima Kerr 10 no interior do canal até que sua ponta fosse visualizada na saída do forame apical recuando-se 1 mm a partir deste ponto. Os dentes selecionados deveriam apresentar diâmetro do forame

correspondente à ponta de uma lima Kerr 15 (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) no CT. Aqueles que não cumpriam esse requisito foram excluídos do estudo. Posteriormente, o forame apical foi vedado com TopDam (FGM, Joinville, SC, Brasil) a fim de criar o vapor-lock, simulando a condição clínica.

Em seguida, os dentes foram fixados em uma morsa de bancada e seus canais foram instrumentados com sistema recíprocante de lima única Reciproc R40 (40/.06) (VDW, Munique, Alemanha), em motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) (Figura 1), configurado no modo “Reciproc All”. A instrumentação respeitou a técnica dos terços, introduzindo o instrumento inicialmente no terço cervical, depois no terço médio e, por fim, no terço apical, sempre em movimentos de vai e vem de pequena amplitude (média de 3mm) até atingir o CT. Ao término da instrumentação de cada terço e retirada total da lima, o canal foi irrigado com 2 ml de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) em uma concentração de 5,25% (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brasil), usando uma ponta de irrigação Navitip 30G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA) que foi inserida até 2 mm aquém do CT (Figura 2).

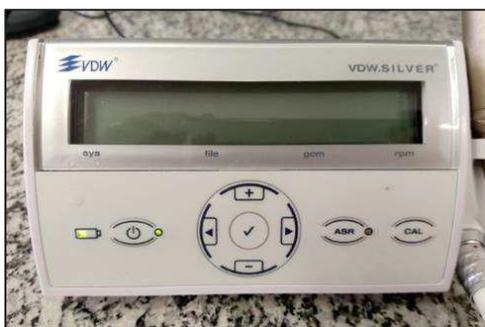


Figura 1- Motor elétrico Reciproc Silver (VDW).
Fonte: elaborada pela autora.



Figura 2 – Ponta de irrigação Navitip.
Fonte: elaborada pela autora

4.5 Irrigação e ativação da solução

Após o preparo dos canais, os mesmos foram submetidos a uma irrigação final com solução de EDTA (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda, Ibioporã, Paraná, Brasil) na concentração de 17%, com objetivo de remoção da *smear layer*. A solução foi carregada ao interior do sistema de canais radiculares por meio de seringa tipo Luer Lock (BD - Becton Dickinson, New Jersey, EUA) acoplada à ponta de irrigação Navitip

30G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA), que foi inserida a 2mm do CT. O volume total de EDTA (3 ml) e o intervalo de tempo mantido no interior do canal (3 minutos) foi o mesmo para todos os grupos.

Todo o processo foi realizado com os dentes montados em uma morsa de bancada adaptada no interior de uma cuba térmica a 37°C (Figura 3) de modo a manter o dente numa temperatura padrão próxima à temperatura intrabucal. Isto se tornou necessário, visto que um dos instrumentos utilizados na ativação da substância – lima XP-endo Finisher – sofre alteração de forma quando em ambiente com temperatura acima de 35°C, se adequando à anatomia interna do canal radicular.

Para realização desta etapa de irrigação e ativação, os dentes foram previamente pareados e, então, distribuídos em seis grupos (n=10), de acordo com a técnica utilizada nesta irrigação final.

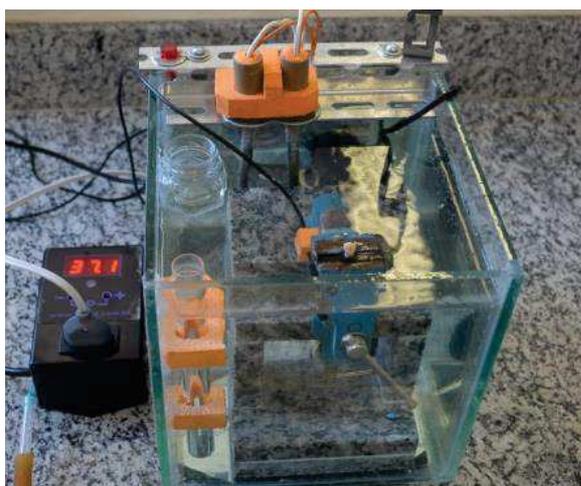


Figura 3 – Cuba térmica.
Fonte: elaborada pela autora.

1 - Irrigação convencional (IC): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido no canal radicular e deixado por 1 minuto. A solução foi levada com uma ponta de irrigação Navitip 30G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA), inserida a 2 mm do CT, sem pressão. Em seguida, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por um tempo total de 3 min.

2 - Ativação manual (AM): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido no canal radicular e ativado com uma ponta de guta-percha (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) calibrada com diâmetro de ponta #25 (Figura 4a) inserida até 1 mm aquém do CT,

evitando-se pressão sobre as paredes do canal radicular. Foram realizados 30 movimentos de entrada e saída com amplitude de aproximadamente 3mm durante o intervalo de tempo de 30 segundos. Após a remoção da ponta de guta-percha, a solução de EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar o tempo de 1 minuto. Findo esse processo, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por 3 minutos.

3 – Irrigação ultrassônica (IU): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido no canal radicular e ativado com uma ponta ultrassônica Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) acoplada à um aparelho de ultrassom Enac (Osada, Japão) na potência 3, inserida até 1 mm aquém do CT, evitando-se pressão sobre as paredes do canal radicular. Foram realizados 30 movimentos de entrada e saída com amplitude de aproximadamente 3 mm durante o intervalo de tempo de 30 segundos. Após a remoção da ponta ultrassônica, a solução de EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar o tempo de 1 minuto. Findo esse processo, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por 3 minutos (Figura 4b).

4 – Easy Clean (EC): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido no canal radicular e ativado com o instrumento plástico Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) acoplado ao motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) no modo “Reciproc All” inserido até 1 mm aquém do CT, evitando-se pressão sobre as paredes do canal radicular. Foram realizados 30 movimentos de entrada e saída com amplitude de aproximadamente 3mm durante o intervalo de tempo de 30 segundos. Após a remoção do instrumento, a solução de EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar o tempo de 1 minuto. Findo esse processo, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por 3 minutos (Figura 4c).

5 – Grupo XP Clean (XPC): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido no canal radicular e ativada com a lima XP Clean (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) acoplada ao motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) em modo de rotação na velocidade de 800 rpm e torque de 1Ncm até atingir 1 mm aquém do CT, evitando-se pressão sobre as paredes do canal radicular. Foram realizados 30

movimentos de entrada e saída com amplitude de aproximadamente 3mm durante o intervalo de tempo de 30 segundos. Após a remoção da lima, a solução de EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar o tempo de 1 minuto. Findo esse processo, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por 3 minutos (Figura 4d).

6 - XP-endo Finisher (XPF): 1 ml de solução de EDTA foi inserido no canal radicular e ativada com a lima XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) acoplada ao motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) em modo de rotação a 1.000 rpm e torque de 1 Ncm, penetrando até 1mm aquém do CT evitando-se pressão sobre as paredes do canal radicular. Foram realizados 30 movimentos de entrada e saída com amplitude de aproximadamente 3mm durante o intervalo de tempo de 30 segundos. Após a remoção da lima, a solução de EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar o tempo de 1 minuto. Findo esse processo, a solução de EDTA foi aspirada e renovada, sendo esse procedimento repetido por mais 2 vezes, totalizando 3 ml de solução de EDTA por 3 minutos (Figura 4e).

Após os procedimentos de ativação, os espécimes de todos os grupos foram irrigados com 5 ml de água destilada e armazenados em 4°C até a avaliação por MEV.

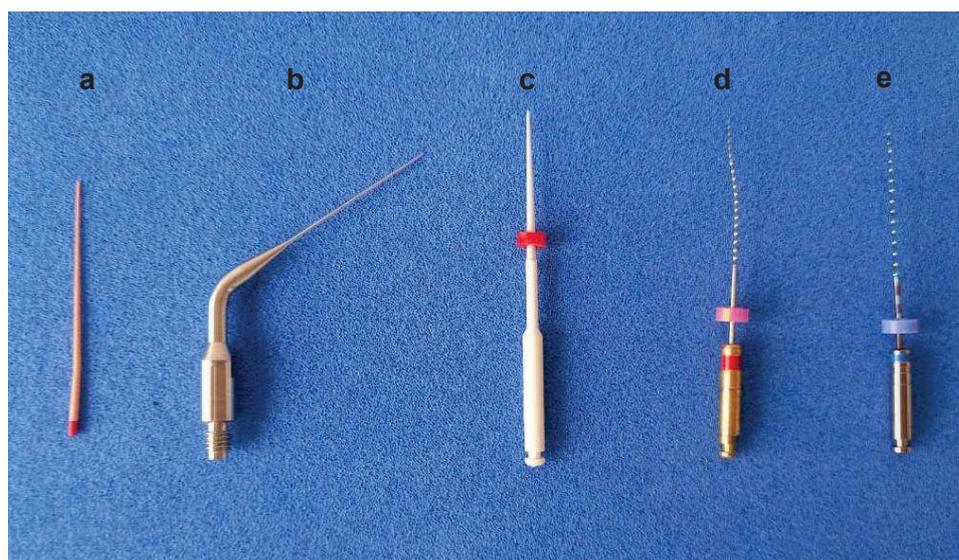


Figura 4 – Pontas ativadoras: a) cone de guta-percha b) Inserto ultrassônico E1, HELSE, c) Lima Easy Clean, d) Lima XP Clean, e) Lima XP-endo Finisher

Fonte: elaborada pela autora

4.6 Avaliação por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Após os protocolos de irrigação, foram confeccionadas canaletas por meio de disco de carborundum, no sentido longitudinal da raiz, nas faces vestibular e lingual, até as proximidades do canal sem, no entanto, atingí-lo. Usando-se cinzel e martelo, sob uma base de madeira com plano inclinado, os dentes foram clivados em dois fragmentos (Figura 5). Os fragmentos foram divididos, por meio de marcações com caneta Pilot de tinta preta, em três terços: cervical, médio e apical, de modo que a tinta não atingisse a área a ser avaliada.

As partes clivadas foram fixadas, com fita de carbono, em pequenas bases de metal “*stubs*” (Figura 6), de modo que a face do canal radicular ficasse voltada para o operador para análise em MEV. Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura ambiental TM 3000, Hitachi (Tokyo, Japão) (Figura 7) operando a 5kV que, por seus atributos, não requer desidratação nem metalização da amostra, contribuindo para preservar as características das estruturas a serem analisadas. Imagens das superfícies cervical, média e apical do canal radicular dos três segmentos da raiz foram tomadas em ampliação de 1000x.

Foram capturadas três imagens por terço, totalizando 90 imagens por grupo. Na captura das imagens de cada terço, uma área aleatória foi elegida para a primeira imagem e, a partir dessa área, para as capturas da segunda e terceira imagens, o campo foi movimentado com cinco estágios (toques) lateralmente para cada uma das capturas.

Para a análise das imagens, cada uma foi aberta individualmente a partir do arquivo original, num monitor em tela cheia, sem qualquer tipo de ampliação ou manipulação e em ambiente com baixa iluminação. As imagens foram avaliadas por dois examinadores cegados, previamente calibrados, com intervalo de duas semanas para reavaliação de 10% da amostra.

A calibração dos examinadores foi feita através de apresentações de slides de duas figuras representativas de cada score, obtidas durante o projeto piloto e que não foram utilizadas no trabalho. Os examinadores receberam as imagens para avaliar e repetiram a avaliação 24 horas após, para determinar a concordância interexaminadores.

O grau de remoção da *smear layer* foi classificado por um sistema de escores (Figura 8) de Caron *et al.* (2010):

- 1- nenhuma *smear layer* e túbulos dentinários abertos;
- 2- pequena quantidade de *smear layer* dispersa e túbulos dentinários abertos;
- 3- fina camada de *smear layer* e túbulos dentinários parcialmente abertos;
- 4- túbulos parcialmente cobertos com uma camada espessa de *smear layer*;
- 5- túbulos totalmente cobertos com uma camada espessa de *smear layer*.

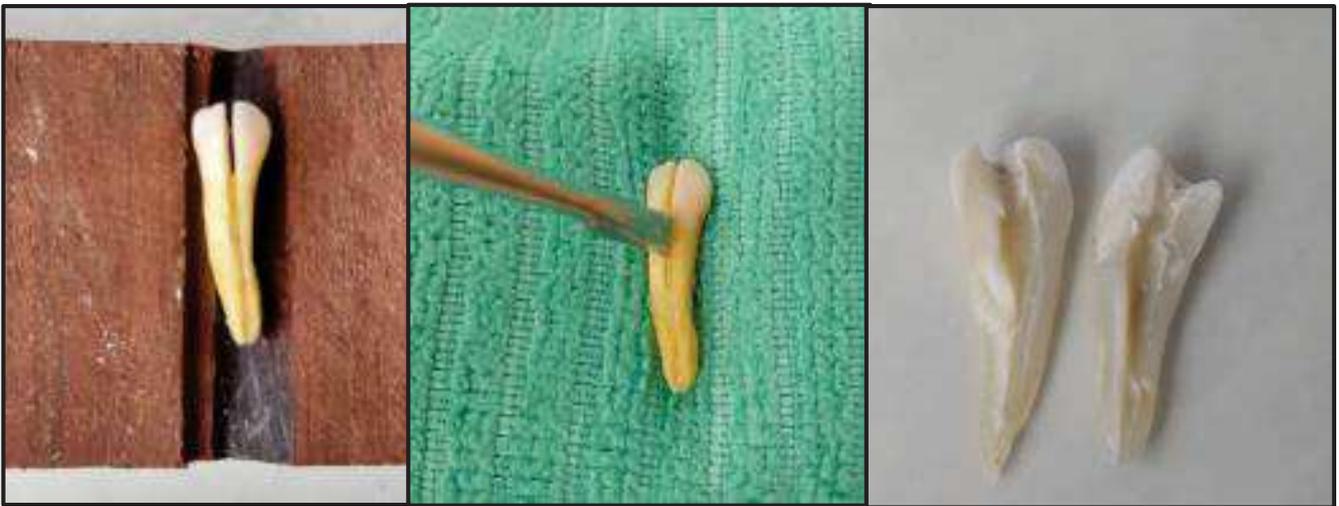


Figura 5 - Clivagem do dente
Fonte: elaborada pela autora.

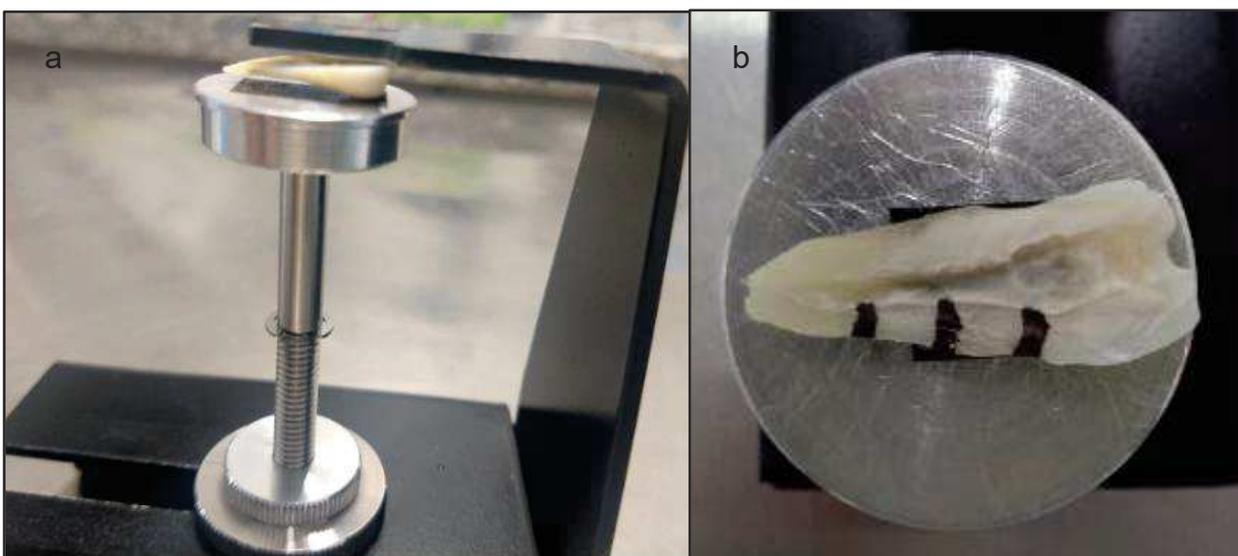


Figura 6 – MEV: a) Dente fixado ao “*stub*” com fita de carbono b) Marcação dos terços cervical, médio e apical

Fonte: elaborada pela autora.



Figura 7 – Microscópio eletrônico de varredura de bancada. TM 3000 – Hitachi
Fonte: elaborada pela autora.

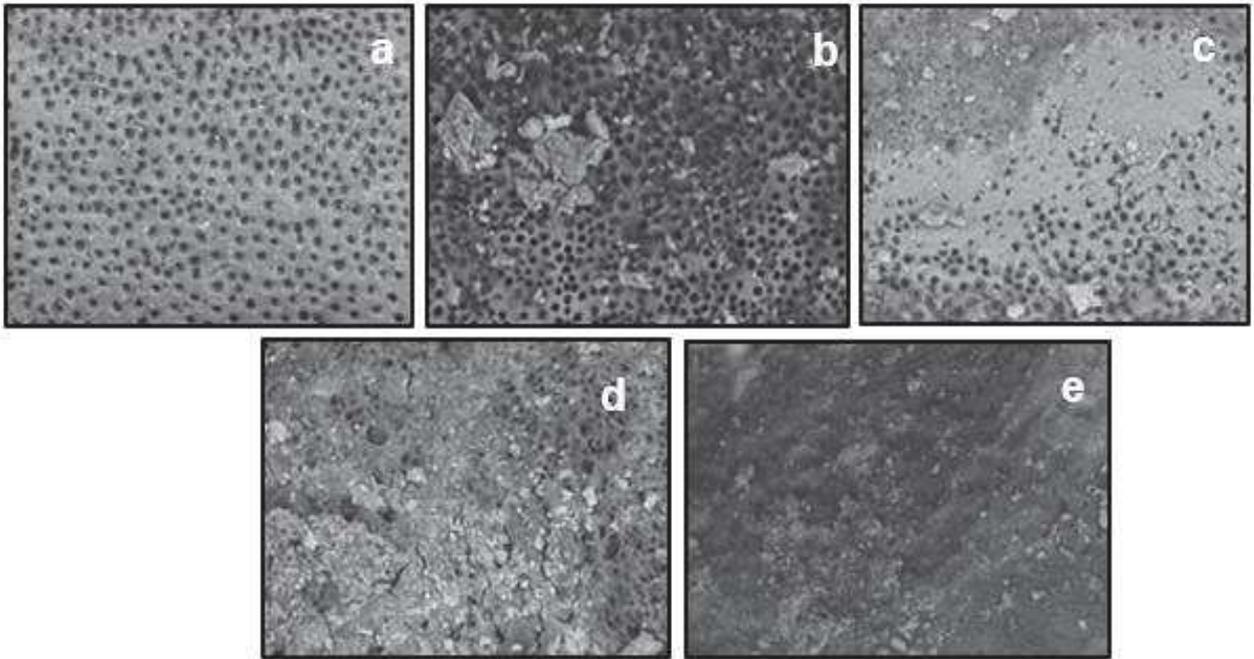


Figura 8 - Imagens obtidas e qualificadas conforme sistema de escores de Caron et al. (2010): a) escore 1: nenhuma *smear layer* e túbulos dentinários abertos, b) escore 2: pequena quantidade de *smear layer* dispersa e túbulos abertos, c) escore 3: fina camada de *smear layer* e túbulos parcialmente abertos, d) escore 4: camada espessa de *smear layer* e túbulos parcialmente cobertos e e) escore 5: camada espessa de *smear layer* e túbulos totalmente cobertos

5 RESULTADOS

O teste Kappa foi utilizado para avaliar a concordância intra e interexaminadores, apresentando resultado de 0.95 e 0.80, respectivamente, demonstrando boa concordância.

Os valores dos escores atribuídos aos terços cervical, médio e apical dos canais foram comparados entre os seis protocolos de irrigação utilizados aplicando-se o teste ANOVA com desenho de blocos randomizados, com nível de significância de 5%. De acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, os dados foram considerados normais e, de acordo com o teste de Levene, as variâncias podem ser consideradas homocedásticas. Todas as análises e gráficos foram realizados no software R 3.6.0 (R Core Team, 2019), utilizando os pacotes “ExpDes”, “ggplot2”, e ggpubr.

Os valores dos escores relacionados ao nível de remoção de *smear layer* não mostraram diferenças significativas entre os canais irrigados com diferentes protocolos nos terços apical ($F = 0,28$, $p = 0,92$), médio ($F = 0,55$, $p = 0,73$) e cervical ($F = 0,28$, $p = 0,92$).

Tabela 1 - Média e desvio-padrão dos valores dos escores atribuídos ao nível de remoção da *smear layer* em canais irrigados com seis técnicas diferentes.

Técnicas de Irrigação	Terços dos canais		
	Apical	Médio	Cervical
IC	3.06 ± 1.11	2.99 ± 1.02	3.06 ± 1.11
AM	2.77 ± 1.10	2.99 ± 0.77	2.77 ± 1.10
PUI	2.83 ± 0.97	3.00 ± 0.96	2.83 ± 0.97
EC	2.83 ± 0.97	3.40 ± 0.83	2.83 ± 0.97
XPC	2.60 ± 0.78	3.17 ± 0.71	2.60 ± 0.78
XPF	2.93 ± 0.81	3.33 ± 0.54	2.93 ± 0.81

Quanto à distribuição dos escores, o escore 1 não foi detectado em nenhum dente do grupo 6, enquanto que o escore 5 não foi encontrado em nenhum dente dos grupos 4 e 6. Os outros escores tiveram participação em todos os grupos.

6 DISCUSSÃO

A presença da *smear layer* após o preparo do canal pode levar à manutenção de microrganismos e restos pulpares no interior dos canais radiculares e, conseqüentemente, influenciar negativamente no tratamento endodôntico (BLANK-GONÇALVES *et al.*, 2011; CARON *et al.*, 2010). Assim, técnicas de ativação, como a irrigação ultrassônica, instrumentos plásticos (Easy clean) e novos instrumentos com designs diferenciados e tratamento térmico (XP Clean, XP-endo Finisher) permitindo a adaptação à configuração dos canais foram fabricados na tentativa de melhorar a limpeza dos canais e a conseqüente remoção da *smear layer* (Azimian *et al.*, 2019 ; Caron *et al.*, 2010; Duque *et al.* 2017; Mader *et al.*, 1984; Marques *et al.*, 2018; O'Connell *et al.*, 2000; Siqueira Júnior *et al.*, 1996). Por isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade de diferentes protocolos de ativação da irrigação na remoção da *smear layer*, quando comparados a irrigação convencional.

No presente estudo, as técnicas de ativação demonstraram resultados similares à irrigação convencional no que tange a capacidade de remoção de *smear layer*, para todos os terços avaliados.

Tal fato pode ser justificado pelo fato de todos canais terem sido instrumentados com sistema recíprocante (40/.06), o que permitiu uma boa ampliação do canal, facilitando a limpeza pelos irrigantes e melhorando o desempenho das limas ativadoras, possibilitando, assim, maior remoção de *smear layer* por todos os protocolos de irrigação/ativação final (Bao *et al.* 2017; Azimian *et al.* 2019). No terço apical, onde as maiores dificuldades de remoção de *smear layer* e contato da substância irrigadora poderiam ser encontradas, essas foram atenuadas pela similaridade dimensional do diâmetro de ponta do preparo apical.

Tais achados corroboram com estudos prévios que demonstraram não haver diferença entre irrigação convencional e protocolos de ativação da irrigação, como irrigação ultrassônica (Blank-Gonçalves *et al.* 2011; Goel e Tewari 2009) e lima XP-endo Finisher (Azimian *et al.* 2019). Por outro lado, estudos prévios como de Caron *et al.* (2010) e Paragliola *et al.* (2010) demonstraram melhor remoção da *smear layer* para os protocolos de ativação como irrigação ultrassônica, ativação por cones de guta-percha e uso de limas plásticas. Essa diferença entre os estudos pode ser explicada devido ao tipo de amostra utilizada. No presente estudo foi utilizado pré-molares inferiores com canal único, sem curvaturas, que apresenta menor variação

anatômica, como istmos e reentrâncias, o que pode ter favorecido a remoção da *smear layer* (Goel e Tewari 2009). Além disso, neste trabalho, foi realizado o pareamento da amostra, que minimizou as possíveis divergências da complexidade anatômica radicular.

Outro fator que pode ter levado a ausência de diferença entre a irrigação convencional e os demais protocolos de ativação testados é a profundidade de inserção da agulha de irrigação, a 2 mm aquém do comprimento de trabalho, além da troca constante do irrigante, o que pode influenciar positivamente na remoção da *smear layer* no terço apical, independente da técnica de ativação utilizada (Goel e Tewari 2009, Boutsoukis et al. 2010).

Em relação aos protocolos de ativação utilizados, também não foi encontrada diferença na remoção da *smear layer*, o que concorda com estudos anteriores que demonstraram ausência de diferença entre diversos protocolos de ativação (Blank-Gonçalves et al. 2011).

No entanto, apesar dos avanços alcançados ao longo do tempo e com novos instrumentos e técnicas de agitação, os dados obtidos nesta investigação e na literatura comprovam que não é possível deixar o canal isento de *smear layer*.

Embora a irrigação com NaOCl seguida de EDTA seja incapaz de remover completamente a *smear layer*, esse procedimento tem demonstrado melhores resultados do que a irrigação com cada uma dessas soluções separadamente. O uso de EDTA a 17% e pH 7,5 visa promover maior penetração da solução e remover a *smear layer*, que oclui os túbulos dentinários que podem conter microrganismos e seus subprodutos (Pécora et al., 2003; Souza et al., 2009).

Em relação a metodologia empregada no presente estudo, todos os procedimentos intracanaís foram realizados em um aparato que mantinha a temperatura do dente em 37°C para permitir que os instrumentos XP-endo Finisher e XP Clean alcançasse a forma serpenteada, adaptando-se a anatomia dos canais radiculares.

Além disso, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para avaliação da presença da *smear layer* nos túbulos dentinários, sendo considerada o método mais comumente utilizado (Azimian et al., 2019; Blank-Gonçalves et al., 2011; Goel e Tewari, 2009; Mader et al. 1984; O'Connell et al., 2010; Teixeira et al., 2005; Zand et al., 2017). No entanto, essa técnica requer o preparo metalográfico, lixamento e desidratação das amostras, provocando danos biológicos às mesmas. Assim, no

presente estudo optou-se pelo uso do MEV ambiental, sem a necessidade de desidratação nem a metalização das amostras, contribuindo para preservar as características da estrutura dentinária e da *smear layer* (De-Deus et al. 2011). Considerando um fator negativo seria a avaliação da amostra que é feita a partir da visualização das imagens em MEV utilizando escores, sendo uma técnica subjetiva e operador-dependente (De-Deus et al. 2011). A fim de minimizar a subjetividade, as imagens foram avaliadas por dois examinadores, previamente calibrados e, posteriormente, foi realizado o teste estatístico para conferir a concordância intra e interexaminador e a validade dos resultados (George et al., 2008).

Diante do número reduzido de estudos com instrumentos com design diferenciados, como XP-endo Finisher e XP Clean, sugere-se a realização de novas pesquisas para avaliar a performance desses instrumentos em canais curvos e com anatomia complexa, além da avaliação da possível remoção de dentina durante a ativação dos irrigantes, através da técnica de microtomografia computadorizada.

7 CONCLUSÃO

Os protocolos de ativação da solução irrigadora utilizados neste estudo durante a irrigação final não apresentaram benefícios no que diz respeito à remoção da *smear layer* quando comparados à técnica de irrigação convencional.

REFERÊNCIAS

- ARSLAN, D. et al. Comparison of smear layer removal ability of QMIX with different activation techniques. **J Endod**, v. 42, n. 8, p. 1279-1285, Aug. 2016.
- ATTAM, K.; TALWAR, S. A laboratory comparison of apical leakage between immediate versus delayed post space preparation in root canals filled with Resilon. **Int Endod Journal**, v. 43, n. 9, p. 775-781, Sept. 2010.
- AZIMIAN, S. et al. In vitro effect of XP-Endo finisher on the amount of residual debris and smear layer on the root canal walls. **Dent Res J**, v. 16, n. 3, p. 179-184, May-June 2019.
- BAO, P. et al. Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. **J Endod**. v. 43, n. 2, p. 321-325, Feb. 2017.
- BLANK-GONÇALVES, L. M. et al. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 1268–1271, June 2011.
- BOUTSIOUKIS, C. et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. **J Endod**, v. 36, n. 10, p.1664-1668, Oct. 2010.
- BRANNSTROM, M.; JOHNSON, G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. **J. Prosthet Dent**, v. 31, n. 4, p. 422-430, April 1974.
- ÇAPAR, I. D.; AYDINBELGE, H. A. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. **Scanning**, v. 36, n. 6, p. 640-647, Nov.-Dec. 2014.
- CARON, G.; NHAM, K.; BRONNEC, F. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. **J Endod**, v. 36, n. 8, p. 1361–1366, Aug. 2010.
- CASTAGNA, F. et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal-a SEM analysis. **Microsc Res Tech**, v. 76, n. 5, p. 496-502, May 2013.
- DE-DEUS, G.; REIS, C.; PACIORNIK, S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: Methodological issues. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod** v. 112, n. 4, p. 531–543, Oct. 2011.
- DUQUE, J. A. et al. Comparative effectiveness of new mechanical irrigant agitating devices for debris removal from the canal and isthmus of mesial roots of mandibular molars. **J Endod**. v 43, n. 2, p. 326-331, Feb. 2017.

EKIM, S. N. A.; ERDEMIR, A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. **Microsc Res Tech.** v. 78, n. 3, p. 230-239, Mar. 2015.

GEORGE, R.; RUTLEY, E.B.; WALSH, L. J. Evaluation of smear layer: A comparison of automated image analysis versus expert observers. **J Endod**, v. 34, n. 8, p. 999–1002, Aug. 2008.

GOEL, S.; TEWARI, S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 108, n. 3, p. 465-470, Sept. 2009.

GOMES, M. S. et al. Microbial Leakage and Apical Inflammatory Response in Dog's Teeth After Root Canal Filling with Different Sealers, Post Space Preparation and Exposure to the Oral Environment. **J Appl Oral Sci**, v. 15, n. 5, p. 429-436, Sept./Oct. 2007.

JAYAKUMAAR, A. et al. Evaluation of debris and smear layer removal with XP-endo Finisher: A scanning electron microscopic study. **Indian J Dent Res**, v. 30, n. 3, p. 420-423, May-June 2019.

JIANG, L. M.; LAK, B.; EIJSVOGELS, L. M. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 838-841, June 2012.

KATO, A. S. et al. Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. **J Endod**, v. 42, n. 4, p. 659–663, Feb. 2016.

KOLI, P. et al. "Ultrasonic Management of Calcified Canal: A Case Report." **Oral Surg Oral Med Oral Radiol**, v. 2, n. 2, p. 11-13, Apr. 2014.

LIMA, C. O. et al. Effect of different protocols of final irrigation on smear layer removal. **Dental Press Endod**, v. 9, n. 2, p. 43-49, May-Aug. 2019.

MADER, C. L.; BAUMGARTNER, J. C.; PETERS, D. D. Scanning Electron Microscopic Investigation of the Smear Layer on Root Canal Walls. **J Endod** v. 10, n. 10, p. 477-483, Oct. 1984.

MARQUES, A. C. et al. 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**, v. 19, n. 9, p. 1087-1094, Sept. 2018.

MISGAR, O. H. et al. Clinical and radiographic study of the causes of primary endodontic treatment failure. **Int J Appl Dent Sci**, v. 4, n. 1, p. 21-24, Mar. 2018.

NG, Y. L.; MANN, V.; GULABIVALA, K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. **Int Endod J** v. 44, n. 7, p. 583–609, Jul. 2011

NIU, L. N. et al. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. **J Dent**, v. 42, n. 8, p. 1001-1009, Mar. 2014.

O'CONNELL, M. S. et al. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. **J Endod**, v. 26, n. 12, p. 739-743, Dec 2000.

PARAGLIOLA, R. et al. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 282-285, Feb. 2010.

PÉCORA, J. D. et al. In vitro evaluation of external root temperature changes during Er:YAG laser application with five different fiber optic tip withdrawal techniques. **Int Congr Ser**, v. 1248, p. 297-299, May 2003.

REIS, S. D. et al. Volumetric Analysis of Irrigant extrusion in immature teeth after different final agitation techniques. **J Endod**, v. 46, n. 5 p. 682-687, May 2020.

SIQUEIRA, J. F. Jr.; UZEDA, M.; FONSECA, M. E. F. A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. **J Endod**, v. 22, n. 6 p. 308-310, June 1996.

SILVEIRA, L. F. M. et al. Evaluation of the different irrigation regiments with sodium hypochlorite and EDTA in removing the smear layer during root canal preparation. **J Microsc Ultrastruct**, v. 1, n. 1, p. 51–56, June 2013.

SINGH, S.; NIGAM, N. Comparative evaluation of surface characteristics of dentinal walls with and without using plastic finishing file. **J Conserv Dent**, v. 13. n. 2, p. 89-93, Apr-June 2010.

SOUZA, L. C. et al. Photodynamic therapy with two different photosensitizers as a supplement to instrumentation/irrigation procedures in promoting intracanal reduction of *Enterococcus faecalis*. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 292-296, Feb. 2010.

TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C. S.; FELIPPE, W. T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. **Int Endod J**, v. 38, n. 5, p. 285–290, May 2005.

TEVES, A. et al. Effectiveness of different disinfection techniques of the root canal in the elimination of a multi-species biofilm. **J Clin Exp Dent**. v. 11, n. 11, p. 978-983, Nov. 2019

VAZ-GARCIA, E.S. et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP Endo Finisher and XP-Clean. **Braz Dent J**, v. 29, n. 2, p. 208-213, Mar.-Apr. 2018.

WIGLER, R. et al. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. **Int Endod J**, v. 50, n. 7, p. 700-705, June 2017.

ZAND, V. et al. Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP-endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. **J Clin Exp Dent**, v. 9, n. 11, p. 1310-1314, Ago 2017.

ANEXO - Parecer Consubstanciado do CEP

 CENTRO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS SÉRIES HUMANAS		UFJF - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - MG	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP			
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA			
Título da Pesquisa: Eficácia de novas técnicas de ativação da irrigação final na remoção da smear layer			
Pesquisador: Celso Neiva Campos			
Área Temática:			
Versão: 1			
CAAE: 03884918.4.0000.5147			
Instituição Proponente: FACULDADE DE ODONTOLOGIA			
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio			
DADOS DO PARECER			
Número do Parecer: 3.077.302			
Apresentação do Projeto:			
Apresentação do projeto está clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, estando de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, item III.			
Objetivo da Pesquisa:			
Os Objetivos da pesquisa estão claros bem delineados, apresenta clareza e compatibilidade com a proposta, tendo adequação da metodologia aos objetivos pretendido, de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.1 - 4.			
Avaliação dos Riscos e Benefícios:			
Riscos e benefícios descritos em conformidade com a natureza e propósitos da pesquisa. O risco que o projeto apresenta é caracterizado como risco mínimo e benefícios esperados estão adequadamente descritos. A avaliação dos Riscos e Benefícios está de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, itens III; III.2 e V.			
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:			
O projeto está bem estruturado, delineado e fundamentado, sustenta os objetivos do estudo em sua metodologia de forma clara e objetiva, e se apresenta em consonância com os princípios éticos norteadores da ética na pesquisa científica envolvendo seres humanos elencados na resolução 466/12 do CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS.			
Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.036-900 UF: MG Município: JUIZ DE FORA Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@uff.edu.br			
Página 01 de 03			



Continuação do Parecer. 3.077.302

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa está em configuração adequada, apresenta FOLHA DE ROSTO devidamente preenchida, com o título em português, identifica o patrocinador pela pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra a; e 3.4.1 item 16. Apresenta o TERMO DE DISPENSA DO TCLE de acordo com a Resolução CNS 466 de 2012, item: IV.8. O Pesquisador apresenta titulação e experiência compatível com o projeto de pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas no Manual Operacional para CPEs. Apresenta DECLARAÇÃO de infraestrutura e de concordância com a realização da pesquisa de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra h.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o projeto está aprovado, pois está de acordo com os princípios éticos norteadores da ética em pesquisa estabelecido na Res. 466/12 CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS. Data prevista para o término da pesquisa: abril de 2020.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12 e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO do protocolo de pesquisa proposto. Vale lembrar ao pesquisador responsável pelo projeto, o compromisso de envio ao CEP de relatórios parciais e/ou total de sua pesquisa informando o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1267080.pdf	03/12/2018 17:01:04		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_completo.pdf	03/12/2018 17:00:33	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Conf_Sigilo.pdf	03/12/2018 16:31:23	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório /	Declara_BDH.pdf	03/12/2018 16:30:23	Celso Neiva Campos	Aceito

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.036-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@uff.edu.br

 CONTEÚDO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO EM SERES HUMANOS	 UFJF	UFJF - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - MG	 Plataforma Brasil
---	---	---	--

Continuação do Parecer: 3.077.302

Biobanco	Declara_BDH.pdf	03/12/2018 16:30:23	Celso Neiva Campos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Dispon_TCLE.pdf	03/12/2018 16:29:55	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Decl_InfraEstr.pdf	03/12/2018 16:29:27	Celso Neiva Campos	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	03/12/2018 16:28:20	Celso Neiva Campos	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 12 de Dezembro de 2018

Assinado por:
Jubel Barreto
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SAO PEDRO CEP: 38.038-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br

APÊNDICE - ARTIGO CIENTÍFICO

10/01/2022 08:05

ScholarOne Manuscripts

 Australian Dental Journal[Home](#)[Author](#)[Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
Australian Dental Journal**Manuscript ID**
ADJ-01-22-0015**Title**
Evaluation of different root canal irrigation activation techniques in smear layer removal**Authors**
Neves, Alessandra
de Lima, Carolina
Campos, Celso**Date Submitted**
10-Jan-2022[Author Dashboard](#)

10/01/2022 08:05

ScholarOne Manuscripts

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2022. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

[@ScholarOneNews](#) | [System Requirements](#) | [Privacy Statement](#) | [Terms of Use](#)

Evaluation of different root canal irrigation activation techniques in smear layer removal

Running title: activation techniques and smear layer

Alessandra Silva dos Santos Neves ¹, Carolina Oliveira de Lima², Celso Neiva Campos¹

¹ Department of Clinics, School of Dentistry, Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, Brazil.

² Department of Endodontics, School of Dentistry, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Corresponding author

Carolina Oliveira de Lima

Rua Rogério Karp 310, Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Phone: (+55) 21 980128993

E-mail: c.oliveiradelima@yahoo.com.br

Authorship declaration

All authors have contributed significantly, and all authors are in agreement with the manuscript.

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

Disclosure statement

The authors certify that they have no commercial or associative interest that represents a conflict of interest in connection with the manuscript.

Evaluation of different root canal irrigation activation techniques in smear layer removal

Abstract

Background: The aim of this study was to analyze the ability to remove the smear layer with six different techniques used in the final irrigation of root canals. **Methods:** Sixty mandibular premolars with single root canals were selected prepared with Reciproc R40 (VDW) system and irrigated with sodium hypochlorite and 17% EDTA. Then, the teeth were paired and divided into six groups according to the final irrigation protocol (n=10): conventional irrigation (CI), manual activation (MA), ultrasonic irrigation (UI), Easy Clean plastic file (EC), XP Clean (XPC) and XP-endo Finisher (XPF). The smear layer removal capacity was evaluated in the cervical, middle and apical thirds by means of scanning electron microscopy (SEM). The values of the scores assigned were compared between the six irrigation protocols used, applying the ANOVA test with a randomized block design, with a significance level of 5%. **Results:** No significant differences between the values of scores in the different protocols in the apical ($p>0.05$), medium ($p>0.05$), and cervical ($p>0.05$) thirds. **Conclusion:** The activation protocols used in this study during the final irrigation did not show benefits with regard to smear layer removal when compared to the conventional irrigation technique.

Keywords: smear layer, root canals irrigation, scanning electron microscopy

Introduction

Anatomical complexities impose limitations to endodontic treatment, and isthmus, branches, deltas, and flat areas may remain untouched after mechanical chemical preparation¹. An anterior study showed that 30 to 50% of the surface of the root canal walls, after instrumentation, remain unprepared and covered by a layer of smear layer or dentinal mud, that are capable to compromise the success of the endodontic treatment².

The smear layer, arising from the endodontic preparation, is made up of inorganic components - dentin remains, and organic ones, such as pulp tissue, blood

cells, and bacteria³⁻⁴. Smaller particles are compacted in the dentinal tubules, therefore more difficult to be removed, reducing dentin permeability between 25 to 49%, protecting bacteria already installed in the dentinal tubules. Therefore, the smear layer is a physical barrier that prevents the penetration of irrigants, intracanal medicaments, and root canal sealer into the dentinal tubules, in addition to being a nutrient for microorganisms within the root canal system⁵⁻⁶.

Sodium hypochlorite (NaOCl) in concentrations from 0.5% to 5.25% is the irrigant of choice for disinfection of root canals associated with a chelating agent such as a solution of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) at a concentration of 17 % through conventional irrigation with a syringe and needle. However, several studies have shown that conventional irrigation is ineffective in removing the smear layer, especially in the region of isthmuses, recesses, and in the apical portion of the root canal⁷⁻⁸, as they are more narrow, which can hinder the effective penetration of irrigants, hindering adequate disinfection⁵⁻⁹.

In order to improve the penetration and effectiveness of irrigation, some instruments were developed with the aim of helping to activate the irrigators and provide a better removal of the smear layer¹⁰⁻¹¹. An example is the plastic file Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológico, Belo Horizonte, MG, Brazil), which is used in reciprocating motion. It is made of injected ABS plastic (Acrylonitrile Butadiene Styrene), and with a tip diameter of 0.25 mm and 0.04 taper, not acting on the canal walls, the space in which it works, nor the channel window dispersion¹¹.

The XP-endo Finisher file (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) can also be used as an adjunct in the placement of the endodontic irrigant. It has a tip diameter of 0.25mm, without taper (0.0), formed by an alloy of NiTi (nickel-titanium), Maxwire® (Martensite-Austenite Electropolish-FleX, FKG) which has molecular memory. When the instrument is under body temperature, it passes from the martensitic phase, where it is straight, to an austenitic phase, assuming a semi circumference shape in its final 10mm of the active part, allowing it to work in root canals with complex morphologies, reaching areas normally unattainable by instruments conventional¹²⁻¹³⁻¹⁴⁻¹⁵.

Another instrument specially developed for this purpose is the XP Clean file (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil), triangular cross-section, 0.25mm tip diameter, and 0.02mm taper. It acts both in rotary or reciprocating movement, increasing its cleaning power. Moreover, the mechanical contact with the walls of the

root canal can reach regions that have not yet been touched, removing debris and microorganisms². Given the above, this *ex vivo* study evaluated the ability of six different techniques for activating the final irrigation of the root canal, on removal smear layer, by means of scanning electron microscopy (SEM), in the different root thirds: cervical, middle and apical.

Material and Methods

Sample selection

From a total of approximately 180 premolar teeth, from the Human Teeth Bank, 60 teeth were selected to be included in this study, which had to present a single root and a single channel. Visual inspection was performed and, later, radiographs were taken in the buccolingual and mesiodistal directions, to confirm a single root canal. In addition, only permanent teeth with a fully formed apex, without endodontic treatment, calcifications, or resorptions, and with apical foramen with the size of the tip of a type K-15 file were included in the study.

Sample preparation

The access to the root canal was performed in the traditional way with the aid of the 1012 and Endo Z drills (FKG) and the root canal patency was determined by means of a Kerr 10 file (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil). The working length (WL) was established by introducing a Kerr 10 file into the canal until its tip was visible at the end of the apical foramen, retreating 1 mm from this point. The selected teeth should have a foramen diameter corresponding to the tip of a Kerr 15 file (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) in the WL. Subsequently, the apical foramen was sealed with TopDam (FGM, Joinville, SC, Brazil) in order to create the vapor-lock, simulating the clinical condition.

Then, the teeth were fixed in a bench and the root canals were instrumented with the Reciproc R40 system (40/.06) (VDW, Munich, Germany), in a Reciproc Silver electric motor (VDW, Munich, Germany), configured in the "Reciproc All" mode. The instrumentation respected the technique of thirds, introducing the instrument initially in the cervical third, then in the middle third, and, finally, in the apical third, always in back-and-forth movements with an amplitude of 3mm until reaching the CT. At the end

of instrumentation of each third and complete removal of the file, the canal was irrigated with 2 ml of 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl) solution (Iodontosul, Porto Alegre, RS, Brazil), using a Luer Lock syringe (BD - Becton Dickinson, New Jersey, USA) attached to the Navitip 30G irrigation tip (Ultradent, Salt Lake City, Utah, USA), which was inserted up to 2 mm below the WL.

Irrigation protocols

After canal preparation, teeth were paired and then randomly distributed into six groups (n=10), according to the technique used in the final irrigation, as described below.

Conventional irrigation (CI): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted into the root canal and left for 1 minute. The solution was taken with a Navitip needle, inserted 2 mm from the WL, without pressure. Then, the EDTA solution was aspirated and renewed, and this procedure was repeated 2 more times, totaling 3 ml of EDTA solution for a total time of 3 min.

Manual activation (MA): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted into the root canal and activated with a gutta-percha tip (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) calibrated with a #25 tip diameter inserted up to 1 mm below the WL, avoiding pressure on the walls of the root canal. Thirty entry and exit movements were performed with an amplitude of approximately 3mm during a time interval of 30 seconds. After removing the gutta-percha tip, the EDTA solution remained in the canal for another 30 seconds, without activation, until completing the time of 1 minute. After this process, the EDTA solution was aspirated and renewed, and the process was repeated 2 more times.

The ultrasonic irrigation, easy clean, XP clean and XP-endo Finisher groups follow the same irrigation protocol as MA group, with instruments inserted 1 mm below the WL, as described below:

Ultrasonic irrigation (UI): 17% EDTA was inserted into the root canal and activated with an Irrisonic E1 ultrasonic tip (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brazil) coupled to an Enac ultrasound device (Osada, Japan) at power 3.

Easy Clean Plastic File (EC): 17% EDTA was inserted into the root canal and activated with the Easy Clean plastic instrument (Easy Equipamentos Odontológico, Belo Horizonte, MG, Brazil) coupled to the Reciproc Silver electric motor in mode "Reciproc All".

XP Clean (XPC): 17% EDTA was inserted into the root canal and activated with the XP Clean file (MK Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil) coupled to the Reciproc Silver electric motor in rotation mode at the speed of 800 rpm and torque of 1Ncm.

XP-endo Finisher (XPF): 1 ml of EDTA solution was inserted into the root canal and activated with the XP-endo Finisher file (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) coupled to the Reciproc Silver electric motor in rotation mode at 1,000 rpm and torque of 1 Ncm.

All irrigation process was carried out with the teeth mounted in a bench vise adapted inside a thermal tank at 37°C. This was necessary, since one of the instruments used in the activation of the substance – the XP-endo Finisher file – changes shape when in an environment with a temperature above 35°C, adapting to the internal anatomy of the root canal. Furthermore, the total volume of EDTA (3 ml) and the time interval kept inside the root canals (3 minutes) were the same for all groups.

After activation procedures, specimens from all groups were irrigated with 5 ml of distilled water and stored at 4°C until evaluation by SEM.

Evaluation by Scanning Electron Microscopy (SEM)

After the irrigation protocols, the teeth were cleaved into two fragments using a chisel and hammer. The cleaved parts were fixed, with carbon tape, in small metal bases "stubs" so that the face of the root canal was facing the operator for analysis by SEM (scanning electron microscope) TM 3000, Hitachi (Tokyo, Japan) operating at 5kV, which does not require dehydration or metallization of the samples, contributing to preserving its characteristics. Images of the cervical, middle and apical surfaces of the root canal of both root segments were taken at 1000x magnification. Three images per third were taken, totaling 90 images per group. The images were evaluated by two blinded examiners, previously calibrated, with an interval of two weeks, for a re-evaluation of 10% of the sample.

The degree of smear layer removal was classified using a scoring system by Caron et al⁸:

- 1- no smear layer and open dentinal tubules;
- 2- small amount of dispersed smear layer and open dentinal tubules;
- 3- thin smear layer and partially open dentinal tubules;

- 4- tubules partially covered with a thick layer of smear layer;
- 5- fully covered tubules with a thick layer of smear layer.

Results

The Kappa test was used to assess intra- and inter-examiner agreement, with a result of 0.95 and 0.80, respectively, demonstrating good agreement.

The values of the scores attributed to the cervical, middle and apical thirds of the canals were compared between the six irrigation protocols used, applying the ANOVA test with a randomized block design, with a significance level of 5%. According to the Shapiro-Wilk normality test, the data were considered normal. All analyzes and graphs were performed using R 3.6.0 software (R Core Team, 2019).

The values of the scores related to the level of smear layer removal did not show significant differences between the different irrigation protocols used in the apical thirds ($F = 0.28$, $p = 0.92$), medium ($F = 0.55$, $p = 0.73$) and cervical ($F = 0.28$, $p = 0.92$).

Discussion

The presence of the smear layer after canal preparation can lead to the maintenance of microorganisms and pulp debris inside the root canals and negatively influence endodontic treatment⁷⁻⁸. Thus, activation techniques such as ultrasonic irrigation, plastic instruments (easy clean), and new instruments with different designs and heat treatment (XP Clean, XP-endo Finisher) allowing adaptation to the configuration of the channels were manufactured in an attempt to improve the cleaning of the channels and the consequent removal of the smear layer¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹⁻²⁰⁻²¹. Therefore, the aim of this study was to evaluate the ability of different irrigation activation protocols to remove the smear layer, when compared to conventional irrigation.

Regarding the methodology used in the present study, all intracanal procedures were performed in an apparatus that maintained the tooth temperature at 37°C to allow the XP-endo Finisher and XP Clean instruments to achieve a serpentine shape, adapting to the anatomy of the root canals.

In addition, scanning electron microscopy (SEM) was used to assess the presence of smear layer in dentinal tubules, which is considered the most commonly used method⁷⁻¹⁶⁻¹⁸⁻²⁰⁻²²⁻²³⁻²⁴. In the present study, it was used the environmental SEM,

without the need for dehydration nor the metallization of the samples, contributing to preserving the characteristics of the dentin structure and the smear layer²⁵.

In order to minimize subjectivity, the images were evaluated by two examiners, previously calibrated, and then a statistical test was performed to check intra- and inter-examiner agreement and the validity of the results²⁶.

In this study, conventional irrigation showed similar results in the ability to remove smear layer when compared to activation protocols used in the coronal, middle and apical thirds, which corroborates with previous studies that showed no difference between conventional irrigation and activation protocols irrigation such as ultrasonic irrigation⁷⁻²² and XP-endo Finisher file¹⁶. On the other hand, previous studies such as by Caron et al.⁸ and Paragliola et al²⁷ demonstrated better smear layer removal for activation protocols such as ultrasonic irrigation, activation by gutta-percha cones, and use of plastic files. This difference between studies can be explained due to the type of sample used. In the present study, mandibular premolars with a single canal, without curvatures, which present less anatomical variation, such as isthmus and recesses, were used, which may have favored the removal of the smear layer²². In addition, the canals were instrumented with a reciprocating system (40/.06), facilitating cleaning by irrigators and contacting the activating files, thus enabling greater removal of smear layer by all irrigation/final activation protocols¹²⁻¹⁶.

Another factor that may have led to the lack of difference between conventional irrigation and the other activation protocols tested is the insertion depth of the irrigation needle, 2mm short of the working length, in addition to the constant change of irrigant, which can influence positively in removing the smear layer in the apical third, regardless of the activation technique used²²⁻²⁸.

Regarding the activation protocols used, no difference was found in smear layer removal either, which is in agreement with previous studies that demonstrated the absence of difference between different activation protocols⁷. This result can be explained by the fact that the different protocols are able to promote a good flow and reach of irrigators in the root canal system (Silva et al. 2019), even with differences regarding kinematics, design, flexibility, and size cutting edge.

Given the small number of studies with different design instruments, such as XP-endo Finisher and XP Clean, further research is suggested to assess the performance of these instruments in curved canals with complex anatomy, in addition

to evaluating the possible removal of dentin during the activation of irrigants, using the computerized microtomography technique.

Thus, it can be concluded that the irrigation activation protocols used in this study during the final irrigation did not show benefits in terms of smear layer removal when compared to the conventional irrigation technique.

References

1. MisgarO H, Farooq R, Purra AR. et al. Clinical and radiographic study of the causes of primary endodontic treatment failure. *Int J Appl Dent Sci* 2018; 4:21-24.
2. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petitet NPSF et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP Endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J* 2018; 29: 208-213.
3. Gomes MS, Barletta FB, Della Bona A, Vanni JR, Pereira CC, Figueiredo JAP. Microbial Leakage and Apical Inflammatory Response in Dog's Teeth After Root Canal Filling with Different Sealers, Post Space Preparation and Exposure to the Oral Environment. *J Appl Oral Sci* 2007; 15:429-436.
4. Mello, I.; Coil, J.; Antoniazzi, J. D.Does a final rinse to remove smear layer interfere on dentin permeability of root canals? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107:47-51.
5. Arslan D, Guneser MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH. Comparison of smear layer removal ability of QMIX with different activation techniques. *J Endod* 2016; 42:1279-1285.
6. Jayakumar 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; 30:420-423.
7. Blank-Gonçalves L M, Nabeshima CK, Martins GHR, Machado MEL. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. *J Endod* 2011; 38:1268–1271.
8. Caron G, Nham K, Bronnec F. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod* 2010; 36:1361–1366.
9. Lima CO et al. Effect of different protocols of final irrigation on smear layer removal. *Dental Press Endod* 2019; 9:43-49.

10. Castagna F et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal-a SEM analysis. *Microsc Res Tech*; 2013; 76:496-502.
11. Kato A S, Cunha RS, Bueno CES, Pelegrine RA, Fontana CE, Martin AS. Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod* 2016; 42:659–663.
12. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *J Endod* 2017; 43: 321-325.
13. Reis S D et al. Volumetric Analysis of Irrigant extrusion in immature teeth after different final agitation techniques. *J Endod* 2020; 46:682-687.
14. Teves A, Blanco D, Casaretto M, Torres J, Alvarado D, Jaramillo DE. Effectiveness of different disinfection techniques of the root canal in the elimination of a multi-species biofilm. *J Clin Exp Dent* 2019; 11:978-983.
15. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J* 2017; 50: 700-705.
16. Azimian S, Bakhtiar H, Azimi S, Esnaashari E. In vitro effect of XP-Endo finisher on the amount of residual debris and smear layer on the root canal walls. *Dent Res J* 2019; 16:179-184.
17. Duque, J. A. et al. 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; 43:326-331.
18. Mader C L, Baumgartner J C, Peters D D. Scanning Electron Microscopic Investigation of the Smeared Layer on Root Canal Walls. *J Endod* 1984; 10:477-483.
19. Marques A C et al. 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; 19:1087-1094.
20. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod* 2000; 26:739-743.
21. Siqueira, J. F. Jr.; Uzeda, M.; Fonseca, M. E. F. A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod* 1996; 22: 308-310.

22. Goel, S.; Tewari, S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108:465-470.
23. Teixeira, C. S.; Felipe, M. C. S.; Felipe, W. T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J* 2005; 38:285–290.
24. Zand V, Mokhtari H, Reyhane MF, Nahavandizadeh N, Azimi S. Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP-endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. *J Clin Exp Dent* 2017; 9:1310-1314.
25. De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: Methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112:531–543.
26. George R, Rutley EB, Walsh LJ. Evaluation of smear layer: A comparison of automated image analysis versus expert observers. *J Endod* 2008; 34:999–1002.
27. Paragliola R et al. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod* 2010; 36:282-285.
28. Boutsoukis C et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 2010; 36:1664-1668.
29. Silveira LFM, Silveira CF, Martos J, Castro LAS. Evaluation of the different irrigation regiments with sodium hypochlorite and EDTA in removing the smear layer during root canal preparation. *J Microsc Ultrastruct* 2013; 1:51–56.

Tables

Table 1 - Mean and standard deviation of the values of the scores attributed to the level of smear layer removal in canals irrigated with six different techniques. The groups represent the instruments.

Groups	Canals Thirds		
	Apical	Medium	Cervical
IC	3.06 ± 1.11	2.99 ± 1.02	3.06 ± 1.11
AM	2.77 ± 1.10	2.99 ± 0.77	2.77 ± 1.10
UI	2.83 ± 0.97	3.00 ± 0.96	2.83 ± 0.97
EC	2.83 ± 0.97	3.40 ± 0.83	2.83 ± 0.97
XPC	2.60 ± 0.78	3.17 ± 0.71	2.60 ± 0.78
XPF	2.93 ± 0.81	3.33 ± 0.54	2.93 ± 0.81

Figure legend

Figure 1. Images obtained and qualified according to the scoring system of Caron et al (2010): a) score 1: no smear layer and open dentinal tubules, b) score 2: small amount of scattered smear layer and open tubules, c) score 3: a thin layer of smear layer and partially open tubules, d) score 4: a thick layer of smear layer and partially covered tubules and e) score 5: a thick layer of smear layer and fully covered tubules.

