

Ana Raquel da Silva Pinho

Irrigantes usados em Endodontia e formas de potenciar o seu efeito – revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2021

Ana Raquel da Silva Pinho

Irrigantes em Endodontia e formas de potenciar a sua ação – revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2021

Ana Raquel da Silva Pinho

Irrigantes usados em Endodontia e formas de potenciar o seu efeito – revisão narrativa

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências de Saúde da Universidade Fernando Pessoa,
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Assinatura: _____

Resumo

A irrigação no tratamento Endodôntico não cirúrgico tem sido amplamente estudada, constituído uma das fases mais importantes para o seu sucesso. A instrumentação mecânica dos canais radiculares visa permitir uma correta irrigação, para obtenção de uma desinfecção adequada do sistema de canais radiculares.

Durante o processo de irrigação Endodôntica podem ser utilizados diversos compostos, sendo os mais frequentemente utilizados o hipoclorito de sódio, a clorhexidina, o ácido etilenodiamino tetraacético, o ácido cítrico e o etanol, com ajuste da sua seleção (de forma isolada ou em combinação) ao caso específico.

A utilização das soluções de irrigação por método convencional não é suficiente para uma boa limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. Os sistemas de ativação dos irrigantes permitem a otimização da sua desinfecção e limpeza, contribuindo para o sucesso do tratamento. Com este estudo pretende-se avaliar diferentes irrigantes e suas técnicas de ativação no tratamento Endodôntico.

Palavras-chave: Endodontia; Irrigantes do Canal Radicular; Hipoclorito de Sódio; Clorexidina; EDTA; Ácido Cítrico; Etanol.

Abstract

Irrigants in non-surgical endodontic treatment have been widely studied, and their use is one of the most important steps for treatment success. Mechanical instrumentation of root canals allows a correct irrigation, allowing a correct disinfection of the root canal system.

During Endodontic irrigation several compounds can be used. The most frequent are sodium hypochlorite, chlorhexidine, ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid and ethanol, and their selection (either isolated or in combination) should be adapted to each specific case.

The use of irrigants using conventional methods does not provide an optimized cleansing and disinfection of the root canal system. Systems for irrigant solution activation allow the optimization of this procedure, contributing for treatment success. With the present study, we aim to assess different irrigant solutions and their activation techniques in Endodontic treatment.

Key words: Endodontics; Root Canal Irrigants; Sodium Hypochlorite; Chlorhexidine; EDTA; Citric Acid; Ethanol.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Doutor Miguel Albuquerque Matos, por toda a ajuda, disponibilidade e amizade.

Aos meus pais. Pelo amor incondicional e por todo o apoio em tudo na minha vida. Sem Vocês a concretização deste sonho não teria sido possível.

Aos meus padrinhos, por todo o amor, apoio e carinho sem medida.

À minha querida binómia e amiga, Mizé. Obrigada por todos os momentos de aprendizagem, de diversão e de amizade ao longo destes anos. Grata por teres aparecido no meu caminho e pela amizade que sei que será para a vida, até sermos velhinhas.

Aos meus colegas e amigos, Rita Santos, Cristiana Araújo e Eduardo Silva, por toda a ajuda, partilhas e carinho ao longo desta caminhada.

Ao meu namorado, Bruno Coelho, por todo o amor, apoio, compreensão e ajuda. Mais uma etapa concluída na nossa vida a dois.

Aos meus familiares e amigos, mais próximos, pelo carinho e força sempre dados.

Aos meus afilhados Carolina, Rodrigo, Sofia e Inês, por toda a alegria e ternura que trazem à minha vida.

Índice Geral

I – Introdução	1
1. Materiais e Métodos	2
II – Desenvolvimento.....	3
1. Irrigantes utilizados em Endodontia	3
1.1. Hipoclorito de Sódio	4
1.2. Clorhexidina.....	5
1.3. Ácido etilenodiamino tetraacético	7
1.4. Ácido cítrico.....	7
1.5. Etanol	8
2. Formas de potenciar a ação dos irrigantes	8
2.1. Técnicas manuais da agitação	9
2.2. Sistemas de agitação mecanicamente assistida.....	9
2.3. Irrigação contínua durante a instrumentação	10
2.4. Ativação sónica.....	10
2.5. Ativação ultrassónica	11
2.6. Irrigação por pressão negativa	11
2.7. Laser.....	12
III – Discussão	14
IV – Conclusão	16
V – Referências bibliográficas	17
VI – Anexo I	22

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação do sistema de pressão negativa EndoVac™.....	22
---	----

Lista de abreviaturas

CHX – Clorohexidina

EDTA – Ácido etilenodiamino tetraacético

TENC – Tratamento Endodôntico não cirúrgico (TENC)

I – Introdução

A Endodontia compreende a terapêutica de estruturas pulpare e dos canais radiculares, sendo os diagnósticos e etiologias diversos. O tratamento Endodôntico tem como finalidade a recuperação de estruturas apicais, pulpare e periapicais comprometidas, estando associado a várias variáveis, tais como os antecedentes patológicos do dente e das estruturas dentárias, assim como a experiência profissional e senso clínico de cada profissional (Leonardo and Leonardo, 2012).

A correta desinfecção ao longo do tratamento Endodôntico não cirúrgico (TENC) é um fator essencial no sucesso do tratamento a longo prazo, uma vez que promove a desinfecção do sistema de canais radiculares. Este, por sua vez depende de fatores como a anatomia do sistema de canais radiculares, podendo este ser bastante variável e complexo (Garcez et al., 2008, Kocak et al., 2017, Matos et al., 2019).

Para o sucesso do tratamento Endodôntico, a remoção de detritos de origem inorgânica, orgânica e/ou bacteriana do sistema de canais antes de se proceder à obturação é essencial. Vários irrigantes têm sido avaliados, procurando-se a otimização de características como a solubilidade, atividade antimicrobiana, baixa toxicidade para os tecidos periapicais, capacidade de remoção de *smear layer*, capacidade de dissolução de matéria orgânica, baixa tensão superficial, baixo custo, disponibilidade, fácil utilização, conveniência, adequada vida útil e facilidade de armazenamento (Bonan et al., 2011, Esteves and Froes, 2013).

O objetivo do presente trabalho é, através de uma revisão narrativa, avaliar diferentes irrigantes utilizados durante o TENC, assim como os protocolos de utilização, nomeadamente métodos de potenciar a sua ação. Tendo em conta a elevada variabilidade de irrigantes utilizados em Endodontia, optou-se por avaliar os mais utilizados atualmente: hipoclorito de sódio (NaOCl), clorohexidina (CHX), ácido etilenodiamino tetraacético (EDTA), ácido cítrico e o etanol (Dioguardi et al., 2018).

Os métodos que potenciam os irrigantes na descontaminação dos canais radiculares permitem uma otimização do tratamento Endodôntico. Neste sentido, e sendo novamente diversas as formas de potenciar a ação dos irrigantes, ao longo deste trabalho serão abordados os seguintes sistemas de ativação: técnicas de agitação manual, sistemas de agitação mecanicamente assistidos, irrigação contínua durante a instrumentação, ativação sónica, ativação ultrassónica, irrigação com pressão apical negativa e ativação por laser.

1. Materiais e Métodos

A pesquisa bibliográfica do presente trabalho foi realizada com o recurso a motores de busca de bases de dados de publicações científicas, nomeadamente Scielo, Science Direct e Pubmed, entre Setembro de 2020 e Março de 2021. Utilizaram-se como palavras/expressões de pesquisa “irrigants in endodontics”, “root canal treatment”, “endodontic irrigation”, “sodium hipoclorite”, “chloroexidine”, “chlorexidine”, “EDTA”, “citric acid”, “irrigant agitation”, “irrigant activation”, “alcohol”, “negative pressure systems”, “laser”, “sonic activation” e “ultrasonic activation”. Na pesquisa realizada foram encontrada 151 publicações, tendo sido excluídas as publicadas em línguas que não a inglesa ou portuguesa, e todas as que divergiram da temática em estudo. Para além da pesquisa descrita, foram ainda consultados livros e monografias na área da Endodontia com informações relevantes para o trabalho, tendo resultado num total de 78 trabalhos incluídos.

II – Desenvolvimento

1. Irrigantes utilizados em Endodontia

A instrumentação mecânica não permite o contacto com a totalidade das paredes do canal radicular, podendo os biofilmes bacterianos remanescentes dar origem a infeções persistentes e conduzir ao fracasso do tratamento. Deste modo, é necessário reduzir a carga bacteriana no interior dos canais radiculares, combinando adequadamente a instrumentação com a irrigação (Plotino et al., 2019).

Os efeitos da irrigação no tratamento Endodôntico podem ser químicos, mecânicos e biológicos (Prada et al., 2019, Eneide et al., 2019, Matos et al., 2019):

- Químicos: dissolução de matéria inorgânica e orgânica, remoção de dentina e *smear layer*.
- Mecânicos: lubrificação canal e remoção mecânica de biofilmes/microrganismos, restos pulpares e detritos dentinários, graças às forças exercidas pelo fluxo da solução irrigante.
- Biológicos: inativação de endotoxinas, eficácia contra microrganismos anaeróbios, inativação ou eliminação de biofilmes.

A preparação mecânica possibilita a eliminação de dentina e de tecido pulpar do canal radicular. Esta eliminação, devido ao aumento da conicidade e calibre do canal radicular, possibilita o acesso dos irrigantes às bactérias presentes no sistema de canais radiculares e túbulos dentinários (Stuart et al., 2006). No entanto, a preparação mecânica, também produz uma fina camada de detritos, a *smear layer*. Esta camada é composta por conteúdo orgânico e inorgânico, constituindo um potencial microambiente propício a infeção, e que necessita também ser removida do canal com a ajuda das soluções irrigantes (Dioguardi et al., 2018).

Relativamente à eliminação de detritos e de bactérias do canal radicular, são vários os fatores a considerar quando se avalia a eficácia de um irrigante, nomeadamente a viscosidade, o diâmetro do canal radicular, a pressão de irrigação, a profundidade de penetração da agulha, diâmetro interno e externo da agulha, a presença/orientação do bisel e a velocidade do irrigante na extremidade da agulha (Cohen and Hargreaves, 2011). Tendo estes fatores em consideração, um irrigante ideal deverá (Tasman et al., 2000, Cohen and Hargreaves, 2011):

- apresentar baixa tensão superficial, minimizando a área de superfície do líquido diminua, e aumentando a eficiência do irrigante;

- não ser tóxico para os tecidos periapicais;
- não manchar a estrutura dentária;
- manter-se estável em solução;
- eliminar completamente a *smear layer*;
- ter um baixo custo;
- ter uma aplicação conveniente;
- apresentar um longo efeito antimicrobiano;
- não induzir resposta imunitária;
- não interferir na capacidade de selamento de materiais de obturação;
- não ter efeitos carcinogênicos;
- deve manter-se ativo na presença de sangue.

Uma vez que nenhum dos irrigantes disponíveis apresenta todas as características descritas, o uso de mais do que um irrigante e/ou técnicas de potenciação da sua ação são relevantes para otimizar a eficácia do tratamento (Matos et al., 2019). Por exemplo, durante o tratamento Endodôntico, existem muitas dificuldades na limpeza e desinfecção do terço apical dos canais radiculares, relacionadas com a redução do diâmetro nessa região (Betancourt et al., 2020, Urban et al., 2017). A penetração do irrigante em áreas inacessíveis aos instrumentos Endodônticos é um fator de extrema importância (Duque et al., 2017), e o deficiente acesso do irrigante à região apical, associado a baixa permeabilidade e configuração anatômica complexa, conduz a uma redução do seu fluxo e minimiza a sua renovação (Kaushal et al., 2020).

As soluções irrigantes usadas para a limpeza e desinfecção química do sistema de canais radiculares incluem agentes com ação descalcificante e com ação antibacteriana. Seguidamente irão ser abordados os irrigantes mais utilizados em Endodontia, nomeadamente o NaOCl, a CHX, o EDTA, o ácido cítrico e o etanol (Dioguardi et al., 2018).

1.1. Hipoclorito de Sódio

O NaOCl foi introduzido em 1936 como agente em técnicas Endodônticas (Rico-Romano et al., 2016). Trata-se de um irrigante com capacidade de dissolução do tecido necrosado, da matéria orgânica e dos componentes da matriz do biofilme, tornando a sua utilização popular em Endodontia. Apresenta ainda uma potente atividade antimicrobiana, conseguindo neutralizar diferentes endotoxinas (Chubb, 2019). No entanto, este irrigante não apresenta todas as características necessárias para uma irrigação eficaz, uma vez que não tem a

capacidade de dissolver matéria inorgânica. Por outro lado, o NaOCl apresenta uma elevada citotoxicidade, sendo considerado seguro quando utilizado no interior dos canais radiculares (Kanagasingam, S., 2020). Existem riscos associados, especialmente quando utilizado em concentrações elevadas, pelo risco de extravasamento para tecidos perirradiculares (Seet et al., 2012, Trautmann et al., 2021, Dioguardi et al., 2018, de Almeida et al., 2013, Hage et al., 2019). A solução de NaOCl (1%-5,25%) é considerada o *irrigante gold standard* para a desinfecção e limpeza do sistema de canais radiculares. Fabro e colaboradores compararam o efeito antimicrobiano de diferentes concentrações de NaOCl, observando uma maior eficácia quando utilizado a 5,25% (Fabro et al., 2010). No entanto, existe uma falta de concordância entre estudos no que respeita à concentração ideal (Gonçalves et al., 2016), variando entre 0,5% a 6%, não se observando um benefício de ação antibacteriana acima destas concentrações, apenas com aumento do seu efeito tóxico (Kocak et al., 2017, Hage et al., 2019, Betancourt et al., 2020).

Apontam-se como principais vantagens do NaOCl em Endodontia a sua capacidade de dissolução de tecidos vitais e não vitais, apresentar boas propriedades lubrificantes e baixa tensão superficial, auxiliando a instrumentação e penetração no canal radicular, e apresentar um largo espectro antimicrobiano (Betancourt et al., 2020, Wiseman et al., 2011, Balic et al., 2016, Matos et al., 2019, Dumani et al., 2016, Siqueira, 2003). Para além das características intrínseca deste irrigante, a sua acessibilidade e baixo custo favorecem a sua utilização (Hulsmann et al., 2003).

A otimização do tempo de contacto entre o irrigante e o canal radicular influencia a eficácia do NaOCl, nomeadamente antibacteriana (Borin et al., 2007). Uma concentração mais alta não implica necessariamente uma maior penetração do irrigante nos espaços intersticiais do canal. (Gonçalves et al., 2016). Para além do período de contacto, técnicas de ativação do irrigante permitem melhorar a penetração e eficácia antimicrobiana (Hage et al., 2019). Outros fatores que modificam a eficácia do NaOCl são o fluxo, a temperatura, a profundidade de colocação da agulha e o pH (Trautmann et al., 2021, Siqueira, 2003). Relativamente ao último ponto, a capacidade proteolítica é maximizada a pH extremos, sendo as soluções de NaOCl estáveis apenas para pH elevado (Trautmann et al., 2021).

1.2. *Clorohexidina*

A CHX apresenta atividade antimicrobiana de largo espectro – contra bactérias Gram positivas e negativas – bem como ação antifúngica. A substantividade, que é uma característica da CHX,

é a associação duradoura entre um material e um substrato. Esta associação verifica-se ser bastante prolongada, pelo que a sua ação pode durar desde 48 a 12 semanas (Mohammadi and Abbott, 2009, Marion et al., 2013). Estudos mostram que a CHX é passível de ser absorvida pelas paredes dentinárias favorecendo efeitos de longa duração e reduzida citotoxicidade (Bottcher et al., 2015).

As vantagens da CHX relativamente ao NaOCl são a efetividade antimicrobiana com menor toxicidade e a sua substantividade (Bottcher et al., 2015). De facto, a capacidade antibacteriana e as propriedades antissépticas da CHX já foram demonstradas em diferentes doenças da cavidade oral, nomeadamente no controlo químico do biofilme em pacientes com doença periodontal (Gonçalves et al., 2016). Além disso, a biocompatibilidade que se pode encontrar na CHX faz com que esta seja menos tóxica que o NaOCl. No entanto, apresenta algumas desvantagens como a incapacidade de dissolução de matéria orgânica, o que faz com que não possa ser o único irrigante usado ao longo do tratamento Endodôntico (Bonan et al., 2011, Haapasalo et al., 2014, Mezzomo et al., 2017).

O protocolo conjunto de irrigação com CHX e NaOCl foi proposto. No entanto constatou-se a formação de um precipitado (paracloroanilina) denso, de cor acastanhada, que pode levar ao comprometimento da estética dentária para além de ser potencialmente carcinogénico (Akisue et al., 2010). Desta forma, constatou-se que o canal deve ser limpo com água ou soro fisiológico entre o uso das duas soluções (Haapasalo et al., 2014).

A CHX pode ser utilizada em gel ou sob a forma líquida (solução aquosa) e as suas concentrações variam entre 0,2% e 2%. A sua forma em gel a 2% possui vantagens sobre a forma líquida a 2%, mas ambas apresentam biocompatibilidade e ação antimicrobiana semelhantes. A sua forma em gel é vantajosa pela capacidade de lubrificar as paredes do canal radicular, reduzir o atrito entre o instrumento e a superfície da dentina facilitando a instrumentação e por reduzir o risco de fratura do instrumento dentro do canal. Pode-se afirmar que ao tornar mais fácil a instrumentação, melhora também a eliminação da matéria orgânica por ação mecânica (Ferraz et al., 2007). Segundo Gatelli e colaboradores, em 2014, a ação depende da sua concentração. Quando utilizada a 0,2%, tem um efeito bacteriostático, impossibilitando a função da membrana, conservando esse efeito durante várias horas após a sua aplicação. Quando utilizada a 2%, o seu efeito é bactericida, uma vez que entra na parede celular e interfere com o mecanismo de transporte (Gatelli and Bortolini, 2014). Assim, a CHX não é um agente substituto do NaOCl. Contudo, pode ser utilizada como um suplemento à irrigação após a utilização de EDTA e NaOCl (Chubb, 2019).

1.3. Ácido etilenodiamino tetraacético

O EDTA é um quelante de cálcio usado para remover a matéria inorgânica e preparar as paredes dos canais radiculares para melhor adesão dos cimentos de obturação (Darda et al., 2014). O EDTA a 17% é o quelante mais utilizado durante o processo de irrigação endodôntica. Este reage com os íons de cálcio presentes na dentina formando quelatos de cálcio solúveis promovendo, deste modo, a descalcificação da dentina até uma profundidade de 20 a 30 micrómetros (Kaushal et al., 2020).

Tem sido escolhido devido à sua capacidade de eliminar a constituinte inorgânica da *smear layer*, tornando assim mais fácil a instrumentação mecânica do canal (Garg and Garg, 2007). Apesar de já ser consensual a necessidade de remoção da *smear layer* no tratamento Endodôntico, a literatura científica demonstra que a maior parte dos irrigantes é incapaz de fazer uma eliminação completa de todas as partes dos canais radiculares, principalmente da região do terço apical, que é determinante para a taxa de sucesso do tratamento Endodôntico (Kaushal et al., 2020).

O EDTA não apresenta significativa atividade bactericida, contrariamente a outros irrigantes. Não obstante, este agente quelante é muito útil na limpeza do canal, uma vez que possibilita destacar o biofilme presente nas paredes canales, remove a *smear layer* causada pela preparação mecânica, abrindo os túbulos dentinários para a ação dos irrigantes utilizados posteriormente (Dioguardi et al., 2018, Câmara et al., 2010). Contudo, o seu contacto não pode ser prolongado com a dentina uma vez que tem a capacidade a desmineralizar (Cohen and Hargreaves, 2011).

1.4. Ácido cítrico

O ácido cítrico é um ácido orgânico tricarboxílico fraco que na Endodontia é utilizado em solução numa concentração que varia entre 10 e 50% (Kaushal et al., 2020). Este, quando em reação com o cálcio forma citrato de cálcio, também com capacidade para remoção da *smear layer*. Neste sentido, o ácido cítrico pode ser utilizado em vez do EDTA para remover na irrigação final (após o uso do NaOCl) a *smear layer* (Haapasalo et al., 2014).

O ácido cítrico a 10% apesar de poder ser uma alternativa ao uso do EDTA na remoção da *smear layer*, não apresenta qualquer capacidade quelante, pelo que a sua eficácia a eliminá-la esta relacionada com a alta solubilidade dos tecidos dentários em ambientes ácidos (Huang et al., 2019).

1.5. Etanol

O etanol é usado no tratamento Endodôntico com diferentes objetivos: diminuir a tensão superficial no interior das paredes canalares, secar os canais, otimizar as condições do canal para uma melhor extensão e adaptação do material de obturação (Yuan et al., 2014, Cohen and Hargreaves, 2011).

A irrigação com etanol a 70% durante a remoção de hidróxido de cálcio do terço apical do canal radicular, verificou-se ser bastante mais vantajosa quando comparada com a utilização de NaOCl a 2,5% ou EDTA a 17%. Nesta concentração verifica-se uma maior percentagem de paredes canalares limpas e de túbulos dentinários limpos (Dias-Junior et al., 2021). Já uma concentração de 96% pode ser usada durante a irrigação final do tratamento no sentido de secar o canal, reduzir a tensão superficial e, desta forma, melhorar o escoamento e adesão do cimento obturador e eliminar resquícios de outros químicos (Yuan et al., 2014).

2. Formas de potenciar a ação dos irrigantes

Um dos maiores desafios da irrigação no tratamento Endodôntico é a solução irrigante conseguir chegar às áreas que a instrumentação mecânica não conseguiu atingir com o uso de limas, como istmos, deltas apicais e canais laterais (Prada et al., 2019). A instrumentação com limas rotatórias não atinge cerca de 60% da parede do canal, possibilitando a sobrevivência de microrganismos. De modo a melhorar a ação desinfetante e de desbridamento, estão disponíveis diferentes métodos de irrigação. Acredita-se que o movimento mecânico dos irrigantes é mais importante que a sua ação química para remoção de resíduos (Plotino et al., 2019, Prada et al., 2019, Eggmann et al., 2020).

Na prática clínica, a técnica de irrigação com seringa e agulha é mais utilizada, por ser acessível e de fácil execução. No entanto, é incapaz de atingir as regiões mais apicais do canal, resultando num baixo nível de desinfecção (Schmidt et al., 2015, Dioguardi et al., 2018). Durante a irrigação convencional com agulha e seringa, o irrigante não consegue atingir uma distância superior a 2 mm da ponta da agulha de irrigação inserida no canal, limitando o seu reabastecimento e renovação e não sendo frequentemente atingido a região apical do canal (Andrabi et al., 2014, Betancourt et al., 2020, de Gregorio et al., 2010, Rodig et al., 2010). Pode ainda ocorrer retenção de ar numa área do canal, comprometendo a renovação do irrigante e a eficácia da irrigação (efeito “*vapor lock*”). (Urban, K. et al, 2017). Apesar de todos os benefícios da utilização do NaOCl no tratamento Endodôntico, a preparação químico-mecânica

com diferentes concentrações de NaOCl deixa pelo menos 40 a 60% das bactérias inicialmente presentes em canais infetados (Hage et al., 2019).

Atualmente, com vista a aperfeiçoar a limpeza e o desbridamento do canal e a aumentar o efeito da desinfecção química, existem diferentes sistemas/aparelhos de ativação mecânica dos irrigantes (Andrabi et al., 2014, Hage et al., 2019, Ahuja et al., 2014, Eneide et al., 2019, Khaord et al., 2015, Pedulla et al., 2019, Saber Sel and Hashem, 2011). Estes métodos de irrigação são utilizados após a preparação químico-mecânica (Urban et al., 2017, Plotino et al., 2016), variando desde sistemas manuais de agitação a sistemas de agitação mecanicamente assistidos, com aparente melhoria da desinfecção e limpeza dos canais relativamente aos métodos convencionais de seringa e agulha (Gu et al., 2009, Rico-Romano et al., 2016, Susila and Minu, 2019). Para além disso, a utilização destes sistemas diminui a dor após a intervenção e permite que uma maior quantidade de irrigante atinga todo o comprimento de trabalho (Susila and Minu, 2019). No entanto, estas técnicas também apresentam inconvenientes, nomeadamente o seu elevado custo, a potencial alteração da anatomia do canal, maiores taxas de reação, tensão de cisalhamento e extrusão apical de irrigante (Dioguardi et al., 2018).

2.1. Técnicas manuais da agitação

A técnica de agitação manual do irrigante é o mais simples de todos os mecanismos de ativação manual. O modo mais fácil é mover passivamente e verticalmente a lima Endodôntica no interior do canal, uma vez que esta vai promover a penetração da solução irrigante e reduzir a presença de bolhas de ar dentro do canal. Pode também ser usado um cone de guta-percha (devidamente calibrado) que é movimentado verticalmente até ao comprimento de trabalho, enquanto o canal é preenchido com irrigante, permitindo uma maior penetração dos irrigantes no terço apical (Plotino et al., 2016, Chubb, 2019).

2.2. Sistemas de agitação mecanicamente assistida

Nos sistemas mecanicamente assistidos são inseridos instrumentos no interior do canal previamente preenchido com irrigante, com ativação assistida por peça de mão a baixa velocidade. Os instrumentos podem ser limas de plástico com superfície macia ou com extensões laterais de plástico (Plotino et al., 2016). As escovas rotatórias, por exemplo, demonstraram ser eficazes na remoção da *smear layer* no terço coronal, mas não no terço apical (Chubb, 2019). Estes sistemas apresentam melhores resultados quando comparados com o método convencional de irrigação com agulha e seringa. No entanto são menos efetivos que outros sistemas existentes para ativação dos irrigantes (Plotino et al., 2016).

2.3. Irrigação contínua durante a instrumentação

A irrigação contínua, técnica que envolve a injeção contínua de solução irrigante, permite uma chegada de novo irrigante ao canal radicular de forma ininterrupta. Existem autores que afirmam que a irrigação contínua é igualmente eficaz à intermitente na remoção de detritos (Chubb, 2019).

O *Self Adjusting File*, um sistema de preparação canal recentemente introduzido no mercado, apresenta uma lima de superfície abrasiva que aumenta o canal por fricção, permitindo o movimento de irrigante ao longo da própria lima através de movimentos vibratórios. Este sistema demonstrou excelentes resultados no que diz respeito à preservação anatômica e capacidade limpeza, com atingimento de zonas de difícil acesso como canais ovais ou em C e istmos (Paque et al., 2012).

O baixo poder de corte deste sistema pode limitar o uso desta técnica na preparação mecânica do canal. No entanto, pode ser utilizada como técnica adicional para intensificar a desinfecção e limpeza do sistema de canais radiculares no final da preparação mecânica (Dietrich et al., 2012, Plotino et al., 2016).

2.4. Ativação sónica

A técnica de ativação sónica para ativação de irrigantes consiste em gerar oscilação mecânica utilizando dispositivos sónicos de mão, que geram ondas com frequências baixas (entre os 1000 e os 10000 Hz) e amplitudes elevadas (Balic et al., 2016, Khaord et al., 2015, Jensen et al., 1999, Suman et al., 2017). Estes aparelhos demonstram ser efetivos na desinfecção canal devido aos movimentos gerados pela ponta dos aparelhos (Chubb, 2019). São constituídos por diferentes pontas macias de plástico de diferentes dimensões, que são ativadas por frequência sónica. Apesar de serem efetivos na limpeza do canal, com remoção da *smear layer* por aumento da capacidade de cisalhamento, e com preenchimento de um grande número de canais laterais na fase de obturação, não aumentam a taxa de reação do irrigante (Dioguardi et al., 2018, Plotino et al., 2016). Algumas das vantagens descritas para esta técnica incluem o facto de as pontas oscilantes não pararem quando entram em contacto com as paredes do canal, serem feitas de material plástico e poder ser usado com segurança em canais curvos, uma vez que as pontas oscilantes não têm a capacidade de deformar o canal (Plotino et al., 2019).

Existem diferentes aparelhos sónicos disponíveis no mercado, tais como o EndoActivator, um dispositivo sem fios, acoplado a uma peça de mão, com pontas de poliamida flexíveis não cortantes (Haupt et al., 2020, Urban et al., 2017), o sistema Vibringe, constituído por uma peça

de mão sem fios acoplada a uma seringa (Dumani et al., 2016), ou o sistema EDDY, que também utiliza pontas flexíveis não cortantes (Rödig et al., 2019).

Os mecanismos de ação descritos para a ativação sónica são o *streaming* acústico e a cavitação (Macedo et al., 2014, Ruddle, 2007). O primeiro resulta do movimento circular intenso de um dispositivo vibratório, originando um vórtice (Urban et al., 2017, Wiseman et al., 2011, Jiang et al., 2010). O segundo corresponde formação de bolhas de vapor no líquido de irrigação, com rápida implosão da mesma (Urban et al., 2017). Ambos os mecanismos geram movimentos hidrodinâmicos no irrigante, aumentando a sua penetração para regiões mais apicais dos canais.

2.5. Ativação ultrassónica

A utilização de ondas com frequências superiores a 20000 Hz para ativação de irrigantes endodônticos entra no espectro da ativação ultrassónica, podendo variar entre 25000 e 45000 Hz (Balic et al., 2016, Khaord et al., 2015, Pedulla et al., 2019, Sáinz-Pardo et al., 2014). Tal como na técnica de ativação sónica, os principais mecanismos de ação descritos incluem o *streaming* acústico e a cavitação (Hage et al., 2019, Macedo et al., 2014).

Existem dispositivos sem fios que permite a realização de ativação ultrassónica, como é o caso do EndoUltra, que opera a 40000 Hz e utiliza pontas de aço inoxidável (Hage et al., 2019, Pedulla et al., 2019), podendo ser utilizado com irrigante em fluxo intermitente ou contínuo (Kocak et al., 2017).

Com esta técnica é possível aumentar a penetração dos irrigantes nos canais, com remoção do biofilme e da *smear layer*, nomeadamente na região apical (Eneide et al., 2019, Matos et al., 2019, Mancini et al., 2013, Bueno et al., 2019). Por outro lado, o *streaming* acústico e o aumento local de temperatura promove a eliminação de bactérias, aumentando o efeito bactericida do NaOCl, enquanto a cavitação promove uma otimização da limpeza das paredes dos canais (Betancourt et al., 2020, Kocak et al., 2017). No entanto, existe algumas desvantagens da utilização deste tipo de técnica, nomeadamente a menor eficácia na região apical pela necessidade de maior calibre do canal para oscilação da ponta, assim como possibilidade de remoção não intencional de dentina pela lima ultrassónica (Aldeen et al., 2018, Rödig et al., 2019).

2.6. Irrigação por pressão negativa

Os sistemas de pressão negativa apical (EndoVac™, Figura 1 – anexo I) foram criados para, simultaneamente, introduzir e remover o irrigante do canal radicular. Esta técnica permite que

o irrigante atinja a totalidade do comprimento de trabalho (Plotino et al., 2016), sendo recomendada a sua utilização para evitar a extrusão de irrigantes para além do ápice (Dioguardi et al., 2018).

Este sistema é constituído por três elementos: cânula principal, macrocânula e microcânula. A cânula principal introduz o irrigante dentro da câmara pulpar através de um tubo metálico. A macrocânula remove os detritos dos terços médio e coronal, aspirando o irrigante e a microcânula extrai a solução do ápice nos últimos 0,2 mm do canal (Dioguardi et al., 2018).

A microcânula apresenta um diâmetro externo de 0,32 mm e tem 12 orifícios de 10 mm de diâmetro nos últimos 0,2-0,7 mm da cânula. Estes orifícios são utilizados para realizar a aspiração da solução irrigante (Dioguardi et al., 2018). Para uma correta utilização deste sistema de irrigação, o canal radicular deve ter 4% de conicidade e um diâmetro apical de pelo menos 0,35 mm, para assim ser possível a inserção da microcânula até ao ápice (Dioguardi et al., 2018). O irrigante introduzido na câmara pulpar, percorre o canal e é então aspirado através da microcânula, impedindo a sua extrusão para além do ápice (Dioguardi et al., 2018).

Este sistema permite assegurar, com segurança e baixo risco de extrusão, um contínuo e constante movimento de irrigante renovado no terço apical do canal. Um estudo demonstrou que desta forma é garantido um ótimo volume de irrigante no terço apical e uma excelente eliminação de detritos nesta área e em zonas em que não é possível aceder (Plotino et al., 2019).

2.7. Laser

A ativação da irrigação por laser (LAI) é baseada em efeitos fotomecânicos. A ponta do laser é inserida 5 mm acima do ápice e é criado um fenómeno de cavitação e de corrente acústica nos irrigantes dentro do canal (Do and Gaudin, 2020). Os comprimentos de onda dos lasers de *erbium* são bem absorvidos pela água, pelo NaOCl e pela hidroxiapatite, pelo que podem ser uma mais-valia no processo de agitação das soluções irrigantes. Esta forte absorção em água e em NaOCl, faz com que haja vaporização e formação de bolhas de vapor que rebentam após 100 a 200 μ s, induzindo um efeito de cavitação secundário (Do and Gaudin, 2020).

Mais recentemente, uma nova técnica juntou o laser de Er:YAG (*erbium: yttrium-aluminum-garnet*) com energia sub-ablativa (20mJ, 15Hz), com pulsações ultra curtas de 50 μ s. Esta técnica, denominada de transmissão fotoacústica induzida por fotões (PIPS, do inglês *photon-induced photoacoustic streaming*), resulta numa cavitação intracanal e em ondas fotoacústicas efetivas para a remoção de *smear layer* (Dioguardi et al., 2018, Do and Gaudin, 2020).

A PIPS é uma técnica que demonstrou ser efetiva no desbridamento e na eliminação de *smear layer* através da colocação da ponta do laser no interior da câmara pulpar, sem ser necessária a sua introdução e movimentação no interior do canal. É criada uma onda fotoacústica que provoca um movimento tridimensional do irrigante no interior dos canais radiculares (Prada et al., 2019). Contrariamente à LAI, na PIPS a ponta do laser é inserida apenas na entrada do canal radicular, diminuindo a necessidade de instrumentação com limas de grande calibre (Do and Gaudin, 2020). Em ambas as técnicas há aumento da taxa de reação do irrigante, redução do efeito de *vapor lock* e aumento do risco de extrusão apical do irrigante. (Dioguardi, M. et al., 2018). As principais desvantagens da utilização do laser no tratamento Endodôntico são o custo elevado do aparelho de laser e o risco de extrusão apical do irrigante (Dioguardi et al., 2018).

III – Discussão

Existem diversos irrigantes disponíveis no mercado para correta desinfecção e limpeza dos canais durante o TENC. Nenhuma das substâncias analisadas apresenta todas as características de um irrigante ideal, podendo a sua associação ser uma solução para a otimização do TENC. Por exemplo, a utilização alternada de EDTA e NaOCl durante um procedimento mostrou-se eficaz na remoção de *smear layer* e de resíduos do interior do sistema de canais radiculares, possivelmente pela combinação das propriedades de remoção de matéria inorgânica e orgânica (Ahuja et al., 2014, Rodig et al., 2010, Blank-Gonçalves et al., 2011, Mancini et al., 2018, Topçuoğlu et al., 2014). Esta associação esteve ainda associada a uma melhor remoção de hidróxido de cálcio dos canais radiculares comparativamente ao uso isolado de NaOCl (Khaleel et al., 2013).

A CHX foi proposta na literatura como uma alternativa ao NaOCl. De facto, trata-se de um irrigante menos tóxico que o NaOCl, mantendo uma elevada atividade antimicrobiana, o que poderia traduzir um melhor perfil para utilização como irrigante (Bottcher et al., 2015). No entanto, uma revisão sistemática publicada em 2020 não mostrou diferenças entre os dois compostos no que diz respeito à desinfecção, apesar dos seus mecanismos de ação diferentes. Os autores salientam que existem inconsistências entre os estudos incluídos, sendo necessários estudos futuros com uma adequada definição de resultados a avaliar (Ruksakiet et al., 2020).

A utilização de técnicas de irrigação em Endodontia permite potenciar a ação dos irrigantes. Existem diversas técnicas disponíveis, desde técnicas manuais à utilização de ondas de frequência para otimizar a ação dos irrigantes. Uma meta-análise publicada em 2018 revelou que as técnicas de ativação de irrigantes melhoram de forma significativa a remoção de detritos e de *smear layer* de forma significativa para todos os segmentos do sistema de canais radiculares (coronal, médio e apical), comparativamente à irrigação manual simples (Virdee et al., 2018). A análise de subgrupos desse estudo permitiu identificar a ativação sónica, ultrassónica e a irrigação por pressão negativa como sendo superiores à irrigação manual simples na remoção de *smear layer* e de detritos da região apical do canal radicular (Virdee et al., 2018). É importante assinalar a heterogeneidade dos estudos incluídos, reportando diferentes procedimentos no que diz respeito a tempo de agitação e tipo de cânula ou instrumento utilizado, registando a necessidade de novos aleatorizados que permitam estabelecer de forma clara a vantagem destes procedimentos no TENC. Também uma revisão sistemática publicada em 2019 mostrou uma melhor capacidade de remoção de detritos da ativação ultrassónica comparativamente com irrigação convencional (Căpută et al., 2019).

A eficácia das técnicas de ativação na otimização da desinfecção é também alvo de discussão entre autores. Alguns autores referem que as técnicas de ativação sónica e ultrassónica são ambas eficazes na redução de microrganismos com capacidade de formação de biofilmes, não existindo diferenças entre ambas (Eneide et al., 2019). No entanto, alguns autores favorecem a ativação ultrassónica comparativamente à ativação sónica neste domínio (Pedulla et al., 2019, Rico-Romano et al., 2016). As diferenças registadas podem dever-se à utilização de diferentes protocolos de ativação nos estudos considerados. Caputa e colaboradores identificaram alguma disparidade de resultados na sua revisão sistemática, onde foram identificados resultados discordantes entre estudos no que respeita a ação microbiológica (Căpută et al., 2019).

Também a técnica de laser foi avaliada, tendo demonstrado maior eficácia antimicrobiana comparativamente com a irrigação convencional e com as técnicas de ativação sónica e ultrassónica (Betancourt et al., 2020, Seet et al., 2012). No entanto, outros estudos não evidenciaram diferenças entre as técnicas de laser e ultrassónica (Balic et al., 2016), diferenças que poderão ser atribuídas a diferentes protocolos entre estudos, reforçando novamente a necessidade de otimização de protocolos para melhorar a eficácia dos TENC.

IV – Conclusão

Para que se consiga uma boa limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares é necessária a realização de uma irrigação adequada, sendo essencial que o Médico Dentista conheça as propriedades de cada irrigante para otimizar a sua utilização adaptada a cada caso.

Nenhum irrigante apresenta todas as características inerentes ao irrigante ideal, o que motiva a associação de várias soluções de irrigação para a obtenção de um tratamento de sucesso. O NaOCl é ainda o irrigante de primeira escolha por abranger um maior número de requisitos, sendo a sua capacidade de dissolução de matéria orgânica a de maior relevo.

A CHX é uma alternativa ao NaOCl podendo ser utilizada em situações de rizogênese incompleta e alergia/hipersensibilidade ao NaOCl, apresentando como vantagens a substantividade e a baixa toxicidade. No entanto não se pode considerar um substituto, pois os dois irrigantes apresentam algumas características e capacidades distintas.

O EDTA e o ácido cítrico são agentes que fazem parte do grupo dos desmineralizantes, aumentando o efeito antibacteriano de forma indireta, na medida em que aumentam a permeabilidade da dentina. São utilizados essencialmente para a remoção de *smear layer*.

O tratamento Endodôntico deve ser realizado através da adequada combinação entre sistemas de instrumentação mecânica e irrigação. As soluções irrigantes podem ser ativadas por diferentes métodos, com objetivo de atingirem todo o comprimento e todas as zonas dos canais radiculares. Os sistemas de ativação de irrigantes são atualmente um pré-requisito para a obtenção de um tratamento de sucesso, não sendo consensual a escolha de um método preferencial.

A ausência de padronização de protocolos de ativação de irrigantes entre estudos constitui uma das maiores limitações na comparação entre métodos. Existe, portanto, necessidade de estudos futuros em que exista padronização de protocolos de ativação, por forma a se poder realizar a comparação direta entre irrigantes e métodos de ativação.

V – Referências bibliográficas

- Ahuja, P., Nandini, S., Ballal, S., et al. (2014). Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals : a scanning electron microscopy study. *J Dent (Tehran)*, 11, pp.1-9.
- Akisue, E., Tomita, V. S., Gavini, G., et al. (2010). Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation. *J Endod*, 36, pp.847-50.
- Aldeen, R. Z., Aljabban, O., Milly, H., et al. (2018). Effect of Er:YAG laser-activated irrigation on dentine debris removal from different parts of the root canal system: An in vitro study. *Dent Med Probl*, 55, pp.133-138.
- Andrabi, S. M., Kumar, A., Zia, A., et al. (2014). Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Investig Clin Dent*, 5, pp.188-93.
- Balic, M., Lucic, R., Mehadzic, K., et al. (2016). The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming and sonic-activated irrigation combined with QMiX solution or sodium hypochlorite against intracanal E. faecalis biofilm. *Lasers Med Sci*, 31, pp.335-42.
- Betancourt, P., Merlos, A., Sierra, J. M., et al. (2020). Er,Cr:YSGG Laser-Activated Irrigation and Passive Ultrasonic Irrigation: Comparison of Two Strategies for Root Canal Disinfection. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*, 38, pp.91-97.
- Blank-Gonçalves, L. M., Nabeshima, C. K., Martins, G. H., et al. (2011). Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *J Endod*, 37, pp.1268-71.
- Bonan, R., Batista, A. & Hussne, R. (2011). Comparação do Uso do Hipoclorito de Sódio e da Clorexidina como Solução Irrigadora no Tratamento Endodôntico: Revisão de Literatura. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, 15, pp.237-244.
- Borin, G., Becker, A. N. & De Oliveira, E. P. (2007). A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares. *Revista Endodontia Pesquisa e Ensino On Line*, 3, pp.1-5.
- Bottcher, D. E., Sehnem, N. T., Montagner, F., et al. (2015). Evaluation of the Effect of Enterococcus faecalis Biofilm on the 2% Chlorhexidine Substantivity: An In Vitro Study. *J Endod*, 41, pp.1364-70.
- Bueno, C. R. E., Cury, M. T. S., Vasques, A. M. V., et al. (2019). Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. *Braz Oral Res*, 33, pp.e017.
- Câmara, A., Albuquerque, M. & Aguiar, C. (2010). Soluções Irrigadoras Utilizadas para o Preparo Biomecânico de Canais Radiculares. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 10, pp.127-133.
- Căpută, P. E., Retsas, A., Kuijk, L., et al. (2019). Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod*, 45, pp.31-44.e13.
- Chubb, D. W. R. (2019). A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J*, 45, pp.5-11.
- Cohen, S. & Hargreaves, K. (2011). Caminhos da polpa. Rio de Janeiro, *Mosby Elsevier*.
- Darda, S., Madria, K., Jamenis, R., et al. (2014). An in-vitro evaluation of effect of EDTAC on root dentin with respect to time. *J Int Oral Health*, 6, pp.22-7.
- De Almeida, L. H., Leonardo, N. G., Gomes, A. P., et al. (2013). Pulp tissue dissolution capacity of sodium hypochlorite combined with cetrimide and polypropylene glycol. *Braz Dent J*, 24, pp.477-81.

- De Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., et al. (2010). 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*, 36, pp.1216-21.
- Dias-Junior, L. C. L., Castro, R. F., Fernandes, A. D., et al. (2021). Final Endodontic Irrigation with 70% Ethanol Enhanced Calcium Hydroxide Removal from the Apical Third. *J Endod*, 47, pp.105-111.
- Dietrich, M. A., Kirkpatrick, T. C. & Yaccino, J. M. (2012). In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *J Endod*, 38, pp.1140-4.
- Dioguardi, M., Gioia, G. D., Illuzzi, G., et al. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *Eur J Dent*, 12, pp.459-466.
- Do, Q. L. & Gaudin, A. (2020). The Efficiency of the Er: YAG Laser and PhotonInduced Photoacoustic Streaming (PIPS) as an Activation Method in Endodontic Irrigation: A Literature Review. *J Lasers Med Sci*, 11, pp.316-334.
- Dumani, A., Guvenmez, H. K., Yilmaz, S., et al. (2016). Antibacterial Efficacy of Calcium Hypochlorite with Vibrating Sonic Irrigation System on Enterococcus faecalis: An In Vitro Study. *Biomed Res Int*, pp.8076131.
- Duque, J. A., Duarte, M. A., Canali, L. C., et al. (2017). Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod*, 43, pp.326-331.
- Eggmann, F., Vokac, Y., Eick, S., et al. (2020). Sonic irrigant activation for root canal disinfection: power modes matter! *BMC Oral Health*, 20, pp.102.
- Eneide, C., Castagnola, R., Martini, C., et al. (2019). Antibiofilm Activity of Three Different Irrigation Techniques: An in Vitro Study. *Antibiotics (Basel)*, 8.
- Esteves, D. & Froes, J. (2013). Soluções Irrigadoras em Endodontia – Revisão de Literatura. *Arquivo Brasileiro de Odontologia*, 9, pp.48-53.
- Fabro, R., Britto, M. L. & Nabeshima, C. (2010). Comparação de diferentes concentrações de hipoclorito de sódio e soro fisiológico utilizados como soluções irrigadoras. *Odontol. Clin-Cient.*, 9, pp.365-368.
- Ferraz, C. C., Gomes, B. P., Zaia, A. A., et al. (2007). Comparative study of the antimicrobial efficacy of chlorhexidine gel, chlorhexidine solution and sodium hypochlorite as endodontic irrigants. *Braz Dent J*, 18, pp.294-8.
- Garcez, A. S., Nuñez, S. C., Hamblin, M. R., et al. (2008). Antimicrobial Effects of Photodynamic Therapy on Patients with Necrotic Pulps and Periapical Lesion. *Journal of Endodontics*, 34, pp.138-142.
- Garg, N. & Garg, A. (2007). Textbook of Endodontics. New Delhi, *Jaypee Brothers Medical Publishers*.
- Gatelli, G. & Bortolini, M. (2014). O uso da clorexidina como solução irrigadora em Endodontia. *Revista UNINGÁ Review*, 20, pp.119-122.
- Gonçalves, L. S., Rodrigues, R. C., Andrade Junior, C. V., et al. (2016). The Effect of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine as Irrigant Solutions for Root Canal Disinfection: A Systematic Review of Clinical Trials. *J Endod*, 42, pp.527-32.
- Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., et al. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35, pp.791-804.
- Haapasalo, M., Wang, Z., Shen, Y., et al. (2014). Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod*, 40, pp.1178-81.
- Hage, W., De Moor, R. J. G., Hajj, D., et al. (2019). Impact of Different Irrigant Agitation Methods on Bacterial Elimination from Infected Root Canals. *Dent J (Basel)*, 7.

- Haupt, F., Meinel, M., Gunawardana, A., et al. (2020). Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Aust Endod J*, 46, pp.40-46.
- Huang, S. T., Teng, N. C., Wang, H. H., et al. (2019). Wasted Ganoderma tsugae Derived Chitosans for Smear Layer Removal in Endodontic Treatment. *Polymers (Basel)*, 11.
- Hulsmann, M., Heckendorff, M. & Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*, 36, pp.810-30.
- Jensen, S. A., Walker, T. L., Hutter, J. W., et al. (1999). Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*, 25, pp.735-8.
- Jiang, L. M., Verhaagen, B., Versluis, M., et al. (2010). Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod*, 36, pp.143-6.
- Kaushal, R., Bansal, R. & Malhan, S. (2020). A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*, 23, pp.71-78.
- Khaleel, H. Y., Al-Ashaw, A. J., Yang, Y., et al. (2013). Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, ultrasonic and ProTaper file agitation techniques: an in vitro study. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 33, pp.142-145.
- Khaord, P., Amin, A., Shah, M. B., et al. (2015). Effectiveness of different irrigation techniques on smear layer removal in apical thirds of mesial root canals of permanent mandibular first molar: A scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*, 18, pp.321-6.
- Kocak, S., Bagci, N., Cicek, E., et al. (2017). Influence of passive ultrasonic irrigation on the efficiency of various irrigation solutions in removing smear layer: a scanning electron microscope study. *Microsc Res Tech*, 80, pp.537-542.
- Leonardo, T. R. & Leonardo, R. M. (2012). Aspectos atuais do tratamento da infecção endodôntica. *Rev assoc paul cir dent* 66, pp.174-80.
- Macedo, R., Verhaagen, B., Rivas, D. F., et al. (2014). Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod*, 40, pp.580-3.
- Mancini, M., Cerroni, L., Iorio, L., et al. (2013). 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*, 39, pp.1456-60.
- Mancini, M., Cerroni, L., Iorio, L., et al. (2018). FESEM evaluation of smear layer removal using different irrigant activation methods (EndoActivator, EndoVac, PUI and LAI). An in vitro study. *Clin Oral Investig*, 22, pp.993-999.
- Marion, J., Pavan, K., Arruda, M., et al. (2013). Chlorhexidine and its applications in Endodontics: A literature review. *Dental Press Endod*, 3, pp.36-54.
- Matos, F. S., Khoury, R. D., Carvalho, C. a. T., et al. (2019). Effect of EDTA and QMIX Ultrasonic Activation on the Reduction of Microorganisms and Endotoxins in Ex Vivo Human Root Canals. *Braz Dent J*, 30, pp.220-226.
- Mezzomo, V. C., Werlang, A. C., Fornari, V. J., et al. (2017). Avaliação das soluções de Clorexidina e de Hipoclorito de Sódio na descontaminação de cones de guta percha contaminados por *Enterococcus faecalis*. 2017, 6, pp.12.
- Mohammadi, Z. & Abbott, P. V. (2009). Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J*, 35, pp.131-9.

- Paque, F., Al-Jadaa, A. & Kfir, A. (2012). Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J*, 45, pp.413-8.
- Pedulla, E., Genovese, C., Messina, R., et al. (2019). Antimicrobial efficacy of cordless sonic or ultrasonic devices on *Enterococcus faecalis*-infected root canals. *J Investig Clin Dent*, 10, pp.e12434.
- Plotino, G., Cortese, T., Grande, N. M., et al. (2016). New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J*, 27, pp.3-8.
- Plotino, G., Grande, N. M., Mercade, M., et al. (2019). Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci*, 27, pp.e20180045.
- Prada, I., Mico-Munoz, P., Giner-Lluesma, T., et al. (2019). Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review. *J Clin Exp Dent*, 11, pp.e185-e193.
- Rico-Romano, C., Zubizarreta-Macho, A., Baquero-Artigao, M. R., et al. (2016). An analysis in vivo of intracanal bacterial load before and after chemo-mechanical preparation: A comparative analysis of two irrigants and two activation techniques. *J Clin Exp Dent*, 8, pp.e9-e13.
- Rodig, T., Dollmann, S., Konietschke, F., et al. (2010). Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod*, 36, pp.1983-7.
- Rödiger, T., Koberg, C., Baxter, S., et al. (2019). Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J*, 52, pp.1173-1181.
- Ruddle, C. J. (2007). Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dent Today*, 26, pp.110, 112, 114-7.
- Ruksakiet, K., Hanák, L., Farkas, N., et al. (2020). Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Endod*, 46, pp.1032-1041.e7.
- Saber Sel, D. & Hashem, A. A. (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod*, 37, pp.1272-5.
- Sáinz-Pardo, M., Estevez, R., Pablo Ó, V., et al. (2014). Root canal penetration of a sodium hypochlorite mixture using sonic or ultrasonic activation. *Braz Dent J*, 25, pp.489-93.
- Schmidt, T. F., Teixeira, C. S., Felipe, M. C., et al. (2015). Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod*, 41, pp.1359-63.
- Seet, A. N., Zilm, P. S., Gully, N. J., et al. (2012). Qualitative comparison of sonic or laser energisation of 4% sodium hypochlorite on an *Enterococcus faecalis* biofilm grown in vitro. *Aust Endod J*, 38, pp.100-6.
- Siqueira, J. F., Jr. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J*, 36, pp.453-63.
- Stuart, C. H., Schwartz, S. A., Beeson, T. J., et al. (2006). *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*, 32, pp.93-8.
- Suman, S., Verma, P., Prakash-Tikku, A., et al. (2017). A Comparative Evaluation of Smear Layer Removal Using Apical Negative Pressure (EndoVac), Sonic Irrigation (EndoActivator) and Er:YAG laser -An In vitro SEM Study. *J Clin Exp Dent*, 9, pp.e981-e987.
- Susila, A. & Minu, J. (2019). Activated Irrigation vs. Conventional non-activated Irrigation in Endodontics - A Systematic Review. *Eur Endod J*, 4, pp.96-110.
- Tasman, F., Cehreli, Z. C., Ogan, C., et al. (2000). Surface tension of root canal irrigants. *J Endod*, 26, pp.586-7.

Topçuoğlu, H. S., Tuncay, Ö., Demirbuga, S., et al. (2014). The effect of different final irrigant activation techniques on the bond strength of an epoxy resin-based endodontic sealer: a preliminary study. *J Endod*, 40, pp.862-6.

Trautmann, E., Attin, T., Mohn, D., et al. (2021). Hydrogen Peroxide Versus Sodium Hypochlorite: All a Matter of pH? *J Endod*, 47, pp.297-302.

Urban, K., Donnermeyer, D., Schafer, E., et al. (2017). Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*, 21, pp.2681-2687.

Virdee, S. S., Seymour, D. W., Farnell, D., et al. (2018). Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*, 51, pp.605-621.

Wiseman, A., Cox, T. C., Paranjpe, A., et al. (2011). Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod*, 37, pp.235-8.

Yuan, G., Wei, Q., Tie, J., et al. (2014). Synergistic sporicidal effect of ethanol on a combination of orthophthalaldehyde and didecyldimethylammonium chloride. *Lett Appl Microbiol*, 59, pp.272-7.

VI – Anexo I



Figura 1 – Representação do sistema de pressão negativa EndoVac™. O esquema superior à direita demonstra a capacidade de ser atingido todo o comprimento de trabalho, com extração da solução do ápice. Imagem adaptada de <https://www.kerrdental.com/en-nl/endodontics-products/endovac-endodontic-irrigation> (último acesso em 20 de junho de 2021).