

FACSETE – Faculdade Sete Lagoas

VICTOR DE MORAES CRUZ

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE
AGITAÇÃO DA SOLUÇÃO IRRIGADORA:
ANÁLISE POR MICROTOMOGRÁFIA**

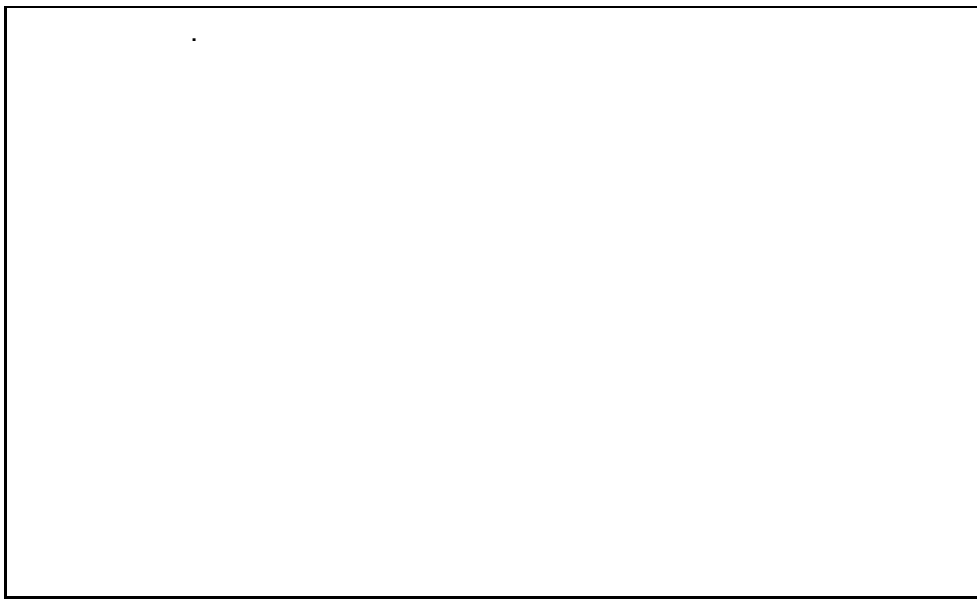
BAURU
2020

VICTOR DE MORAES CRUZ

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE
AGITAÇÃO DA SOLUÇÃO IRRIGADORA:
ANÁLISE POR MICROTOMOGRÁFIA**

Trabalho de monografia apresentado a banca examinadora, como parte dos requisitos para obtenção do título de pós-graduação em endodontia, sob orientação do Prof. Dr. Marco Antônio Húngaro Duarte.

BAURU
2020



Monografia intitulada “**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE AGITAÇÃO DA SOLUÇÃO IRRIGADORA: ANÁLISE POR MICROTOMOGRÁFIA**” de autoria do aluno **Victor de Moraes Cruz**

Aprovada em ___/___/___ pela banca constituída dos seguintes professores:

Prof. Dr. Marco Antônio Húngaro Duarte

Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

Prof. Guilherme Ferreira da Silva

Bauru, 25 de Fevereiro de 2020.

Dedico este trabalho aos meus
familiares e a Deus por sempre estar
ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram comigo nesta jornada e contribuíram de forma direta ou indireta para que eu chegasse até aqui. Primeiramente a meu orientador professor Marco Antônio Húngaro Duarte, por aceitar ser meu orientador, por toda dedicação, aprendizado, paciência e amizade.

Meus sinceros agradecimentos aos meus pais, a minha namorada, ao meu irmão, aos meus amigos, familiares por sempre me darem apoio.

Agradeço também a todos os professores da pós-graduação, que me proporcionaram conhecimentos para que eu chegasse até aqui e todos os funcionários pela dedicação, carinho e respeito.

“Paciência e perseverança tem o efeito mágico de fazer as dificuldades desaparecerem e os obstáculos sumirem.”
“John Quincy Adams”

RESUMO

INTRODUÇÃO: O objetivo deste estudo foi avaliar *ex vivo* o efeito de diferentes métodos de agitação do irrigante na penetração do mesmo pelo canal radicular de raízes méso-vestibulares de molares superiores.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram testados irrigação convencional (seringa e cânula), Endoactivator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Easy Clean (Easy Equipamentos, Belo Horizonte, MG, Brazil), Irrigação ultrassônica passiva(IUP). Foram utilizados 40 molares superiores extraídos. Os dentes foram escaneados em micromotografia computadorizada (SkyScan 1174) em dois momentos. O escaneamento inicial foi realizado para determinar o volume total dos canais. Foram realizados os diferentes protocolos de agitação do irrigante e, então, escaneados novamente para obtenção do volume do canal preenchido pelo irrigante. Análise estatística com nível de significância de 5%. **RESULTADOS:** O grupo IUP apresentou porcentagem de preenchimento total significativamente maior que os grupos convencional e Endoactivator($P<0.05$). Não foi encontrada diferença significativa entre o grupo EasyClean e os demais grupos ($P<0,05$).

CONCLUSÕES: Baseado na metodologia proposta e nos resultados encontrados, pode-se concluir que IUP melhorou o preenchimento total do canal.

Palavras-chave: endodontia; irrigação; microtomografia computadorizada.

ABSTRACT

INTRODUCTION: This ex vivo study objective was evaluate the irrigant penetration by different methods agitation, measuring the your penetration in the root canal of mesiobuccal roots of maxillary molars.

MATERIAL AND METHODS: Conventional irrigation (syringe and needle), Endoactivator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), Easy Clean (Easy Equipamentos, Belo Horizonte, MG, Brazil), Passive Ultrasonic irrigation(PUI), were tested. Fourthy maxillary molars were used. The teeth were scanned in computerized micromotomography (SkyScan 1174) in two moments. The initial scanning was performed to determine the total root canals volume. The different irrigation agitation protocols were performed and then scanned again to obtain the canals volume filled by the irrigant. Statistical analysis with a significance level of 5%. **RESULTS:** The PUI group presented a percentage of total filling significantly higher than the conventional group and Endoactivator($P < 0.05$). No significant difference was found between the EasyClean group and the other groups ($P < 0.05$).

CONCLUSIONS: Based on the proposed methodology and results, it can be concluded that PUI improve the canals filling.

Keywords: endodontics; irrigation; computerized microtomography.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS	20
5 DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A complexidade anatômica apresentada pelo sistema de canais radiculares é indiscutível, sendo descrito por diversos autores (WEINE et al., 1969; VERTUCCI, 1974, 1984, 2005; TEIXEIRA et al., 2003; KIM et al., 2013; MARCELIANO-ALVES et al., 2016; DE FREITAS et al., 2017). A importância da irrigação na endodontia é algo categórico, sendo um dos passos vitais para a correta limpeza e sanificação dos condutos (ZEHNDER et al., 2006; HAAPASALO et al., 2010; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2014, ALVES et al., 2015; VIVAN et al. 2016).

A eliminação os tecidos vitais ou necróticos, os microorganismos e seus produtos e os resíduos da dentina oriundos da instrumentação interferem diretamente na qualidade da obturação (PRADO et al., 2013; FREIRE ET AL. 2015; TOPÇUOĞLU ET AL., 2015). Nos casos de complexidade anatômica, remover produtos indesejáveis fica sob a responsabilidade da irrigação por serem inacessíveis aos instrumentos (PETERS et al., 2001; ENDAL et al., 2011), havendo permanência frequente de >40% da superfície não tocadas por instrumento (PETERS et al., 2001).

Os maiores problemas são as áreas de anfractuosidade e istmos, que consistem em extensões estreitas e irregulares capazes de manter microorganismos e detritos da dentina resultantes do preparo físico-mecânico (ADKOCK et al., 2011; NEELAKANTAN et al., 2016). A incompleta sanificação pode levar ao insucesso(RICCUCI et al., 2010; ZEHNDER et al. 2015).

Sendo assim, dois principais aspectos devem ser levados em conta: a difusão do irrigante em toda extensão do canal radicular e a penetração em áreas que são inacessíveis aos instrumentos endodônticos (DE GREGÓRIO et al., 2010; SPOORTHY et al., 2013; KANUMURU et al., 2015).

O método tradicional utilizado para irrigação, realizado com cânula e seringa (HOLLIDAY et al. 2014), vem evoluindo com o avanço dos processos de fabricação, possibilitando o surgimento de cânulas de menor calibre, que conseguem adentrar quase toda extensão dos canais, além de tornarem-se mais flexíveis, o que oportuniza sua utilização em situações de

curvatura suave (ZMENER et al., 2009). Contudo, este método é extremamente limitado para a limpeza da porção apical e áreas como istmos (CHOW et al., 1983; WU et al., 1995; THOMAS et al., 2014).

Dentre as possibilidades para otimizar a irrigação surgiram no mercado os ativadores sônicos, como exemplo o Endoactivator, um dispositivo sônico (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), que promove a melhora da irrigação através da transmissão de vibrações por insertos de polímero flexíveis, apresentadas em três diâmetros diferentes (15/.02, 25/.04 e 35/.04), que promovem a agitação do irrigante dentro do canal radicular tornando a limpeza mais efetiva quando comparado a irrigação convencional (MANCINI et al., 2013) e aumenta a dissolução de material orgânico (CONDE et al., 2016).

Outro recurso é a utilização do ultrassom, através da irrigação ultrassônica passiva (PUI), onde o inserto se movimenta a uma frequência muito alta (>20Khz) agitando o irrigante através do fenômeno de micro-transmissão acústica, promovendo o deslocamento do líquido contra a parede (AHMAD et al., 1987), e da cavitação hidrodinâmica, ocasionada pela pressão negativa que ocorre na face contrária a direção de deslocamento do inserto em grandes velocidades (JENSEN et al., 1999; PLOTINO et al., 2007; MACEDO et al., 2014). Esta pressão negativa faz a água sofrer vaporização, produzindo bolhas, resultando o fenômeno denominado de cavitação. O colapso das bolhas formadas pela cavitação pela variação da pressão, também causa uma onda de choque contra as paredes do canal, favorecendo o desprendimento dos resíduos e pequenas porções de material. Este fenômeno é chamado de erosão (corrosão por cavitação) (REVERO et al., 1993). Essa movimentação otimiza a capacidade de limpeza em áreas anatomicamente complexas (VAN DER SLUIS et al., 2010).

Um instrumento plástico (acrilonitrilo-butadieno-estireno) denominado Easy Clean (Easy Clean Equipamentos, Belo Horizonte, MG, Brasil), semelhante a um instrumento rotatório endodôntico foi inserido no mercado como uma opção complementar de agitação de baixo custo como alternativa a outros métodos existentes no mercado. O dispositivo apresenta diâmetro 25 e conicidade.04, sendo recomendado pelo fabricante seu uso em

movimento alternado, mostrando bons resultados na limpeza em canais mesiais de molares inferiores (KATO et al., 2016). Trabalhos recentes mostraram boa efetividade no seu uso em rotação contínua, promovendo limpeza semelhante ao uso da irrigação ultrassônica passiva (DUQUE et al., 2017).

Com o intuito de demonstrar os efeitos e comparar a capacidade de limpeza de diferentes técnicas de irrigação diversas metodologias de estudo vêm sendo desenvolvidas, incluindo cortes histológicos (NADALIN et al., 2014), reconstruções de dinâmica computacional de fluídos(CFD) (BOUTSIUKIS et al., 2010; SHEN et al., 2010; WANG et al. 2015), blocos, dentes protótipos e sulcos artificiais (VAN DER SLUIS et al., 2005; 2006; CAPAR et al., 2014)e o uso de soluções radiopacas in vivo (VERA et al. 2011; 2011; 2012). Esses modelos experimentais limitam-se a avaliação através de imagens. Nenhum deles permite uma avaliação tridimensional in situ da difusão do irrigante ou permite comparar quantitativamente os diferentes métodos de irrigação dentro do canal radicular sem alterar as características do mesmo, seja por haver necessidade de clivagem dos dentes para observação, pela análise das imagens ser feita de modo qualitativo ordinal através da atribuição de “scores”, por não reproduzir exatamente as condições anatômicas ou por sofrer sobreposição da substância radiopaca.

O modelo experimental descrito por Versiani et al., 2014, através de observações preliminares aparenta suprir essas limitações, aproximando-se muito das condições ideais por não alterar a morfologia e conseguir mensurar o volume das áreas de interesse, permitindo uma avaliação quantitativa volumétrica in situ confiável da eficácia da irrigação. Permitindo ainda monitorar se o irrigante atingiu todas as áreas do canal radicular, principalmente as não tocadas pelos instrumentos, oferecendo uma elucidação mais profunda sobre os prós e contras de diferentes protocolos de irrigação.

Para comparar os efeitos e a capacidade de limpeza de diferentes técnicas de irrigação diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas, porém esses modelos experimentais limitam-se a avaliação bidimensional das áreas de interesse e acabam por destruir ou alterar a amostra, normalmente pela

necessidade de clivagem para observação. Dessa maneira a utilização do microCT apresenta-se como uma boa alternativa por manter a amostra inalterada durante a análise, aproximando-se muito das condições ideais de trabalho por permitir monitorar tridimensionalmente a difusão do irrigante por todo canal radicular, oferecendo uma elucidação mais profunda sobre a eficiência da irrigação. Porém ainda não se sabe qual real comportamento da solução irrigadora agitada com diferentes métodos através dessa metodologia.

Desta forma se torna pertinente um estudo comparando as diferentes técnicas de agitação do irrigante, analisados através da microtomografia como forma de quantificar a porcentagem do volume do canal preenchido pelo irrigante, tanto no canal como um todo, quanto nas regiões mais críticas como o terço apical.

2 OBJETIVO

O propósito deste estudo foi comparar através da microtomografia a capacidade de preenchimento do sistema de canais radiculares por diferentes métodos de agitação do irrigante. A hipótese nula é que não haverá diferença na porcentagem de preenchimento do volume total e apical do canal radicular.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Critérios de seleção dos dentes

O projeto foi aprovado pela comissão de ética em seres humanos local (Processo Número: 03931118.7.0000.5417).

Quarenta molares superiores humanos extraídos com raiz méso-vestibular que apresentasse um único canal achatado, curvatura moderada de 10 a 20 grau e ápice completo foram selecionados, e armazenados individualmente em frascos plásticos imersos em solução de timol 0.1%. Os dentes foram escaneados (SkyScan 1174) para mensuração dos volumes. Após isso, foi realizada análise estatística para verificar que não havia diferença de volume na distribuição da amostra, de forma que houvesse garantia da padronização anatômica. Foram excluídos dentes com obstruções e/ou reabsorções.

3.2 Preparo dos canais radiculares

Os canais méso-vestibulares foram explorados com lima K #10 e #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), e instrumentados até a lima Mtwo 40/04. A irrigação foi realizada com com 10 mL de NaOCl (2,5%) por meio de seringa e cânula NaviTip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) até máxima penetração da agulha, em movimentos de entrada e saída. O comprimento de trabalho foi estabelecido a 1 mm do comprimento do canal. Os canais foram tratados com ácido etilenodiaminotetracético a 17%, por 5 minutos seguido por 3ml NaOCl 2,5% e por fim uma inativação com soro fisiológico. Os canais foram aspirados utilizando uma Capillary Tip Purple (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) acoplada a uma bomba de sucção de alta potência por 1 minuto e usado um cone de papel absorvente 40.02 por 5 segundos. Ao final, o ápice da raiz mesio-vestibular de cada espécime foi selado com resina epóxica, criando um sistema fechado, permitindo a recapitulação do canal, mas impedindo a extrusão do fluido irrigante pelo forame apical durante os protocolos de irrigação.

3.3 Métodos de irrigação

Em todos os grupos houve o cuidado de se manter sempre a câmara pulpar preenchida com o irrigante durante todo tempo de realização do protocolo de irrigação. Para todos os grupos foi utilizado a solução contraste (SC) TEREBRX 35 para que pudesse ser analisada posteriormente na microtomografia computadorizada.

3.3.1 Irrigação convencional (seringa e cânula)

Foi realizado irrigação com 5ml com a solução de contraste (SC) realizando movimento de entrada e saída com a durante um tempo total de 60s. O excesso de irrigante foi aspirado com auxílio de cânula Capillary Tip, acoplada a uma bomba a vácuo, para aspirar o excedente.

3.3.2 Easy Clean em movimento rotatório

O instrumento Easy Clean (Easy Equipment, Belo Horizonte, MG, Brazil) foi posicionado a 2mm do comprimento de trabalho, acoplado a um motor elétrico de baixa rotação acionado a 10.000 rpm (Beltec, Araraquara, Brasil), ativando-o por um tempo total de 60s.

3.3.3 Irrigação Ultrassônica Passiva (IUP)

O inserto ultrassônico Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) foi utilizado acoplado a uma unidade ultrassônica Varios 350(NSK, Shinagawa, Tokyo), a 10% de potência na função G, posicionado a 2mm do comprimento de trabalho, e posicionando o transdutor no sentido vestibulo-palatino, ativando-o por tempo total de 60s.

3.3.4 Endoactivator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

O inserto Small (15/.04) foi inserido a 2mm do CT acoplado ao propulsor na potência máxima de 10000cpm (166,67Hz) por 60s.

3.4 Análise Volumétrica em microtomografia computadorizada

Cada espécime foi escaneado duas vezes utilizando microtomografia computadorizada (SkyScan 1174, Billerica, Massachusetts, EUA): Após a preparação do canal radicular (E1, sem Sol. Contraste) e após

os protocolos de agitação (E2, com Sol. Contraste). Os dentes foram escaneados a 50 kV, 800 μ A, com um tamanho de pixel isotrópico de 16,8 μ m, realizado por rotação de 360° em torno do eixo vertical, tempo de exposição da câmera de 6000 ms, passo de rotação de 0,8 ° e média de quadros de 2. Os raios X, filtrados com filtro de alumínio de 0,05mm e realização de Flat-Field no início de cada dia, antes da varredura para corrigir variações na sensibilidade de pixel da câmera. As imagens serão reconstruídas empregando NRecon v.1.6.3, (Bruker microCT) com uma correção de endurecimento do feixe de 15%, alisamento de 2 e uma gama de coeficiente de atenuação de -0.013-0.11.

A solução contraste utilizada foi o Terebrix 35 (350mg/ml de ioxitalamato de Meglumina), físico-quimicamente semelhante ao Ioditrast 76 (diatrizoto de Meglumina e de sódio 370mg/ml) utilizado na metodologia descrita por Versiani et al. 2014, porém com tensão superficial levemente menor (colocar valores). Precauções foram tomadas para evitar extravasamento, evitando contaminação da superfície externa da raiz, que poderia causar falso negativo.

Os diferentes níveis de contraste da SC, das áreas sem irrigação e da dentina proporcionam excelente distinção das extensões volumétricas nos espécimes. O volume do irrigante e das áreas vazias foi mensurado com o software CTAnalyzer, utilizando um valor de binarização de 85(+/-5). Foi calculado o volume total de preenchimento de cada técnica, avaliando o volume total de preenchimento da raízes

3. 5 Análise Estatística

O teste de normalidade para análise de todos os grupos foi Shapiro-Wilks. O pareamento inicial entre os grupos foi feito através da distribuição das amostras em sete grupos e análise através do teste Anova para garantir que não havia diferença inicial significativa entre os grupos.

Os dados obtidos após os protocolos de agitação do volume total foram analisados com o teste Anova e o preenchimento apical, por não

apresentar normalidade, foi analisado com os teste de Kruskal-Wallis e Dunn. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 95% ($p > 0,05$).

4 RESULTADOS

Os valores de média e desvio padrão da percentagem de volume total do SCR preenchido pela solução contraste são apresentados na Tabela 1.

<i>Método</i>	<i>Convencional</i>	<i>EndoActivator</i>	<i>IUP</i>	<i>Easy Clean</i>
<i>Média/Desvio padrão</i>	80,18±9,433 ^a	80,82±7,948 ^a	97,42±5,079 ^b	87,65±6,503 ^{a,b}

^aLetras diferentes representam diferença significativa entre grupos ($p > 0,05$).

A análise de preenchimento do volume total mostrou que IUP apresentou percentagem de preenchimento total significativamente maior que os grupos Convencional e Endoactivator ($P < 0,05$). Não foi encontrada diferença significativa entre o grupo EasyClean e os demais grupos ($P < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi quantificar por meio da microtomografia computadorizada a porcentagem de penetração do irrigante por diferentes métodos de agitação convencional, Endoactivator, IUP e EasyClean. A hipótese nula foi parcialmente rejeitada, uma vez que na porcentagem total de preenchimento do canal radicular, no método IUP, apresentou os melhores resultados.

A microtomografia computadorizada é um método não destrutivo, podendo utilizar o mesmo espécime sem destruído ou deformá-lo para realização das análises. Foi padronizado o preparo dos canais radiculares, tanto no diâmetro apical, como na conicidade (LEE et al., 2004), para que pudesse ser avaliado somente a influência do método de agitação, com menor viés possível. O uso de contraste radiográfico permitiu mapear o espalhamento do irrigante nos espaço do canal radicular (Versiani et al., 2015).

Porém a especulação sobre o real comportamento em situações clínicas da irrigação, nos diferentes métodos, deve ser feita com cautela, devido às características inerentes a um estudo *ex vivo*, modo de trabalho do operador, variação de temperatura e a influência da mesma no comportamento do irrigante e ao fato de não se saber se as diferenças físico-químicas entre o NaOCl e a solução contraste o afetam significativamente. Futuros estudos, como os estudos clínicos randomizados para avaliação de dor pós-operatória. As superfície externa de cada raiz foi selada com resina epóxica para criar um sistema fechado e obter do efeito “vapor lock”, com o intuito de simular a condição clínica durante a irrigação (SENIA et al., 1971; PESSE et al., 2005; VERA et al., 2011; VERA et al., 2012b; ALVES et al., 2016; SIQUEIRA et al., 2017).

IUP apresentou diferença estatisticamente significante quando comparada com Convencional e Endoactivator ($p < 0,05$), demonstrando que este método foi capaz de melhorar a porcentagem de penetração do irrigante quando avaliado o volume total preenchido.

No grupo IUP, a movimentação ocorre através do deslocamento do inserto promovendo a formação de cavitação acústica, que promove a formação momentânea de bolhas que se rompem quase que instantaneamente dentro do conduto e concomitantemente acaba rompendo bolhas de ar formadas durante o preenchimento inicial do canal, além de promover grande deslocamento do irrigante, originando ondas de impacto do irrigante contra as superfícies próximas. Diferente de outros métodos que não capazes de rompê-las, ou acabam induzindo formação de novas bolhas de ar através da cavitação estática no fluido, que permanecem sem se romper. (Martin 1976, Martin et al 1980, Cunningham et al 1982, Martin & Cunningham 1985). Outro fenômeno descrito por Ahmad et al (1987), descreve a ocorrência de transmissão acústica, que consiste em um fluxo constante em um fluido impulsionado pela absorção de oscilações acústicas, o qual ele relatar ser o efeito dominante de funcionamento.

Os resultados proporcionados por esse trabalho fornecem um esclarecimento evidente por sua capacidade de quantificar a propagação do irrigante dentro do sistema de canais radiculares. Isso reforça a ideia que a microtomografia computadorizada apresenta-se como uma ferramenta de grande precisão e importância para futuros trabalhos que favoreçam uma melhor elucidação do comportamento das soluções irrigadoras. Estudos clínicos randomizados são indicados para indicar protocolos ao clínico que exerce a Endodontia.

6 CONCLUSÃO

Baseado na metodologia proposta e nos resultados encontrados, pode-se concluir que IUP, promoveu maior preenchimento do volume total do sistema de canais radiculares quando comparado ao método convencional de irrigação ou ao Endoactivator.

REFERÊNCIAS

Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969 Sep; 28(3):419-25.

Adcock JM, Sidow SJ, Looney SW, Liu Y, McNally K, Lindsey K, Tay FR. Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *J Endod.* 2011 Apr;37(4):544-8. doi:10.1016/j.joen.2011.01.006.

Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987 Oct;13(10):490-9.

Alves DR, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, de Alencar AH, de Araújo Estrela CR, dos Santos TO, Estrela C. Antibacterial Potential of 2.5% Sodium Hypochlorite in Distinct Irrigation Protocols on *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J Contemp Dent Pract.* 2015 May 1;16(5):340-6.

Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2010; 36:875–879. doi:10.1016/j.joen.2009.12.026

Cachovan G, Schiffner U, Altenhof S, Guentsch A, Pfister W, Eick S. Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endod.* 2013 Sep; 39(9):1171-5

Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *J Endod.* 2014 Mar;40(3):451-4. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.019. Epub 2013 Nov 9.

Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983 Nov;9(11):475-9.

Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J.* 2016 Nov 3. doi: 10.1111/iej.12717. [Epub ahead of print]

de Freitas JV, Baratto-Filho F, Coelho BS, Tomazinho FS, Crozeta BM, de Sousa Neto MD, Gabardo MC. Efficacy of Different Cone-

beam Computed Tomographic Protocols in the Identification of Mesio Buccal Canals of Maxillary First Molars: A Tomographic and Ex Vivo Study. *J Endod.* 2017 Mar 11. pii: S0099-2399(16)31057-3. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.011.

de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1216-21. doi:10.1016/j.joen.2010.02.019. Epub 2010 Mar 29. *Dent Clin North Am.* 2010 Apr;54(2):291-312. doi:10.1016/j.cden.2009.12.001. Review.

Duque JA, Duarte MA, Canali LC, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, Bramante CM. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2017 Feb;43(2):326-331. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.009. Epub 2016 Dec 15.

Endal U, Shen Y, Knut A, Gao Y, Haapasalo M. A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *J Endod.* 2011 Feb;37(2):223-7. doi: 10.1016/j.joen.2010.10.012.

Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod.* 2015 Oct;41(10):1660-6. doi: 10.1016/j.joen.2015.05.001.

Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. Holliday R, Alani A. Traditional and contemporary techniques for optimizing root canal irrigation. *Dent Update.* 2014 Jan-Feb;41(1):51-2, 54, 56-8 passim. Review
Int Endod J. 2003 Apr;36(4):276-80.

Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999 Nov;25(11):735-8.

Kanumuru PK, Sooraparaju SG, Konda KR, Nujella SK, Reddy BK, Penigalapati SR. Comparison of Penetration of Irrigant Activated by Traditional Methods with A Novel Technique. *J Clin Diagn Res.* 2015 Nov;9(11):ZC44-7. doi: 10.7860/JCDR/2015/14455.6804.

Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegrine RA, Fontana CE, de Martin AS.

Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod*. 2016 Apr;42(4):659-63. doi: 10.1016/j.joen.2016.01.016.

Kim Y, Chang SW, Lee JK, Chen IP, Kaufman B, Jiang J, Cha BY, Zhu Q, Safavi KE, Kum KY. A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canal mesio Buccal root of maxillary first molar. *Clin Oral Investig*. 2013 Jul;17(6):1541-6. doi: 10.1007/s00784-012-0852-8. Epub 2012 Oct 10. Erratum in: *Clin Oral Investig*. 2013 Sep;17(7):1797.

Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod*. 2014 Apr;40(4):580-3. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.018. Epub 2013 Oct 28.

Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*. 2013 Nov;39(11):1456-60. doi: 10.1016/j.joen.2013.07.028. Epub 2013 Sep 6.

Marceliano-Alves M, Alves FR, Mendes Dde M, Provenzano JC. Micro-Computed Tomography Analysis of the Root Canal Morphology of Palatal Roots of Maxillary First Molars. *J Endod*. 2016 Feb;42(2):280-3. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.016.

Nadalin MR, Perez DE, Vansan LP, Paschoala C, Sousa-Neto MD, Saquy PC. Effectiveness of different final irrigation protocols in removing debris in flattened root canals. *Braz Dent J*. 2009; 20:211-214. doi: S0103-64402009000300007

Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N. Histologic Assessment of Debridement of the Root Canal Isthmus of Mandibular Molars by Irrigant Activation Techniques Ex Vivo. *J Endod*. 2016 Aug;42(8):1268-72. doi: 10.1016/j.joen.2016.05.005.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Apreccio RM, Handysides R, Jaramillo DE. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J*. 2014 Jul;47(7):659-66. doi: 10.1111/iej.12202. Epub 2013 Nov 13.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001 Apr;34(3):221-30.

Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):81-95. Review.

Prado M, Simão RA, Gomes BP. Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *J Endod.* 2013 May;39(5):689-92. doi: 10.1016/j.joen.2012.12.009.

Rebello FP, Van Hook V. Líquidos a Pressões Negativas. *Rev. Química, Sociedade Química de Portugal,* 1993, 51: 33-41.

Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod.* 2010;36:1277–1288.

Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, Haapasalo M. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. *J Endod.* 2010 May;36(5):884-9. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.010. Epub 2010 Mar 2.

Spoorthy E, Velmurugan N, Ballal S, Nandini S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. *Int Endod J.* 2013 Sep;46(9):815-22. doi: 10.1111/iej.12065. Epub 2013 Apr 2

Teixeira FB, Sano CL, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars.

Thomas AR, Velmurugan N, Smita S, Jothilatha S. Comparative evaluation of canal isthmus debridement efficacy of modified EndoVac technique with different irrigation systems. *J Endod.* 2014 Oct;40(10):1676-80. doi: 10.1016/j.joen.2014.05.014.

Toljan I, Bago I, Jurič, Anić I. Eradication of Intracanal Enterococcus Faecalis Biofilm by Passive Ultrasonic Irrigation and RinsEndo System. *Acta Stomatol Croat.* 2016 Mar;50(1):14-22. doi: 10.15644/asc50/1/3.

Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Demirbuga S, Dinçer AN, Arslan H. The effect of different final irrigant activation techniques on the bond strength of an epoxy

resin-based endodontic sealer: a preliminary study. *J Endod.* 2014 Jun;40(6):862-6. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.012. Epub 2013 Nov 9.

van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2006 Jun;39(6):472-6.

van der Sluis LW, Vogels MP, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. *J Endod.* 2010 Apr;36(4):737-40. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.004. Epub 2010 Feb 6.

van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2005 Sep;38(9):593-6.

Vera J, Arias A, Romero M. Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: the effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals-an in vivo study. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):200-3. doi: 10.1016/j.joen.2011.10.026. Epub 2011 Dec 6.

Vera J, Arias A, Romero M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *J Endod.* 2011 Sep;37(9):1276-8. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.042. Epub 2011 Jul 16.

Vera J, Hernández EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LW. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. *J Endod.* 2012 Oct;38(10):1340-3. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.005. Epub 2012 Jul 28.

Versiani MA, De-Deus G, Vera J, Souza E, Steier L, Pécora JD, Sousa-Neto MD. 3D mapping of the irrigated areas of the root canal space using micro-computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2015 May;19(4):859-66. doi: 10.1007/s00784-014-1311-5. Epub 2014 Sep 4.

Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics*, 10 (2005), pp. 3–29.

Vertucci FJ. The endodontic significance of the mesiobuccal root of the maxillary first molar. *US Navy Med.* 1974 May; 63(5):29-31

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984 Nov;58(5):589-99.

Vivan RR, Duque JA, Alcalde MP, Só MV, Bramante CM, Duarte MA. Evaluation of Different Passive Ultrasonic Irrigation Protocols on the Removal of Dentinal Debris from Artificial Grooves. *Braz Dent J.* 2016 Sep-Oct;27(5):568-572. doi: 10.1590/0103-6440201600725.

Wang R, Shen Y, Ma J, Huang D, Zhou X, Gao Y, Haapasalo M. Evaluation of the Effect of Needle Position on Irrigant Flow in the C-shaped Root Canal Using a Computational Fluid Dynamics Model. *J Endod.* 2015 Jun;41(6):931-6. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.002. Epub 2015 Mar 1

Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Apr;79(4):492-6

Zehnder M, Belibasakis GN. On the dynamics of root canal infections-what we understand and what we don't. *Virulence.* 2015;6:216–222.

Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006 May;32(5):389-98. Review.

Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Palo RM, Iglesias EF. Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals. *J Endod.* 2009 Sep;35(9):1270-3. doi: 10.1016/j.joen.2009.05.001. Epub 2009 Jun 28.