

Renata Sofia Coelho Moço

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2016

Renata Sofia Coelho Moço

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2016

Renata Sofia Coelho Moço

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

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

Resumo

Introdução: O objetivo da terapia endodôntica é eliminar a infecção presente nos canais radiculares e prevenir a reinfecção dos mesmos, criando assim as condições para a manutenção da peça dentária em função e livre de patologia pulpar ou peri-apical. A complexa anatomia dos canais faz com que seja impossível uma limpeza completa dos mesmos. Para se conseguir um bom resultado clínico é de extrema importância utilizarmos técnicas e procedimentos que visem uma utilização combinada de instrumentação mecânica e desinfecção com soluções de irrigação.

Objetivo: Revisão bibliográfica sobre sistemas auxiliares de desinfecção em Endodontia, abordando as suas principais vantagens e limitações e apresentando estudos que provam a sua importância para o sucesso do tratamento endodôntico.

Materiais e métodos: Realizou-se uma pesquisa eletrônica nos principais motores de busca online tais como *PubMed*, *B-On*, *Scielo* e *Science Direct* e em livros científicos sobre a temática, utilizando palavras-chave em inglês tais como “*irrigation techniques*”, “*sonic irrigation*”, “*EndoVac*”, “*EDTA*”, “*hypochlorite sodium*”, “*passive ultrasonic irrigation*”, “*apical negative pressure irrigation*”, “*root canal irrigation*”, “*EndoActivator*”, e ainda alguns termos em português tais como “*insucesso em endodontia*”, “*hipoclorito de sódio*”, “*ácido cítrico*” e “*irrigação sônica e ultrasônica*”. Da pesquisa efectuada entre Junho e Novembro de 2015 e cujo critério de inclusão foram artigos datados de 2001 a 2015, escolheu-se 65 artigos em inglês, 4 em português e 1 em espanhol, dos quais se utilizaram 44 artigos. Além dos artigos analisou-se 2 livros, dos quais se utilizou 1.

Resultados: Os artigos analisados apresentam como principais resultados que a combinação de instrumentação mecânica e a irrigação reduz mas não elimina totalmente as bactérias. Até à data não existem soluções de irrigação ideais. Têm-se desenvolvido técnicas capazes de combater as dificuldades encontradas e aumentar as potencialidades da irrigação, cada uma apresentando suas vantagens e desvantagens. Dos resultados constatados, a literatura científica aparenta reconhecer o Sistema EndoVac como o

melhor em termos de biossegurança e o sistema de irrigação ultrasónica passiva como o melhor em termos de desinfecção e limpeza.

Conclusão: Uma combinação de soluções com uma sequência específica é aparentemente necessária para atingir o sucesso endodôntico, bem como uma escolha adequada da técnica. As novas técnicas desenvolvidas tais como a ativação dinâmica manual, irrigação ultrasónica passiva, ativação sónica e sistemas de pressão apical negativa apresentam melhores resultados quando associados a irrigantes adequados como o hipoclorito, EDTA, ácido cítrico, clorohexidina e álcool. No entanto, concluiu-se que mais investigação é necessária para melhorar o sucesso do tratamento endodôntico não-cirúrgico.

Abstract

Introduction: The goal of endodontic therapy is to eliminate infection found in root canals and prevent their reinfection, thus creating adequate conditions to maintain the tooth functioning in full and free from pulpar or peri-apical pathologies. The complex anatomy of root canals makes it impossible to perform a complete cleansing. To obtain a good clinical prognosis it is of the utmost importance to use techniques and procedures which aim to make a combined use of mechanical instrumentation and disinfection using irrigant solutions.

Goal: Bibliographic review to collect information regarding auxiliary systems of disinfection in Endodontics, addressing their main advantages and limitations and presenting studies proving their importance to the success of the Endodontic treatment.

Materials and Methods: An electronic research was made in the main online search engines, such as *PubMed*, *B-On*, *Scielo* and *Science Direct*, and in scientific books about this topic, with English keywords which are relevant for the topic of this review, such as “*irrigation techniques*”, “*sonic irrigation*”, “*EndoVac*”, “*EDTA*”, “*hypochlorite sodium*”, “*passive ultrasonic irrigation*”, “*apical negative pressure irrigation*”, “*root canal irrigation*”, “*EndoActivator*”, and some Portuguese words such as “*insucesso em endodontia*”, “*hipoclorito de sódio*” “*ácido cítrico*” and “*irrigação sônica e ultrasônica*”. From this research, made between June and November 2015, and whose inclusion criteria were articles dated from 2001 to 2015, 65 English articles, 4 Portuguese articles and one Spanish article were chosen, from which 44 articles were used. Two books were also analysed and one was used.

Results: The articles analysed present as main results that the combined use of mechanical instrumentation and irrigation reduces but doesn't completely eliminate bacteria. Until now there is no ideal irrigant. Some new techniques capable of fighting the present difficulties and increasing the potential of irrigation have been developed, each of them presenting their own advantages and disadvantages. From the results obtained, the scientific literature tends to consider the EndoVac System the best

regarding biosafety and the passive ultrasonic irrigation system the best regarding disinfection and cleansing.

Conclusion: A specific sequence of combined irrigants is apparently necessary to achieve success in Endodontic therapy, as well choosing an adequate technique. The most recent techniques, such as manual dynamic activation, passive ultrasonic irrigation, sonic activation and systems with negative apical pressure show better results when used with adequate irrigants such as sodium hypochlorite, EDTA, citric acid, chlorhexidine and ethanol. However, it was concluded that further research is necessary to increase the success rates of non-cirurgical endodontic treatment.

Dedicatória

“A única forma de chegar ao impossível, é acreditar que é possível.”

Alice no país das maravilhas Lewis Carroll

Aos meus pais.

Agradecimentos

Aos meus pais. Caí vezes sem conta mas com o apoio deles consegui levantar-me sempre. Incutiram-me um espírito que guardo para a vida: os obstáculos não importam, o importante é nunca desistir.

Um agradecimento muito especial à minha mãe, ela sabe do que falo.

À minha irmã por todo o carinho e toda a força que me transmitiu.

Aos meus avós, em especial à minha avó Minita, que é uma segunda mãe.

Aos meus amigos, pelo apoio incondicional ao longo destes anos.

Ao meu namorado que me acompanhou desde o primeiro dia. Apoiou-me incondicionalmente e teve uma paciência incrível.

À Universidade e a todo o corpo docente, por todos os conhecimentos transmitidos.

Ao meu orientador, Dr. Luís França Martins, pela sua disponibilidade, empenho e profissionalismo.

A todos que, de uma maneira ou outra se atravessaram no meu percurso.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ii
ÍNDICE DE TABELAS	iii
I – INTRODUÇÃO	1
II – DESENVOLVIMENTO	3
1- Materiais e Métodos.....	3
2- Importância da desinfecção no sucesso endodôntico.....	4
3- Soluções de irrigação e desinfecção em endodontia.....	7
3.1 – Soluções de desinfecção.....	10
3.1.1 – Hipoclorito de Sódio.....	10
3.1.2 – Clorohexidina.....	11
3.2 – Agentes Quelantes.....	13
3.2.1 – EDTA e Ácido Cítrico.....	13
3.2.2 – Álcool.....	16
4- Dispositivos e técnicas de desinfecção em endodontia.....	16
4.1 – Irrigação Manual.....	18
4.2 – Ativação dinâmica manual (MDA).....	22
4.3 – Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI).....	23
4.4 – Ativação sônica (EndoAtivator).....	27
4.5 – Pressão Apical Negativa (Endovac).....	29
III – DISCUSSÃO	34
1- Biossegurança e Extrusão Apical.....	34
2- Capacidade de desinfecção e remoção de detritos.....	35
2.1 – Irrigação Convencional vs. MDA.....	35
2.2 – Irrigação Convencional vs. PUI.....	35
2.3 – MDA vs. PUI.....	37
2.4 – Irrigação Convencional vs. EndoAtivator.....	37
2.5 – EndoAtivator vs. PUI.....	38
2.6 – Irrigação Convencional vs. EndoAtivator vs. PUI.....	39
2.7 – EndoAtivator vs. MDA.....	40
2.8 – Irrigação Convencional vs. EndoVac.....	41
2.9 – Irrigação Convencional vs. EndoAtivator vs. EndoVac.....	42

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

2.10 – Irrigação Convencional vs. PUI vs. EndoVac.....	44
IV – CONCLUSÃO.....	45
V – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Técnicas de agitação do irrigante e aparelhos.....	18
Figura 2 – Diferentes tipos de agulha.....	20
Figura 3 – Sistema EndoActivator.....	28
Figura 4 – Três pontas do Sistema EndoActivator.....	29
Figura 5 – Sistema EndoVac (Micro e Macrocânula).....	31
Figura 6 – Pressão Apical Negativa.....	31

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CHX	Clorohexidina
Cpm	Ciclos por minuto
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
EPS	Matriz de substância polimérica extracelular
GP	Gutta-percha
H2O2	Peróxido de hidrogénio
HOCl	Ácido hipocloroso
ISO	International Organization for Standardization
LEA	Localizador eletrónico do ápex
MDA	Ativação dinâmica manual
NaOCl	Hipoclorito de Sódio
PCA	Para-cloroanilina
PUI	Irrigação ultrasónica passiva
TENC	Tratamento endodôntico não cirúrgico
UI	Combinação de instrumentação ultrasónica com irrigação
WSS	“Wall shear stress”

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I – Propriedades de um Irrigante Ideal para o Tratamento de Canais
Radiculares.....8

Tabela II – Tabela Resumo de Resultados.....44

I – INTRODUÇÃO

O sucesso da terapia endodôntica conservadora é eliminar a infecção presente nos canais radiculares e prevenir a reinfecção dos mesmos por forma a culminar com a preservação da peça dentária. A complexa anatomia do sistema tridimensional canalar faz com que algumas áreas deste sistema permaneçam inacessíveis aos instrumentos (Ferreira, Simões e Carrilho, 2014). Desta forma, a limpeza completa dos canais ainda não é passível de ser atingida (Tuncer e Ünal, 2014).

É por isso essencial eliminar-se a maior quantidade possível de restos pulpare, tecidos necróticos e microorganismos, bem como as toxinas do sistema de canais radiculares, de forma a conseguir um bom prognóstico clínico e, por conseguinte, um bom tratamento periapical (Irala et al., 2012).

Para atingir este objetivo é de extrema importância fazer-se uma utilização combinada de instrumentação mecânica e de soluções de irrigação (Brunson et al., 2010).

Podemos classificar em duas tipologias os estados infecciosos do canal radicular sujeitos a tratamentos não cirúrgicos. A primeira é um dente com polpa vital e tecido do canal inflamado mas não completamente infetado por microorganismos. (Huffaker et al., 2010).

Em casos vitais o médico dedica o esforço na remoção do tecido, não devendo permitir microorganismos no canal radicular. A segunda tipologia ocorre quando o dente apresenta uma infecção que já atingiu o osso periapical, tendo o clínico de usar todos os meios para eliminar e remover as bactérias envolvidas e os produtos inflamatórios do sistema de canais (Huffaker et al., 2010).

Enterococcus faecalis é uma das espécies mais predominantes na flora dos canais radiculares e está presente maioritariamente nas infeções secundárias. Esta bactéria tem a capacidade de formar biofilme facilmente mesmo na sua fase inicial (Chatterjee et al., 2015).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

É um facto estabelecido que as bactérias que se encontram no interior de canais radiculares infetados existem sob a forma de biofilme e não como organismos livres. O biofilme é uma comunidade biológica que se encontra inserida numa matriz de substância polimérica extracelular (EPS) (Chatterjee et al., 2015).

A matriz EPS torna a comunidade biológica mil vezes mais resistente à fagocitose e a agentes antimicrobianos. À medida que o biofilme amadurece estas células fixam-se no substrato, formando uma camada condicionante que aumenta a dificuldade de uma remoção eficaz do biofilme no tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) (Chatterjee et al., 2015).

Com o objetivo de preservar o mais possível a estrutura dentária sem comprometer a desinfecção e eliminar o biofilme do sistema canalar, devemos proceder ao alargamento do canal para o tamanho mais pequeno e cónico, que permita a penetração e um correto volume de irrigante (Brunson et al., 2010).

De seguida o espaço do canal é obturado para selar os microorganismos que não tenham sido removidos durante a limpeza e modelagem do mesmo. (Dental Abstracts, Volume 53, Issue 1, January-February 2008, page 40).

Sabendo de antemão que será impossível a remoção da totalidade das bactérias (Beus et al., 2012), a obturação e correto selamento do espaço tridimensional torna-se uma ferramenta extremamente importante no objetivo da eliminação bacteriana (Chatterjee et al., 2015). A tríade limpeza, modelagem e obturação compõem a chave para o sucesso (Luckmann, Dorneles e Grandó, 2013).

II – DESENVOLVIMENTO

1 – Materiais e Métodos

O presente trabalho teve como objetivo uma revisão bibliográfica dos estudos existentes sobre os sistemas auxiliares de desinfecção em endodontia, tendo como objetivo obter informação sobre cada um deles, estabelecer comparações destacando vantagens e desvantagens e provar a sua importância para o sucesso do tratamento endodôntico.

Foi realizado com base em artigos científicos publicados essencialmente nos últimos 8 anos. Utilizou-se como motores de busca *PubMed*, *B-On*, *Scielo* e *Science Direct*. De forma complementar foram consultados livros científicos.

Na pesquisa eletrônica realizada entre junho e novembro de 2015, recorreu-se a palavras-chave em inglês tais como “*irrigation techniques*”, “*sonic irrigation*”, “*EndoVac*”, “*EDTA*”, “*hypochlorite sodium*”, “*passive ultrasonic irrigation*”, “*apical negative pressure irrigation*”, “*root canal irrigation*”, “*EndoActivator*”, e ainda alguns termos em português tais como “*insucesso em endodontia*”, “*hipoclorito de sódio*” “*ácido cítrico*” e “*irrigação sônica e ultrasônica*”.

Após a pesquisa, foram escolhidos 65 artigos em inglês, 4 em português e 1 em espanhol, dos quais se utilizaram 44 artigos.

Além dos artigos, analisaram-se 2 livros dos quais se utilizou 1.

Os critérios de pesquisa incluíram bibliografia em português, inglês e espanhol publicada entre 2001 e 2015, tendo usado como critérios de exclusão outras línguas e outras datas.

2 – Importância da desinfecção no sucesso endodôntico

O objetivo do tratamento endodôntico é eliminar tecido pulpar infetado e criar um ambiente estéril que permita a cicatrização de tecidos periapicais e que previna o desenvolvimento de patologias perirradiculares (Fleming et al., 2010).

Através da remoção de tecido infetado, desinfecção da área interna do dente, obturação dos canais e subsequente restauração da estrutura coronária do dente, consegue-se reabilitar o dente afetado. A maioria dos pacientes pretende, acima de tudo, a manutenção da integridade do arco, da estética e da função dentária (Fleming et al., 2010).

Uma terapia endodôntica com sucesso pode ser alcançada usando instrumentação mecânica e desinfecção química. No entanto estudos mostram que 35% ou mais das superfícies dos canais radiculares não são passíveis de ser instrumentadas, sendo o terço apical o mais difícil de alcançar (Tuncer e Ünal, 2014).

Uma vez que os métodos usados para este fim apresentam grandes limitações, é necessário um sistema de aplicação do irrigante eficaz que alcance a totalidade do comprimento de trabalho e que elimine detritos de forma eficaz, dissolva tecido orgânico, elimine organismos microbiológicos, destrua subprodutos microbianos e remova a smear layer (Nielsen e Baumgartner, 2007).

Sendo o desbridamento o processo que utilizamos para chegar ao objetivo principal do tratamento endodôntico (Jiang et al., 2012), a irrigação é essencial porque permite a limpeza além do que pode ser alcançado pela simples instrumentação do canal (Gu et al., 2009). Estas soluções de irrigação também reduzem o atrito entre os instrumentos e a dentina, melhorando a eficácia do corte, dissolvendo os tecidos, e diminuindo a produção de calor friccional entre a lima e o dente (Haapasalo et al., 2014).

Segundo Irala et al. (2012), a irrigação durante a limpeza e conformação dos canais é um componente crítico do tratamento, pois o canal tem três terços de parede e cada terço apresenta características que exigem abordagens diferentes.

Foi provado que a irrigação convencional com recurso a agulha não é tão eficaz na limpeza de áreas apicais, em comparação com as áreas coronais de sistemas radiculares (Siu e Baumgartner, 2010).

Desta forma, o endodontista deve munir-se de outros recursos tais como potenciação dos agentes irrigantes, agitação mecânica ou manual, e sistemas coadjuvantes da desinfecção (Irala et al., 2012).

As técnicas de instrumentação rotativas e manuais produzem uma camada irregular, granular e amorfa que cobre a dentina do canal radicular (Gu et al., 2009). A remoção desta camada, designada por smear layer, requer o recurso a soluções de irrigação que possam dissolver tanto componentes orgânicos como inorgânicos para eliminar microorganismos e facilitar a obturação hermética do sistema de canais (Torres, Rodriguez e Luque, 2010).

Outra dificuldade acrescida é o aumento da preparação apical, que pode ser difícil ou até quase impossível em raízes curvas ou finas, podendo levar à perfuração destas (Brunson et al., 2010). A conicidade e o diâmetro dos canais são, desta forma, parâmetros importantes para a determinação da eficácia da remoção de detritos dentinários. Dentro de certos limites quanto maior for a conicidade, maior quantidade de detritos dentinários podem ser removidos (Sluis et al., 2007).

Num estudo de Brunson et al. (2010), o aumento do tamanho da preparação apical resultou num aumento do volume de penetração do irrigante. Embora não exista consenso em relação ao tamanho de preparação cónica apical mínima, a instrumentação nos tamanhos ISO#35 ou #40 resultou em maiores quantidades de volume de irrigante.

Isto é especialmente pertinente uma vez que já tinha sido provado anteriormente num estudo de Baker et al. de 1975 que o volume de irrigante está diretamente relacionado com a eficácia de desinfecção e limpeza dos canais radiculares, aquando do uso de técnicas de irrigação tradicionais (Brunson et al., 2010).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

A remoção de detritos de dentina de áreas apicais não instrumentadas parece ser uma boa indicação da eficácia do desbridamento mecânico de um sistema de irrigação, porque o fluxo de irrigante influencia diretamente a remoção de detritos (Jiang et al., 2012). Ou seja, a capacidade de penetração do irrigante em áreas não instrumentadas de forma mecânica é essencial para a remoção de detritos e desinfecção do sistema de canais radiculares (Gregorio et al., 2009).

Embora o irrigante aplicado através do sistema de irrigação convencional por pressão positiva atinja a ponta da agulha de irrigação, é difícil medir o volume de irrigante que está a ser aplicado, pois a pressão expressa no êmbolo da seringa varia entre os profissionais. Além disto é difícil determinar se o irrigante está atingir o terço apical do canal anteriormente preparado (Brunson et al., 2010).

O grau de penetração dos irrigantes no terço apical do canal radicular é influenciado por vários fatores tais como: tamanho final da preparação apical, manutenção da permeabilidade apical, volume de irrigante utilizado, propriedades físicas e químicas do irrigante, presença do efeito “vapor lock” e características do material empregue como a agulha (Tuncer e Ünal, 2014).

O método de distribuição do irrigante é outro fator importante. Diversos aparelhos e técnicas de irrigação estão disponíveis. A irrigação com recurso a agulha convencional não permite que as soluções vão além da ponta da agulha (Tuncer e Ünal, 2014).

Este sistema convencional depende da profundidade de penetração da agulha, da aplicação e renovação de irrigantes no terço apical e ainda da eficácia da desinfecção química (Siu e Baumgartner, 2010).

Ao longo dos anos tem-se utilizado a irrigação através da técnica de pressão positiva, na qual o irrigante é colocado no sistema de canais radiculares. Contudo a eficácia e segurança na forma de aplicação do irrigante têm sido questionadas (Brunson et al., 2010).

Boutsioukis et al. 2009, mostrou que a troca de irrigantes, só ocorria 1 a 1,5 mm depois da ponta da agulha de saída lateral e o irrigante para além deste ponto, permanecia estagnado, através de um modelo computarizado dinâmico de fluidos (Boutsioukis et al. 2009, cit. in Siu e Baumgartner, 2010). Já em 1983, Chow, tinha concluído que a troca de irrigantes não se estendia muito para além da ponta da agulha de saída lateral de irrigação.

Desde então vários estudos têm tentado melhorar os métodos de irrigação, tendo sido desenvolvidos vários sistemas de irrigação alternativos e complementares (Jiang et al., 2012), uma vez que, o volume de irrigante e o contacto direto estão diretamente relacionados com a eficácia da desinfecção e limpeza do canal radicular (Nielson e Baumgartner, 2007). Apesar disto, a técnica de irrigação convencional através de seringa, continua a ser muito usada (Jiang et al., 2012).

Não existe um único irrigante que satisfaça todos os requisitos de irrigante ideal, mesmo com a utilização de métodos tais como a alteração de pH, aumento da temperatura ou adição de agentes tensioativos de forma a aumentar a eficácia do mesmo (Gu et al., 2009).

Atualmente na prática endodôntica, o uso alternado de diferentes irrigantes, por forma a complementar a sua eficácia, como o hipoclorito de sódio (NaOCl), ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) ou clorohexidina (CHX), são muitas vezes utilizados para a irrigação inicial e final, para se conseguir complementar as deficiências associadas ao uso de um único irrigante (Gu et al., 2009).

3 – Soluções de irrigação e desinfecção em Endodontia

A técnica da irrigação é primordial para as funções químicas, mecânicas e microbiológicas no tratamento do canal radicular. Ela permite a limpeza de componentes orgânicos e inorgânicos impossíveis de eliminar com recurso à instrumentação (Haapasalo et al., 2014). Estes elementos podem bloquear o acesso à maior parte da região apical, aumentando deste modo a possibilidade de complicações tais como transporte ou perfuração (Haapasalo et al., 2005).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

A solução de irrigação deve dissolver o tecido orgânico ou inorgânico e deve ter atividade antimicrobiana. Atualmente não existem soluções de irrigação ideais, uma combinação de soluções de irrigação com uma sequência específica é necessário para se alcançar o sucesso endodôntico (Haapasalo et al., 2014). A solução irrigadora a utilizar deve estar dentro dos padrões quimicamente aceitáveis para que as suas características sejam desempenhadas adequadamente (Borin, Becker e Oliveira, 2007).

Propriedades de um Irrigante Ideal para o Tratamento de Canais Radiculares
<p>Um irrigante ideal deve ter as seguintes propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none">• Ser um germicida e fungicida ideal• Não ser irritante para os tecidos periapicais• Permanecer estável quando se encontra em solução• Ter um efeito antimicrobiano prolongado• Permanecer ativo na presença de sangue• Apresentar baixa tensão superficial• Não interferir com a reparação dos tecidos periapicais• Não manchar a estrutura do dente• Ser capaz de inativar um meio de cultura• Não induzir uma resposta imune mediada por células• Ser capaz de remover completamente a smear layer e ser capaz de desinfetar a dentina subjacente a esta bem como os túbulos• Não ser antigénico, tóxico ou carcinogénico para as células do tecido que envolve o dente• Não causar efeitos adversos nas propriedades físicas da dentina exposta• Não causar efeitos adversos na capacidade selante dos materiais obturadores• Ser de fácil aplicação• Apresentar boa relação custo-benefício

Tabela I - Propriedades de um Irrigante Ideal para o Tratamento de Canais Radiculares

(Adaptado de Hargreaves, Berman e Rotstein, 2016)

Vários estudos sugeriram uma preparação apical mais cônica e de maior diâmetro para possibilitar que uma quantidade suficiente de irrigante seja aplicada no comprimento de trabalho, conclusão que se tem revelado controversa (Shin et al., 2010).

Outros estudos alegam que o método de irrigação do canal radicular é o fator mais importante. Por exemplo, a ponta da agulha de irrigação deve ser colocada na direção do foramen apical tão proximamente quanto possível para irrigar de forma adequada o canal radicular. De referir que o volume de irrigante depende intrinsecamente da morfologia da agulha empregue, tais como agulhas de depressão frontal, lateral ou micro-perfuradas (Shin et al., 2010).

Contudo as possibilidades de ocorrer extrusão da solução aumentam se a agulha for de depressão frontal ou se a ponta da agulha for colocada demasiado próxima do foramen apical o que pode causar reacções inflamatórias, uma cicatrização demorada e dor pós-operatória (Shin et al., 2010).

Deste modo é essencial encontrar um método para aplicar o irrigante tão próximo quanto possível do foramen apical sem que ocorra extrusão. Anatomicamente é a área de maior complexidade pois é onde se encontra o delta apical constituído por canais laterais e múltiplas foraminas. Biologicamente é a área onde dadas as características anatómicas dos sistemas canulares, residem e colonizam uma grande quantidade de bactérias e biofilme. Um dos motivos que leva a um maior risco de extrusão é o facto de haver uma maior proximidade do foramen apical (Shin et al., 2010).

O efeito antibacteriano das preparações quelantes tais como o EDTA, não devem substituir o uso de NaOCl como o irrigante de eleição. No entanto estas preparações podem aumentar a capacidade de penetração do NaOCl nas irregularidades da dentina e nos túbulos dentinários, uma vez que remove a smear layer e restos de detritos da instrumentação que estão a impedir a acesso do irrigante, aumentando assim a sua ação (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003).

3.1 – Soluções de desinfecção

3.1.1 - Hipoclorito de Sódio (NaOCl)

O NaOCl foi utilizado pela primeira vez em 1792 com o nome de água de Javele, constituindo-se uma mistura de hipoclorito de sódio e potássio, contudo só em 1917 Barret difundiu o uso da solução de Dakin para irrigação de canais radiculares e relatou a sua eficiência como anti-séptico (Borin, Becker e Oliveira, 2007).

O NaOCl é a solução mais usada no TENC (Abraham et al., 2015). É usado há já vários anos como um irrigante eficaz para a dissolução de tecidos e como agente antimicrobiano (Shin et al., 2010). A sua eficácia deve-se à sua capacidade de dissolver tecido orgânico, eliminar microorganismos e atuar como lubrificante.

Este irrigante ioniza em água estabelecendo equilíbrio com ácido hipocloroso (HOCl). O máximo de cloro existe com níveis de pH ácido ou neutro, mas a um pH de 9 ou mais, os iões de NaOCl (OCl^-) são a forma mais abundante. Os iões de NaOCl são menos eficazes na remoção das bactérias, em comparação com o ácido hipocloroso, afectando diretamente as funções vitais das células microbianas e rapidamente as leva à morte (Haapasalo et al., 2014).

Quando uma solução de NaOCl apresenta teor de cloro abaixo de 0,3% ela não é eficaz contra alguns microorganismos, como *Candida albicans* e *Streptococcus faecalis* (Borin, Becker e Oliveira, 2007).

Desta forma é aconselhável que as soluções de NaOCl sejam adquiridas dentro do prazo de validade mais próximo possível da data de fabricação, devendo ser armazenadas em vidro âmbar ao abrigo da luz e do calor, pois estes podem interferir na perda do teor de cloro (Borin, Becker e Oliveira, 2007).

Esta ideia foi também defendida novamente em 2015 por Abraham et al. quando afirmavam que o NaOCl requer cuidados especiais durante o seu armazenamento, uma vez que a sua exposição a oxigénio, temperatura ambiente e luz podem torná-lo inativo.

Concentrações entre 0.5% e 6% são as usadas na maioria dos casos. Ter em atenção que deve ser usado em elevadas concentrações (acima de 2%) durante a instrumentação e 1-2 minutos depois da sua conclusão (Haapasalo et al., 2014).

À que ter em conta que a clorina, que é responsável pela capacidade de dissolver e eliminar bactérias do NaOCl, é instável e é consumida rapidamente durante a primeira fase da dissolução do tecido, provavelmente dentro de um intervalo de tempo de 2 minutos. É desta forma essencial uma renovação contínua da solução (Sluis et al., 2007), e mantê-la em movimento através de agitação ou irrigação contínua.

A velocidade de dissolução dos tecidos aumenta aquando da agitação eficaz e da renovação (Haapasalo et al., 2014).

As maiores desvantagens deste irrigante são a sua citotoxicidade quando injectado nos tecidos perirradiculares, odor e sabor desagradáveis, capacidade de manchar tecidos e de causar corrosão em objectos de metal. Para além disto, ele é apenas ativo na remoção do componente orgânico da smear layer e conteúdo canal (Abraham et al., 2015).

Além destas desvantagens, uma incorreta utilização do NaOCl pode trazer consequências graves para os pacientes tais como, dor aguda e intensa, aparecimento e agravamento de inchaço repentino e formação de hematomas. Muitas vezes estas consequências devem-se à determinação incorreta do comprimento de trabalho, abertura iatrogénica do foramen apical, perfuração lateral, entre outros (Abraham et al., 2015).

3.1.2 – Clorhexidina (CHX)

A CHX é um irrigante muito usado devido à sua substantividade no canal após o tratamento (Beus et al., 2012). Substantividade é a reacção reversível da assimilação da CHX após ter sido absorvida por substratos aniónicos tais como a mucosa oral e a estrutura do dente, que leva a uma atividade antimicrobiana substancial, ou seja, a CHX permanece ativa no canal mesmo após a sua remoção do mesmo, contudo não existe consenso em relação à permanência do seu efeito (Hargreaves, Berman e Rotstein, 2016).

A CHX previne placa e tem efeito desinfetante, demonstrando uma grande atividade antimicrobiana. É incapaz de dissolver o biofilme ou outros detritos orgânicos, não sendo por isso uma solução apropriada, se usada individualmente em casos em que existe necessidade de remoção de matéria orgânica (Haapasalo et al., 2014).

Os resultados apresentam vantagens em relação à duração de eficácia, que se pode verificar até 7 dias após o tratamento inicial (Cachovan et al., 2013). No entanto o impacto continuado no canal radicular é ainda desconhecido (Haapasalo et al., 2014).

A CHX tem efeito na parede celular microbiana, ou na membrana externa, matando os microrganismos de modo eficaz, contudo elimina as bactérias planctónicas de forma mais lenta que o NaOCl. Os seus efeitos nas bactérias do biofilme são semelhantes aos do NaOCl em concentração de 1% e 2%, mas bastante menos eficazes do que em concentrações de NaOCl de 5% e 6% (Haapasalo et al., 2014).

Apesar da CHX ser citotóxica para as células humanas não causa a dor associada à extrusão do NaOCl para as áreas periapicais (Haapasalo et al., 2014). Para além disso apresenta uma toxicidade inferior ao NaOCl e não apresenta odor ou sabor desagradáveis (Abraham et al., 2015).

Quando utilizada a combinação de ambas as substâncias, é necessário eliminar por completo o NaOCl antes da colocação da CHX (Cachovan et al., 2013). O contacto entre o NaOCl e a CHX produz para-cloroanilina potencialmente cancerígena (PCA), de modo que o canal deve ser cuidadosamente enxaguado com água estéril ou com uma solução salina entre a aplicação das duas soluções (Haapasalo et al., 2014).

A água e a solução salina não têm atividade de dissolução de tecidos ou antimicrobiana, desta forma não são soluções apropriadas para a irrigação (Haapasalo et al., 2014).

3.2 – Agentes Quelantes

Um agente quelante é definido como um químico combinado com um metal para formar quelato. Por forma a colmatar a falha das soluções de desinfecção, estes agentes têm a propriedade de conseguir eliminar a matéria inorgânica (Abraham et al., 2015).

Agentes quelantes como o EDTA têm sido recomendados como adjuvantes na terapia dos canais radiculares. Além da sua capacidade de limpeza, os quelantes podem libertar biofilme das paredes dos canais (Abraham et al., 2015).

3.2.1 – EDTA e Ácido Cítrico

Além do NaOCl, o irrigante mais usado no tratamento endodôntico, o uso de EDTA tem sido prática comum para remover componentes inorgânicos ou smear layer deixada no canal durante o tratamento (Beus et al., 2012).

A solução de EDTA é neutra ou ligeiramente alcalina e precipita num ambiente ácido. Geralmente o EDTA é utilizado a 15 ou 17% (Haapasalo et al., 2014). Hülsmann, Heckendorff e Lennon (2003), concluíram que uma concentração de 0,03 a 1% de EDTA era considerada baixa e tinha uma eficácia reduzida ou mesmo uma eficácia anti bacteriana nula, estando deste modo de acordo com Haapasalo et al. (2014).

Em 2002 concluiu-se que 10ml de EDTA a 17% aplicados durante 1 minuto eram suficientes para remover a smear layer (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003) no entanto Haapasalo et al. (2014) concluíram que a remoção da smear layer “normal” demora cerca de 2 minutos.

Camadas mais espessas podem necessitar de um período mais longo de exposição. Adicionalmente, no mesmo estudo de 2002, concluiu-se que uma aplicação de 10ml de EDTA durante 10 minutos, causou erosão peri-intertubular excessiva (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003).

O EDTA apenas afecta a parte inorgânica da dentina e da smear layer, o que faz com que este necessite de ser complementado, uma vez que a smear layer contém também microorganismos e antigénios microbianos indesejados. O EDTA não tem atividade antimicrobiana mas pode exercer um efeito anti-fúngico (Haapasalo et al., 2014).

A utilização alternada de NaOCl e EDTA está provada ser capaz de efectuar uma limpeza eficaz (Bolles et al., 2013).

O método recomendado para atingir este objetivo inclui uma lavagem final com uma solução de 15 ou 17% de EDTA seguida de outra de 1 a 6% de NaOCl. Contudo não há consenso no que diz respeito à quantidade ideal de irrigante, tempo de aplicação ou método de ativação das soluções de irrigação (Torres, Rodriguez e Luque, 2010).

O NaOCl, deve ser usado primeiro, sendo o EDTA aplicado na fase final para remover a smear layer (Haapasalo et al., 2014) uma vez que uma revisão de (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003) demonstrou que uma irrigação com apenas NaOCl tem uma eficácia reduzida na remoção da smear layer, pois esta é composta maioritariamente por componentes inorgânicos.

O EDTA é utilizado depois do NaOCl na irrigação final uma vez que tem capacidade quelante (Haapasalo et al., 2014). Além disto, após uma irrigação final com 6% de NaOCl ou em combinação com EDTA conseguiu-se a obturação de um maior número de canais acessórios (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003). De notar que a atividade antibacteriana do NaOCl é desativada quando é alternada a sua utilização com o EDTA, desta forma esta sequência deve ser evitada (Haapasalo et al., 2014).

A utilização da CHX como irrigante final depois da utilização do EDTA, não causa uma erosão da dentina tão severa como o NaOCl. Deste modo, uma concentração de 2% de CHX deve ser tida em consideração se for necessária irrigação após a remoção da smear layer (Haapasalo et al., 2014).

Recentemente tem sido advogado que o ácido cítrico é menos prejudicial para os tecidos vitais do que o EDTA, contudo apenas tem relevância aquando da presença de um erro,

como a extrusão. O ácido cítrico reage rapidamente com iões de cálcio e apresenta baixas propriedades antibacterianas. Este agente quelante quando usado sozinho não consegue ter em simultâneo um bom efeito antibacteriano e quelante (Suzuki et al., 2014).

O ácido cítrico é usado em concentrações que variam entre 1 a 40% na prática endodôntica para remover a smear layer depois da preparação dos canais radiculares.

Provou-se que uma solução de 10% deste agente quelante é mais eficaz na remoção da smear layer e na dissolução da dentina do que o EDTA, apresentando ainda efeitos antimicrobianos (Abraham et al., 2015).

Numa solução com concentração de 10% o ácido cítrico apresenta-se como um agente quelante eficaz. No entanto concentrações elevadas de 25 ou até 50% de ácido cítrico, apesar de terem a capacidade de remoção da smear layer, causam erosão da dentina (Suzuki et al., 2014).

Uma solução de 10% de ácido cítrico foi mais eficaz na remoção da smear layer das cavidades do final do terço apical do que os ultra-sons (Haapasalo et al., 2005). O ácido cítrico está presente em produtos combinados, usados também na remoção da smear layer (Haapasalo et al., 2014). Contudo quando combinado com o EDTA apresentou resultados fracos e em alguns casos não apresentou nenhuma influência na remoção da smear layer (Haapasalo et al., 2005).

Uma aplicação final de ácido cítrico, com uma concentração de 1 ou 2%, pode ser usado depois do NaOCl, para remover a smear layer, sendo que é ligeiramente mais agressivo que o EDTA (Haapasalo et al., 2014). No entanto o ácido cítrico parece ser ligeiramente mais potente na remoção da smear layer do que o EDTA em concentrações semelhantes (Hargreaves, Berman e Rotstein, 2016).

3.2.2 – Álcool

Segundo Glassman e Serota (2001) a sequência de irrigação mais eficaz para remoção da smear layer e de outros detritos é a sequência alternada de NaOCl e EDTA. A inclusão da CHX nesta sequência provou ser eficaz ao potencializar a eficácia desta mesma sequência. A inclusão de álcool nesta sequência de NaOCl e EDTA vai aumentar a permeabilidade de ambos os irrigantes.

O álcool reduz a tensão superficial da dentina e permite que o irrigante seguinte flua e penetre sem obstáculos através do comprimento total dos canais radiculares e para dentro das áreas mais complexas dos canais, facilitando deste modo o efeito da molhabilidade (Glassman e Serota, 2001).

Num estudo destes mesmos autores, concluiu-se que a dificuldade em aplicar irrigante no terço apical dos canais devia-se a um problema de tensão superficial e não a um problema mecânico. Neste estudo é ainda recomendado que o álcool seja usado no enxaguamento dos canais radiculares de forma a permitir a secagem e desidratação dos mesmos. Desta forma o acesso a canais laterais e acessórios bem como aos túbulos dentinários é maximizado antes da obturação (Glassman e Serota, 2001).

Hargreaves, Berman e Rotstein (2016) recomendam a aplicação sequencial de 17% de EDTA e 95% de álcool para uma limpeza e secagem eficaz da câmara pulpar antes da inspeção visual.

4 – Dispositivos e técnicas de desinfecção em endodontia

A limpeza da superfície instrumentada e não instrumentada do canal pode ser melhorada com técnicas de preparação química que usem irrigação e ativação desta irrigação (Beus et al., 2012). Nos últimos anos foi sugerido que se deveria adicionar limas a peças de mão ultrasónicas para ajudar na irrigação e desbridamento dos canais infetados (Huffaker et al.,2010).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

Já em 2010, Klyn, Kirkpatrick e Rutledge afirmavam que para auxiliar na remoção de detritos e na desinfecção do sistema de canais, o uso de vários irrigantes e técnicas intracanales tinham sido defendidas. Não existe uma única técnica ou solução capaz de remover detritos dos canais de forma completa mas o uso de técnica ultrasónica como um auxiliar de limpeza e modelagem resultou num aumento da limpeza do canal.

Ferreira, Simões e Carrilho (2014) afirmaram que o método de irrigação utilizado durante a preparação química e mecânica dos canais pode ser feito com recurso a seringa convencional, ou então assistido por dispositivos mecanizados. Contudo a técnica mais utilizada é a irrigação manual por pressão positiva com uma seringa convencional e uma agulha com saída lateral. A irrigação assistida por dispositivos mecânicos incluiu a irrigação sónica, ultrasónica, a PUI (irrigação ultrasónica passiva), entre outros.

Esta ideia tinha sido defendida também em 2012 quando Irala et al. afirmaram que a limpeza pode ser complementada por técnicas para agitar o irrigante aquando da conformação do canal.

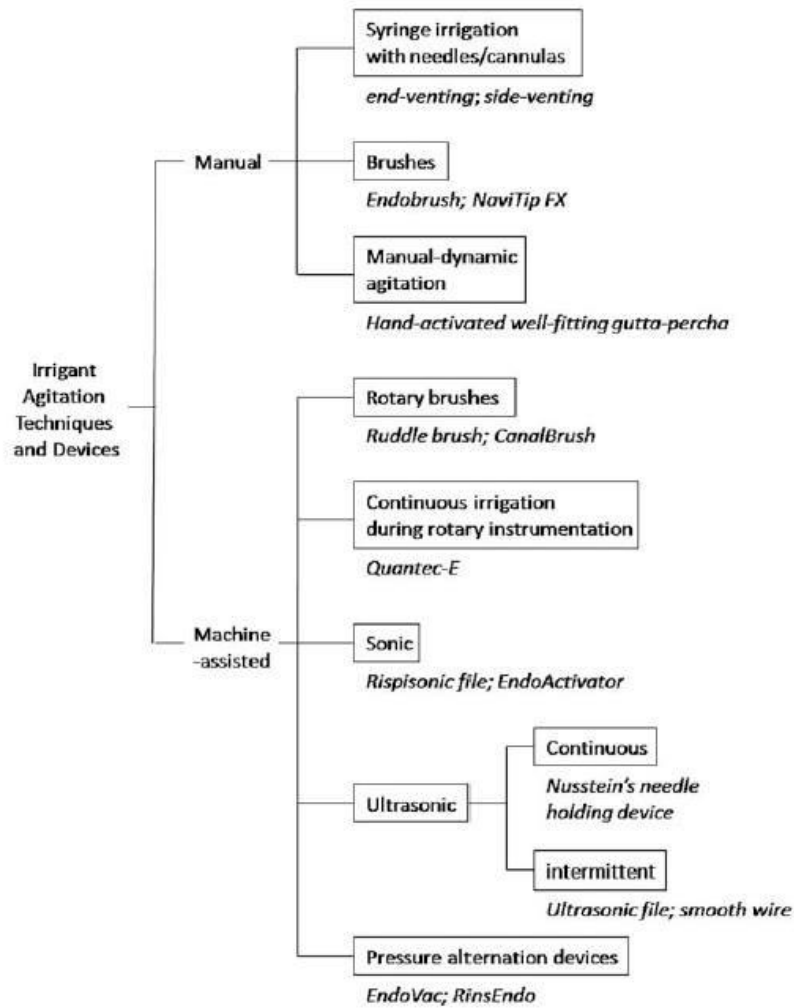


Figura 1 – Técnicas de agitação do irrigante e aparelhos
(Adaptado de Gu et al., 2009)

4.1 – Irrigação manual

A irrigação convencional é a técnica de irrigação usada mais frequentemente, uma vez que na maioria das situações clínicas tem uma eficácia adequada na remoção de detritos. Mas este tipo de técnica de irrigação estática não produz turbulência hidrodinâmica nos irrigantes (Chatterjee et al., 2015).

Segundo Irala et al. (2012), a irrigação com seringa tem um efeito de limpeza fraco e depende não só da anatomia dos canais mas também da profundidade a que agulha é colocada, bem como do diâmetro da mesma.

Segundo Gu et al. (2009), um estudo demonstrou que quando se efectuava irrigação com recurso à seringa convencional, o irrigante chegava apenas 1 mm mais profundo que a ponta da agulha. É preocupante, pois muitas vezes a ponta da agulha encontra-se no terço coronário ou na melhor das hipóteses, no terço médio de um canal atresiado. Desta forma, a profundidade de penetração do irrigante e a sua capacidade de desinfecção dos túbulos dentinários é limitada.

Então a ação de lavagem mecânica efectuada com a seringa convencional é relativamente fraca, pois quando é necessário chegar a canais inacessíveis e irregulares, o seu desbridamento é difícil havendo maior susceptibilidade de acumulação de detritos e de bactérias (Gu et al., 2009).

A irrigação com recurso a agulha tem como vantagem o facto de permitir um fácil controlo da profundidade de penetração da agulha no interior do canal, bem como saber o volume de irrigante que é utilizado (Gu et al., 2009).

As agulhas podem dispensar irrigante através da sua extremidade mais distante ou lateralmente através de aberturas nos lados da agulha (Shen et al., 2010). Estas com saída lateral, foram propostas de forma a melhorar a ativação hidrodinâmica do irrigante por forma a reduzir a possibilidade de extrusão apical (Gu et al., 2009).

A limitação da irrigação com recurso a agulha convencional é a incapacidade do irrigante de alcançar e limpar o comprimento de trabalho do canal. Tem sido provado que os irrigantes podem alcançar o comprimento de trabalho de 1 a 1,5mm da ponta de uma agulha com saída lateral. Para isto é necessário que a ponta da agulha esteja a 1mm do comprimento de trabalho para limpar o canal na totalidade. O efeito “vapor lock” pode ocorrer e impedir os irrigantes de alcançar os últimos milímetros do canal (Bolles et al., 2013).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

Num estudo de Boutsoukis et al. (2010) foi avaliada a eficácia dos seguintes diferentes tipos de agulha de irrigação disponíveis:

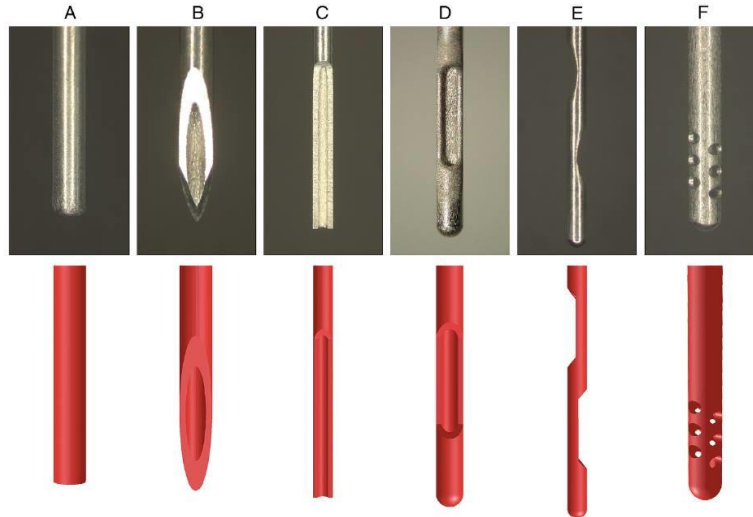


Figura 2 – Diferentes tipos de agulha

A- Agulha de saída frontal; B- Agulha de bísel frontal; C- Agulha Meia-Cana;
D- Agulha fechada com ventilação lateral; E- Agulha fechada com dupla ventilação lateral; F-
Agulha micro-perfurada

(Adaptado de Boutsoukis et al., 2010)

Neste estudo concluiu-se que das agulhas de ponta aberta (A a C), as agulhas A e B apresentaram velocidade semelhante de jato, enquanto que a C apresentou jatos ligeiramente mais lentos. O padrão de fluxo das agulhas de ponta fechada, foi diferente das de ponta aberta (Boutsoukis et al., 2010).

As agulhas D e E apresentaram um padrão de fluxo dirigido ao ápex, fazendo movimentos circulares à volta da ponta (Boutsoukis et al., 2010).

A agulha F formou vários pequenos jatos, alguns mais rápidos outros mais lentos, contudo não existiu nenhuma diferença significativa. De referir que a F foi considerada a mais segura no que diz respeito à possibilidade de extrusão apical, facto importante uma vez que, estes autores defendem que do ponto de vista clínico a prevenção de extrusão deve ser o principal fator a ter em conta ao escolher o tipo de agulha adequado,

considerando-se só depois a eficácia da agulha escolhida em termos de renovação do irrigante e nível de tensão de cisalhamento (Boutsioukis et al., 2010).

A única conclusão exacta deste estudo foi o diferente padrão de fluxo das agulhas de ponta fechada e de ponta aberta, sendo que as primeiras renovam uma maior quantidade de irrigante mas também exercem uma maior pressão apical aumentando assim o risco de extrusão. Os autores recomendam que se tenham em conta os seguintes fatores aquando da escolha do tipo de agulha: o comprimento da agulha, o tamanho do canal radicular e a conicidade do mesmo (Boutsioukis et al., 2010).

Noutro estudo de Shen et al. (2010) que também teve como objetivo analisar o efeito do desenho da agulha de irrigação no padrão de fluxo do irrigante, conclui-se que as agulhas ventiladas lateralmente reduzem a pressão apical 17 a 19%, o que contribui para a redução do risco de extrusão apical. Contudo os resultados deste estudo também indicaram que aumentar a segurança através da redução da pressão apical pode ter um impacto negativo na eficácia de irrigação em algumas áreas do canal.

O estudo concluiu então que apesar de ter ficado provado que o desenho da agulha influencia a eficácia da irrigação, é necessária mais pesquisa para avaliar devidamente os tipos de agulha existentes no mercado (Shen et al., 2010).

Segundo Gu et al. (2009), é ainda muito importante a agulha estar “solta” dentro do canal, enquanto se faz a irrigação, pois permite o refluxo do irrigante, para que ocorra o deslocamento coronal de mais detritos e evitar ao mesmo tempo que aconteça extrusão apical do irrigante. Esta ideia foi reforçada por Shen et al. (2010). É importante ter em atenção que o facto da ponta da agulha estar posicionada mais perto do tecido apical leva a uma maior possibilidade de extrusão apical do irrigante (Gu et al., 2009).

Há fatores que servem para melhorar a eficácia da irrigação com seringa convencional, tais como: maior proximidade da agulha com o vértice; maior volume de irrigação; menor calibre das agulhas. As agulhas de menor calibre são mais eficientes na irrigação e no desbridamento (Gu et al., 2009).

Em 1943, foi reconhecido por Grossman a necessidade de alargar o canal radicular, como outra forma de melhorar a eficácia da irrigação convencional. Canais alargados com tamanho inferior a ISO#40 na ponta, não permitem uma irrigação com seringa manual tão eficaz (Grossman, 1943, cit. in Gu et al., 2009).

A entrega de irrigantes até ao comprimento de trabalho com recurso a agulha convencional, não é frequentemente atingida. Se se usar muito pouca pressão positiva, os irrigantes nem sequer chegam próximo do comprimento de trabalho. Se pelo contrário, for exercida demasiada pressão positiva, o profissional, arrisca a forçar os irrigantes a passar a zona terminus do canal radicular, levando a atingir os tecidos periapicais, dor e inchaço, conhecido como o acidente com hipoclorito de sódio (Mitchell, Yang and Baumgartner, 2010).

A colocação lenta de irrigante em combinação com o movimento contínuo da mão vai minimizar os acidentes com hipoclorito de sódio (Gu et al., 2009).

4.2 – Ativação dinâmica manual (MDA)

Em 1980, Pierre Machtou, propôs uma forma mais simples de técnica de agitação movendo uma ponta de GP bem ajustada dentro de um canal radicular preparado. Esta MDA tem provado ser eficaz na remoção de detritos e da smear layer. No entanto não foi avaliada em termos de eficácia de remoção do biofilme (Machtou, 1980, cit. in Chatterjee et al., 2015).

A irrigação dinâmica manual tem sido defendida como um método de irrigação canalar simples e com um custo-benefício interessante. Existem vários dispositivos automatizados que foram produzidos para efectuar a agitação do irrigante dentro do canal (Gu et al., 2009).

Segundo Gu et al. (2009), se a GP estiver ajustada ao canal, deve-se mover o conector para cima e para baixo, dentro do canal instrumentado de forma a criar o efeito hidrodinâmico e assim melhorar o deslocamento do reagente. Isto resulta numa

aplicação mais eficaz do irrigante nas superfícies intocadas dos canais bem como numa mistura mais eficaz entre o irrigante já utilizado e o novo.

Outra vantagem da MDA é que não gera risco de criação de uma nova smear layer aquando do contacto com as paredes dos canais (Andrabi et al., 2013).

Num estudo de Jiang et al. (2012) concluiu-se que a técnica com recurso a seringa convencional por MDA foi mais eficaz usando cones cónicos de GP do que cones não cónicos.

Num estudo de Andrabi et al. (2013) a frequência de entrada e saída do cone de GP foi de aproximadamente 100 movimentos por minuto, com uma amplitude de aproximadamente 3-5mm.

Este estudo realçou que a frequência e a amplitude de entrada e saída do cone deve ser equilibrada, para que o operador possa realizar a ativação de forma confortável, sem cansaço desnecessário e ativando o irrigante de forma adequada, bem como evitar extrusão do irrigante e distorção da ponta do cone. Desta forma concluiu-se que uma frequência aproximada de 100 movimentos por minuto é a mais adequada (Andrabi et al., 2013).

4.3 – Irrigação ultrasónica passiva (PUI)

Uma vez que os instrumentos usados para a preparação dos canais radiculares apenas alcançam uma parte reduzida dos canais, a instrumentação mecânica não é suficiente para a remoção completa de detritos do complexo sistema de canais radiculares (Jiang et al., 2010).

O uso da PUI para desinfetar as áreas intocadas pela instrumentação tem sido advogado, uma vez que esta ativa o irrigante acusticamente (Jiang et al., 2010).

Os dispositivos ultrasónicos já eram utilizados em periodontia antes de Richman introduzir ultra-som para endodontia em 1957, como um meio para desbridamento do canal. Martin em 1980 projectou uma unidade de ultra-som que se tornou comercialmente disponível para uso endodôntico (Gu et al., 2009).

Comparando a energia sonora, com a energia ultra-sónica, esta última produz altas frequências mas baixas amplitudes (Gu et al., 2009). A irrigação ultrasónica utiliza uma elevada frequência (25-30 kHz) contudo uma baixa amplitude, além da percepção auditiva humana (> 20 kHz) (Irala et al., 2012).

A PUI foi então descrita pela primeira vez em 1980. O termo “passiva” não descreve o processo de forma adequada, uma vez que este é, de facto, ativo. Contudo quando foi introduzido pela primeira vez o termo “passivo” estava relacionado com a ação não cortante da lima ativada de forma ultrasónica (Sluis et al., 2007).

Este método envolve ativação do irrigante sem instrumentação em simultâneo usando uma lima ativada ultrasonicamente. A intensidade elevada do aparelho ultrasónico leva a uma amplitude de oscilação da lima ultrasónica igualmente elevada, fazendo com que a solução irrigante se mova rapidamente à volta da lima e dentro do canal (Curtis e Sedgley, 2014).

Na terapia do canal radicular os irrigantes têm a função de lubrificantes durante a instrumentação do mesmo. Alguns irrigantes também ajudam a eliminar o biofilme da parede do canal usando várias estratégias antimicrobianas que podem ir da morte celular a uma hidrólise completa (Goode et al., 2013).

Quando o irrigante se movimenta através do sistema de canais produz uma tensão de cisalhamento paralela à superfície da parede do canal que é conhecida “wall shear stress” (WSS). Este é responsável pela remoção mecânica de detritos dos canais (Goode et al., 2013).

O WSS é afetado por várias condições tais como a conicidade do canal. Na década passada foram desenvolvidas novas técnicas de irrigação e estratégias tradicionais tais

como a ativação ultrasónica e foram modificadas e/ou combinadas com novas técnicas para aumentar o WSS (Goode et al., 2013).

Na ausência do irrigante antibacteriano, o sistema de irrigação PUI elimina as bactérias através de diferentes mecanismos, tais como ultrasónicos com recurso a altas frequências (30kHz), que resultam numa velocidade considerável de transmissão do irrigante no canal radicular, enquanto que a eficiência da remoção diminui, quando a distância entre a lima e o ápex aumenta (Cachovan et al., 2013).

Como desvantagens da técnica da PUI, o movimento ultrasónico gera e é acompanhado por elevadas temperaturas, que levam à remoção de determinadas bactérias. Contudo estas elevadas temperaturas quando não devidamente controladas, podem levar a danos iatrogénicos, nomeadamente a necrose do ligamento periodontal (Cachovan et al., 2013).

Existem mais duas desvantagens ao recorrermos a este tipo de técnica que são: se nos encontrarmos muito próximo do ápice pode acontecer o fenómeno de extrusão do irrigante e se instrumentarmos as paredes do canal pode acontecer o fenómeno de “stripping” ou perfuração longitudinal lateral (Cachovan et al., 2013).

Na técnica da PUI, há distribuição do irrigante no canal, através da agulha que pode ter diferentes calibres e pode fazer-se de forma passiva ou com agitação, movendo-se a agulha para cima e para baixo dentro do canal radicular (Gu et al., 2009).

O ultra-som cria cavitação e pequenas ondas acústicas e está restrito ao elemento vibrante. A PUI apresentou resultados significativos no que se refere à remoção bacteriana do canal radicular, pois a cavitação produzida, gera enfraquecimento da membrana celular e desta forma as bactérias tornam-se permeáveis ao NaOCl. Quanto maior a concentração do NaOCl, maior será a sua eficácia (Irala et al., 2012).

Esta ideia já tinha sido defendida em 2007 quando se demonstrou que o uso combinado da PUI com NaOCl remove significativamente mais smear layer ou bactérias da smear layer, bem como tecido pulpar e detritos dentinários dos canais, quando comparados

com água. Quando uma concentração maior de NaOCl é utilizada a eficácia da mesma parece aumentar. Os mecanismos físicos que descrevem o efeito da irrigação ultrasónica nos biofilmes dos canais são desconhecidos, contudo a cavitação tem mostrado ser capaz de destruir ou até remover o biofilme (Sluis et al., 2007).

Durante a técnica de PUI podem utilizar-se dois métodos de lavagem, um contínuo com jato de irrigante da peça de mão ultrasónica ou então utilizando uma técnica de descarga intermitente através de uma seringa. Na última técnica, o irrigante é injectado para o canal a partir de uma seringa que é cheia após cada ciclo de ativação ultra-sónico. A quantidade do irrigante pode ser controlada, pois a profundidade de penetração e o volume de irrigante que vai ser administrado são conhecidos (Gu et al., 2009).

No método de lavagem contínuo não é possível controlar tal como no intermitente. Ambos os métodos demonstram serem igualmente eficazes para a remoção de detritos de dentina a partir de um canal radicular de um modelo *ex-vivo* quando o tempo de irrigação definido era de 3 minutos (Gu et al., 2009). No método de fluxo intermitente o irrigante é injectado para dentro do canal usando uma seringa, e é renovado várias vezes após cada ativação ultrasónica (Sluis et al., 2007).

Durante a ativação ultrasónica um instrumento oscilando ultrasonicamente vai ativar o irrigante no canal radicular de tal forma que microorganismos, detritos dentinários e tecido orgânico são removidos da parede do canal e posteriormente absorvidos ou dissolvidos no irrigante. Ambos os métodos de lavagem foram igualmente eficazes na remoção de detritos do canal (Sluis et al., 2007).

À medida que o uso de irrigação e ativação ultrasónica aumentou, houve um maior aumento na utilização de irrigantes combinados para capitalizar os seus benefícios individuais (Beus et al., 2012).

Num estudo de Sluis et al. (2007) foi referido que o uso de uma lima de tamanho ISO#15 ou ISO#20 é recomendado para obtermos um maior nível de eficácia da PUI. Limas maiores do que as de tamanho ISO#20 conseguem apenas oscilar livremente em

canais radiculares amplos. Deste modo usar uma lima maior que ISO#20 pode ser considerado fundamentalmente diferente do princípio básico da PUI.

Um estudo de Jiang et al. (2010) teve como objetivo investigar se a orientação da lima ativada ultrasonicamente durante a PUI tinha influência na eficácia de remoção dos detritos de dentina e analisar o padrão de transmissão à volta desta mesma lima usando técnicas de visualização.

Provou-se que a oscilação da lima na direção da irregularidade teve uma influência significativamente maior na remoção dos detritos da dentina do que a oscilação perpendicular (Jiang et al, 2010).

Provou-se também que as velocidades do fluxo na irregularidade são 3 a 5 vezes maiores quando a oscilação da lima é feita na direção da irregularidade do que quando é feita perpendicularmente. Pode dizer-se então que a direção de oscilação da lima ultrasónica tem uma grande influência na eficácia desta técnica (Jiang et al., 2010).

Segundo Gu et al. (2009), a literatura diz que em endodontia é mais vantajoso utilizar ultra-som após a conclusão da preparação canal. Depois de modular os canais radiculares, a limpeza pode ser completada utilizando a PUI ou uma limpeza final utilizando irrigação com recurso a seringa (Sluis et al., 2007).

A influência do tempo de irrigação na eficácia da PUI não é clara, uma vez que vários estudos obtiveram resultados contraditórios (Sluis et al., 2007).

4.4 – Ativação Sónica (EndoActivator)

Transtad et al. (1985) foram os primeiros que falaram na utilização de um instrumento sónico para a endodontia (Transtad et al. 1985, cit. in Gu et al., 2009).

A irrigação sónica funciona gerando um padrão de oscilação da agulha característico com um node, que se encontra na zona de amplitude mínima de oscilação, localizado

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

perto da inserção da agulha, e um antinódo que se encontra na ponta livre onde a vibração é máxima (Ferreira, Simões e Carrilho, 2014).

Este tipo de irrigação opera numa frequência mais baixa (1-6 kHz) e produz menores tensões de cisalhamento numa amplitude elevada (Irala et al., 2012). Esta irrigação sónica gera maior amplitude na ponta aquando do movimento de vai-vem. Os padrões de oscilação dos dispositivos sónicos são desta forma diferentes quando comparados com os ultra-sónicos (Gu et al., 2009).

O Sistema EndoAtivator é composto por uma peça de mão e três pontas descartáveis de polímero, daí não ser capaz de causar cortes nem desvios na dentina da raiz (Irala et al., 2012).

Quando se utiliza a ponta do EndoAtivator há produção de uma nuvem de detritos. O movimento da ponta de agitação combinado com o movimento manual de inserção e desinserção, num movimento vertical curto, em sinergia, leva à produção de um fenómeno hidrodinâmico. Cerca de 10000 ciclos por minuto (cpm) promovem e optimizam o desbridamento e rompimento da camada de esfregaço e de biofilme (Gu et al., 2009). Esta conclusão foi reforçada num estudo de Chatterjee et al. (2015).



Figura 3 - Sistema EndoAtivator
(Adaptado de <http://www.endoruddle.com/>)



Figura 4 – Três pontas do Sistema EndoAtivator
(Adaptado de <http://www.dentaltix.com/>)

Desta forma EndoAtivator foi recomendado para reforçar a eficácia da irrigação na limpeza do sistema de canais. A sua capacidade de criar ondas sónicas nas soluções de irrigação depositadas no canal poderá ajudar na remoção de bactérias e desbridamento de tecido necrótico (Huffaker et al., 2010).

Adicionalmente a remoção da smear layer das paredes dos canais durante a instrumentação permite o acesso de irrigantes endodônticos e materiais de obturação nos túbulos dentinários. A ativação do NaOCl e do EDTA com uma frequência sónica aumenta a eficácia da remoção da smear layer e da capacidade de limpeza dos irrigantes. Esta ativação de limpa ainda o sistema de canais de modo seguro, incluindo os canais laterais e os deltas apicais devido ao seu poder de agitação dos irrigantes (Bolles et al., 2013).

4.5 – Pressão Apical Negativa (Endovac)

De forma a prevenir a extrusão do irrigante e dando atenção à irrigação apical, foram introduzidos os chamados sistemas de Pressão Apical Negativa, tais como o Sistema EndoVac (Jiang et al., 2012).

O Sistema EndoVac é um aparelho concebido para a aplicação segura de irrigantes no final da zona apical do canal radicular (Miller e Baumgartner, 2010) e para as irregularidades dos mesmos (Siu e Baumgartner, 2010).

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

O aparelho consiste numa ponta para entrega e remoção do irrigante e encontra-se ligado a uma seringa de irrigante e a um aparelho de sucção de grande volume (Miller e Baumgartner, 2010), ou seja, utiliza uma agulha de sucção colocada no comprimento de trabalho (Siu e Baumgartner, 2010). A ponta de aplicação/sucção remove excessos e previne o extravasamento do irrigante (Nielsen e Baumgartner, 2007).

A ponta mestre do EndoVac leva o irrigante à cavidade de acesso enquanto o aplica dentro do espaço do canal, usando micro e macrocânulas para limpar e desinfetar o sistema canal (Brunson et al., 2010). O irrigante corre então de forma descendente em direção à câmara pulpar, dentro do canal, até chegar às zonas apicais (Siu e Baumgartner, 2010).

A macrocânula serve para remover os detritos grosseiros e as microcânulas para permitir a remoção dos detritos da zona apical (Tuncer e Ünal, 2014). As microcânulas, com um diâmetro de 0,32mm podem ser colocadas no comprimento de trabalho desde que o canal se encontre preparado para um tamanho ISO#35 ou mais (Miller e Baumgartner, 2010).

Por outras palavras à medida que a macro ou microcânula do EndoVac são colocadas no canal, o irrigante é sugado da câmara através de pressão negativa e introduzido no canal com a ponta da cânula, sendo de seguida eliminado através do tubo de sucção (Nielsen e Baumgartner, 2007).

Os orifícios da microcânula fornecem um portal de saída para os detritos em sistema de canal fechado. A micro-cânula é ventilada lateralmente, ou seja, apresenta uma ponta fechada com orifícios abertos nas suas partes laterais. Estes orifícios são os responsáveis pela aplicação do irrigante e pela remoção de detritos (Tuncer e Ünal, 2014). Ver figura seguinte.

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

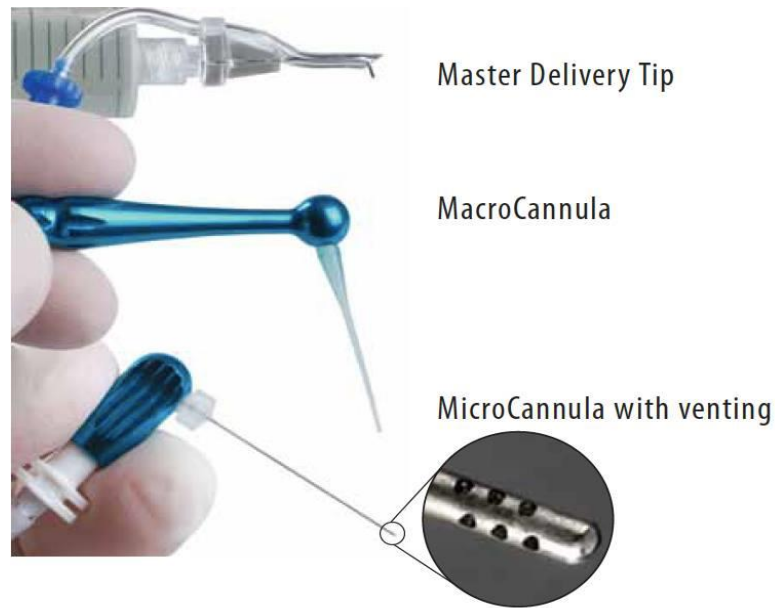


Figura 5 – Sistema EndoVac (Micro e MacroCânula)
(Adaptado de Glassman, 2011)

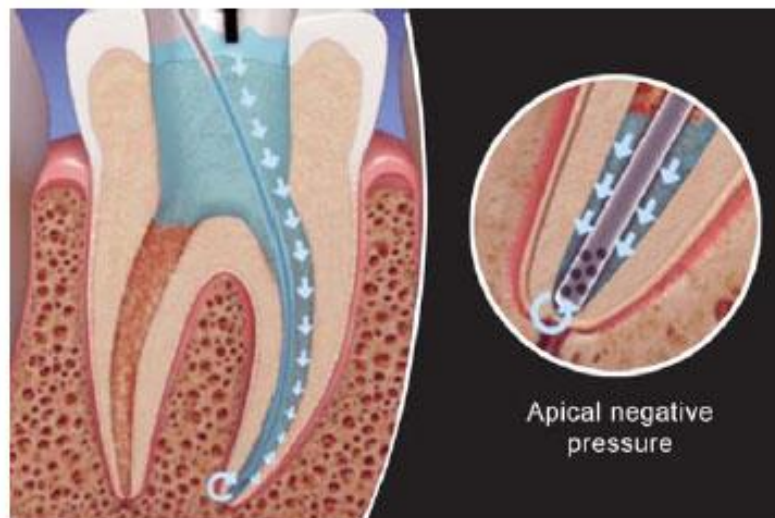


Figura 6 – Pressão apical negativa
(Adaptado de <http://www.jaypeejournals.com/>)

Estudos anteriores mostraram que apesar do irrigante conseguir penetrar nos túbulos dentinários, a concentração do mesmo pode ser insuficiente para eliminar todos os tipos de bactérias presentes, uma vez que estas podem permanecer viáveis nos túbulos que se encontram a grande distância da polpa (Miller e Baumgartner, 2010).

Num estudo de Brunson et al. (2010) a preparação do canal radicular ISO#40 com conicidade de 0.04, parece manter um bom equilíbrio da preservação da estrutura do dente e um volume de irrigação adequado ao terço apical quando se recorria ao Sistema de irrigação EndoVac. Este autor demonstrou que houve um aumento do volume de irrigante quando o tamanho da preparação apical aumentava de #35 para #45, aumento espectável e que pode ser atribuído ao desenho e à colocação da microcânula do Sistema EndoVac. Pode-se dizer que neste estudo os dados demonstraram que um aumento no tamanho da preparação cónica apical resultava num maior e significativo volume de irrigante. Esta ideia foi reforçada num estudo de Howard et al. (2011).

Tuncer e Ünal (2014), acrescentam que apesar de não existir consenso do tamanho mínimo da preparação apical ou da conicidade de canais rectos, a preparação apical de tamanho ISO#40.04 é adequada para receber o volume de irrigante suficiente em sistemas de irrigação de pressão positiva e negativa. A microcânula do sistema de irrigação EndoVac pode ser usada num comprimento de trabalho alargado até um tamanho de ISO#35 ou maior. Neste estudo realizado por Tuncer e Ünal (2014) o tamanho standard da preparação foi de ISO#40.04.

Fukumoto, Desai e Himel (2009), Nielsen e Baumgartner (2007), além de Mitchell, Yang e Baumgartner (2010), concluíram através de estudos, que a irrigação através de pressão negativa, mostra-se como um método eficaz controlado para levar os irrigantes até ao terço apical dos canais. É clinicamente importante conhecer o volume de irrigante que atinge o comprimento de trabalho e o efeito que o tamanho da preparação cónica tem nestes volumes (Brunson et al., 2010).

Salzgerber e Brilliant (1977) e Brown et al. (1995) concordaram igualmente com esta perspectiva e mostraram que a irrigação por pressão positiva pode expulsar os irrigantes para os tecidos periapicais (Salzgerber e Brilliant, 1977 e Brown et al, 1995, cit. in Mitchell, Yang and Baumgartner, 2010).

Foi introduzido recentemente um aparelho simples de irrigação endodôntica de pressão negativa (safety irrigator). Este apresenta um tubo grande, de evacuação coronária que permite a aspiração do irrigante da câmara pulpar em simultâneo com o acto de entrega

de irrigante no canal radicular através de uma ponta de agulha flexível. (Jiang et al., 2012).

Num estudo de Cohenca et al, (2010) concluiu-se que o EndoVac é um sistema promissor uma vez que consegue atingir um nível de desinfecção eficaz sem recurso a antibióticos intracanales, necessários para alcançar os mesmos resultados aquando do uso de irrigação convencional.

Recomenda-se que mais pesquisa seja efectuada sobre o atual volume de irrigante que atinge o ápex, com o Sistema EndoVac, assim como o efeito da microcânula na smear layer do terço apical (Mitchell, Yang and Baumgartner, 2010). É necessária também mais pesquisa para avaliar o efeito do sistema de irrigação EndoVac na penetração da obturação em canais radiculares complexos, estreitos ou curvos (Tuncer e Ünal., 2014).

III – DISCUSSÃO

1- Biossegurança e Extrusão Apical

Num estudo de Desai e Himel (2009), avaliou-se o nível de segurança de vários sistemas de irrigação no que diz respeito à capacidade de extrusão do mesmo. Neste estudo ficou provado que o EndoVac não provoca extrusão do irrigante e 82 a 99% do irrigante circularam de modo eficaz no sistema de canais.

Deste modo o Sistema EndoVac cumpre um objetivo importante para o sucesso da terapia endodôntica - aplicar soluções antimicrobianas e solventes de tecidos de modo seguro e em quantidade de volume adequada à totalidade do comprimento de trabalho (Desai e Himel, 2009). Esta ideia foi reforçada num estudo de Miller e Baumgartner (2010) e de Cohenca et al, (2010).

No mesmo estudo de Desai e Himel (2009), foi ainda comparada a extrusão usando água como irrigante, em dentes previamente instrumentados e expostos a pressão atmosférica, usando o Sistema EndoVac e o de agulha convencional.

A irrigação e instrumentação dos dentes, foi semelhante a um procedimento clínico e os resultados revelaram que a frequência de extrusão além do ápex, aumenta significativamente na irrigação através de agulha convencional, quando comparado com o Sistema EndoVac (Desai e Himel, 2009).

Também se evidenciou uma tendência, que quando se instrumentaliza uma zona de diâmetro apical maior, a probabilidade do irrigante ser expulso para os tecidos perirradiculares aumenta na irrigação através de agulha convencional. Em contraste, o risco permanece constante se a irrigação é levada a cabo pelo Sistema EndoVac, independentemente do tamanho da preparação apical (Desai e Himel, 2009).

Num estudo de Mitchell, Yang e Baumgartner (2010) as recomendações para o uso de irrigante através de agulha convencional, aconselharam a não colocação da agulha no

comprimento de trabalho e a utilização de uma quantidade suave e adequada de irrigante, de forma a evitar que o mesmo passe para o peri-ápex.

A falta de eficácia do sistema de irrigação convencional no terço apical pode ser atribuída a vários fatores, entre eles o efeito “vapor lock”, que impede que o irrigante alcance o comprimento de trabalho de forma eficaz, e a necessidade de colocar a agulha a 2mm do comprimento de trabalho para evitar a extrusão de irrigante (Tuncer e Ünal, 2014).

Foi comprovado que o Sistema EndoVac foi mais eficaz por ter menos risco de extrusão, quando comparado com a irrigação da agulha convencional (Mitchell, Yang e Baumgartner, 2010).

2- Capacidade de desinfecção e remoção de detritos

2.1. Irrigação Convencional vs. MDA

McGill et al. (2008) compararam a eficácia de vários protocolos de irrigação, entre eles a irrigação estática convencional, MDA. Estes autores concluíram que o sistema mais eficaz na remoção de filme biomolecular de colagénio em modelos *ex vivo* foi o sistema de MDA e por último a irrigação convencional. Ou seja, este sistema de irrigação dinâmica resultou numa percentagem significativamente menor de colagénio quando comparado com a irrigação estática.

Outro estudo de Huang et al. (2008) demonstrou que a MDA é mais eficaz que um sistema de irrigação estática na capacidade de desinfecção e remoção de detritos.

2.2. Irrigação Convencional vs. PUI

A irrigação convencional com agulha era um método eficiente de irrigação, antes do aparecimento da PUI (Gu et al., 2009). Esta ideia foi reforçada em 2010 quando Shen et

al. afirmaram que a irrigação convencional com recurso a seringa era o método de irrigação mais recomendado até ao aparecimento da PUI.

Esta técnica da PUI que envolve a aplicação do irrigante usando agulhas de diferentes tamanhos é amplamente aceite por todo o tipo de clínicos (Shen et al., 2010), pode ser um suplemento importante na limpeza do sistema de canais radiculares. Quando comparada com a irrigação convencional, remove mais tecido orgânico, mais bactérias planctónicas e detritos dentinários dos canais (Sluis et al., 2007) bem como smear layer (Saber e Hasbem, 2011).

A PUI provou ser eficaz em canais curvos e o melhor resultado foi obtido com uma lima pré curvada. Quando esta foi avaliada abaixo da curvatura provou-se que tinha uma eficácia maior do que a irrigação convencional (Sluis et al., 2007). No entanto, num estudo de Mayer et al. (2002) não encontrou diferenças significativas entre a PUI e a irrigação com seringa.

Outros estudos que avaliaram a eficácia da PUI na remoção da smear layer foram inconclusivos. De notar que esses estudos seleccionaram diferentes tipos e concentrações de solução irrigante, o que pode ter levado a diferentes resultados (Sluis et al., 2007).

A irrigação ultrasónica dos canais radiculares pode ser realizada com ou sem instrumentação ultrasónica em simultâneo (Sluis et al., 2007). Já em 1992, em estudos realizados por Archer et al. em que se comparou o uso de instrumentação sem outros auxiliares com a instrumentação seguida de irrigação ultrasónica, e se chegou à conclusão que a combinação resultava em canais e istmos significativamente mais limpos a 1, 2 e 3mm do ápex (Archer et al. 1992, cit.in Klyn, Kirkpatrick e Rutledge, 2010).

Os estudos em sistemas endosónicos têm demonstrado que os canais ficam mais limpos quando os dentes são preparados por dispositivos ultrasónicos do que dentes preparados unicamente pela forma convencional (Gu et al., 2009).

A irrigação ultrasónica tem potencial de preparação e corte das paredes dos canais durante o seu uso depois da limpeza e da modelagem (Klyn, Kirkpatrick e Rutledge, 2010). O desvio dos canais, o estreitamento apical e até perfurações radiculares podem ocorrer aquando do uso de uma lima ativada ultrasonicamente dentro de um canal curvo durante a irrigação (Klyn, Kirkpatrick e Rutledge, 2010).

O uso combinado de NaOCl, EDTA e CHX com ativação ultrasónica pode resultar num aumento das propriedades antimicrobianas e dissolução de tecidos (Beus et al., 2012). Hülsmann, Heckendorff e Lennon (2003) concluíram que a irrigação ultrasónica conjugada com o EDTA não aumenta a eficácia das propriedades de limpeza do EDTA. No entanto as ondas ultrasónicas podem reduzir o efeito desmineralizante deste quelante, reduzindo o tempo de trabalho.

Acredita-se que PUI em combinação com NaOCl é mais eficaz na remoção de detritos da dentina do canal radicular particularmente em áreas com anatomia complexa comparada com irrigação com recurso a seringa convencional onde o tamanho da agulha e a profundidade de inserção da mesma podem influenciar a eficácia dos irrigantes (Torres, Rodriguez e Luque, 2010).

2.3. MDA vs. PUI

Num estudo de Andrabi et al. (2013), que comparou a eficácia de remoção da smear layer usando PUI e MDA, concluiu-se que não houve diferença significativa na percentagem de remoção da smear layer entre ambos os sistemas em todos os terços do canal radicular. No entanto estes dois sistemas alcançaram melhores resultados do que a irrigação estática convencional particularmente na região do terço apical.

2.4. Irrigação Convencional vs. EndoAtivator

Num estudo de Torres, Rodriguez e Luque (2010) cujo objetivo foi avaliar a eficácia do Sistema EndoAtivator na remoção da smear layer depois da instrumentação rotativa do canal radicular, com e sem uma lavagem final de uma solução de EDTA a 17% nos três terços radiculares, mostrou-se que a eficácia da eliminação da smear layer pode estar

relacionada com o uso de uma lavagem final com uma solução de EDTA. Sem esta lavagem final a smear layer permaneceu na superfície dos canais radiculares dos três terços, mesmo após a utilização do EndoActivator.

Neste estudo foi usada uma solução de EDTA a 17% durante 1 minuto, que provou ser muito eficaz na remoção da smear layer nos terços coronário (100% de remoção) e médio (80% de remoção), no entanto a percentagem de remoção da smear layer no terço apical foi substancialmente menor (apenas 20%). De notar que o uso do EndoActivator não aumentou nem diminuiu a eficácia de remoção da smear layer (Torres, Rodrigues e Luque, 2010).

Num estudo de Huffaker et al. (2010) não foi demonstrado que o EndoActivator melhorasse a capacidade de eliminação de bactérias do sistema de canais. Neste estudo também foi demonstrado que não existia nenhuma diferença significativa entre o número de culturas negativas na irrigação convencional e o número obtido com recurso ao EndoActivator.

Bolles et al. (2013), após efetuarem um estudo, concluíram igualmente que não havia diferença significativa entre o EndoActivator e o sistema de irrigação convencional na obturação dos canais. Este estudo referiu também que o passo mais importante na remoção da smear layer foi a aplicação de EDTA no canal.

2.5. EndoActivator vs. PUI

Quando se comparou a PUI com a irrigação sónica conclui-se que a primeira produzia canais mais limpos que a segunda. Uma possível explicação para tal facto é a de que a frequência de condução do ultra-som é maior que a sónica podendo resultar numa maior agitação. Contudo, é possível que as duas técnicas produzam um grau de limpeza idêntico, isto se a irrigação sónica for aplicada num maior período de tempo (Irala et al., 2012).

Já em 1987 Stamos et al. compararam o uso de instrumentos ativados sónica e ultrasonicamente e concluíram que os instrumentos ativados ultrasonicamente

removiam significativamente mais detritos do que os ativados sonicamente (Stamos et al. 1987, cit. in Huffaker et al., 2010). Em 1990 Ahmad et al. mostraram igualmente que os instrumentos ativados ultrasonicamente não podiam destruir a bactéria mas sim dispersá-la para outro lado do canal (Ahmad et al, 1990, cit. in Huffaker et al., 2010).

Gregorio et al. (2009) compararam ainda a irrigação sónica e ultrasónica em combinação com NaOCl e EDTA. Estudos anteriores já tinham demonstrado que a irrigação sónica e ultrasónica, mesmo que usadas apenas durante 30 segundos, resultavam em canais significativamente mais limpos do que usando limas manuais.

Estudos recentes de várias técnicas e aparelhos de irrigação sónica e ultrasónica, mostraram uma maior remoção de tecidos, uma irrigação mais vigorosa dos canais laterais e uma remoção adicional de bactérias dos canais (Klyn, Kirkpatrick e Rutledge, 2010).

Outros estudos recentes mostraram também que o uso de várias soluções irrigantes não só melhora a remoção da smear layer mas também altera as propriedades físico-químicas da dentina que influenciam a adesão e a formação de biofilme na dentina (Klyn, Kirkpatrick e Rutledge, 2010).

Apesar da literatura defender a técnica de irrigação sónica como sendo uma técnica eficaz na desinfecção dos canais, vários autores defendem que ela é inferior à ultrasónica, pois não gera vibrações acústicas nem efeito de cavitação, efeitos importantes para uma devida limpeza (Ferreira, Simões e Carrilho, 2014).

2.6. Irrigação Convencional vs. EndoAtivator vs. PUI

Apesar das ativações sónicas e ultrasónicas terem mecanismos de ação diferentes, que resultam em intensidades e frequências variadas, ambas as ativações resultam numa substituição de irrigante mais eficaz no terço apical, eliminando o efeito “vapor lock” e movendo as soluções apical e lateralmente. Conclui-se portanto que a ativação sónica e ultrasónica resultaram ambas numa irrigação mais eficaz dos canais laterais a 4,5mm e a 2mm do comprimento de trabalho quando comparadas com a irrigação convencional

com recurso a agulha. A 6mm do comprimento de trabalho não foram verificadas diferenças significativas. De igual forma, não foram encontradas diferenças significativas entre ativação sónica e ultrasónica (Gregorio et al., 2009).

Concluiu-se também que a irrigação convencional mostrou uma penetração significativamente menor de irrigante nos canais laterais e foi limitada pelo nível de penetração da agulha. De referir ainda que o uso de EDTA em combinação com NaOCl não apresentou qualquer efeito na eficácia da penetração dos irrigantes nos canais laterais (Gregorio et al., 2009).

Num estudo de Klyn, Kirkpatrick e Rutledge (2010), foi comparada a eficácia da remoção de detritos dos canais e istmos de molares mandibulares humanos usando várias técnicas, entre elas o Sistema EndoAtivator, a irrigação ultrasónica e uma irrigação unicamente com recurso a NaOCl a 6%. Não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas usadas para a limpeza dos canais e dos istmos. Com todas as técnicas verificou-se uma diferença estatisticamente significativa na limpeza dos canais a 3 e 5mm do comprimento de trabalho (>99,4%) do que a 1mm (>97,3%).

Irala et al. (2012), afirmaram que vários estudos comparativos da ação da irrigação padrão com seringa, com a PUI e a irrigação sónica durante a limpeza do canal concluíram que a irrigação ativada pelos diferentes sistemas é muito mais eficaz que a irrigação apenas com seringa aquando da remoção de detritos, de tecido pulpar e de dentina.

2.7. EndoAtivator vs. MDA

A agitação sónica passiva utilizando o EndoAtivator é significativamente mais eficaz na remoção do biofilme do que a MDA (Chatterjee et al., 2015).

2.8. Irrigação Convencional vs. EndoVac

Um estudo de Miller e Baumgartner (2010) teve como objetivo a comparação da eficácia antimicrobiana da irrigação com Sistema EndoVac e irrigação com agulha convencional nos 5mm apicais das raízes infetadas por *Enterococcus faecalis*. Neste estudo foi provado não existir diferença significativa entre o grupo de irrigação com o Sistema EndoVac e o grupo de irrigação convencional. Este estudo mostrou ainda que, embora as técnicas actuais reduzam substancialmente a carga bacteriana do interior do canal *in vitro*, não se consegue ainda desinfetar de modo totalmente eficaz o sistema de canais.

Este estudo e anteriores mostraram que a desinfecção da dentina radicular não pode ser alcançada usando apenas uma preparação químico-mecânica. As bactérias alojadas em profundidade nos túbulos dentinários e noutras irregularidades morfológicas estão aparentemente protegidas da instrumentação e da irrigação, tornando difícil a sua remoção ou eliminação. Foi sugerido que os microorganismos podem ser eliminados ou tornados inócuos através da obturação dos canais após a preparação químico-mecânica do canal radicular (Miller e Baumgartner, 2010).

A aplicação de irrigantes na zona apical através de pressão negativa usando o Sistema EndoVac tinha potencial para alcançar um maior controlo microbiano do que a irrigação com a agulha através de pressão positiva, uma vez que o EndoVac aplica uma quantidade de irrigante significativamente maior que o método convencional (Miller e Baumgartner, 2010).

Shin et al. (2010) também mostraram que o Sistema EndoVac deixava menos detritos que o sistema de irrigação convencional (Siu e Baumgartner, 2010).

Em relação à profundidade do comprimento de trabalho, um estudo de Nielsen e Baumgartner (2007), no qual se comparou a eficácia do Sistema EndoVac à irrigação com recurso a agulha convencional na remoção de detritos a 3mm do canal radicular, chegou-se a conclusão de que o EndoVac remove significativamente mais detritos a 1mm do que o sistema convencional. Contudo não houve diferença entre os dois

sistemas ao nível dos 3mm. Esta ideia foi reforçada num estudo de Howard et al. (2011).

Tuncer e Ünal (2014) avaliaram também a percentagem de penetração da obturação e a profundidade máxima da mesma. Neste estudo concluiu-se que a irrigação com recurso ao Sistema EndoVac resultou numa percentagem significativamente maior de penetração da obturação a 1 e 3mm do comprimento de trabalho.

Além disto concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa a 5mm. Em relação à profundidade máxima de obturação mais uma vez se verificou que esta foi maior a 1 e 3mm usando o Sistema EndoVac, sendo que nenhuma diferença foi verificada a 5mm. Estes valores podem dever-se à eficácia do EndoVac na remoção de detritos do terço apical (Tuncer e Ünal, 2014).

Também (Miller e Baumgartner, 2010) afirmaram que estudos recentes mostraram um aumento da limpeza do canal aquando do uso do Sistema EndoVac. A 1mm do comprimento de trabalho, o lúmen do canal principal de dentes irrigados usando o Sistema EndoVac continham substancialmente menos detritos usando uma agulha de calibre 30. No entanto a 3mm do comprimento de trabalho não se verificou nenhuma diferença.

Conclui-se então que ao usar pressão negativa, o Sistema EndoVac não só permite que os irrigantes alcancem o terço apical, mas também ajuda a ultrapassar o problema do efeito “vapor lock” (Glassman, 2011).

Resumidamente o Sistema EndoVac apresenta uma melhor eficácia do desbridamento apical, comparado com a irrigação de pressão positiva (Jiang et al., 2012). De notar que o EndoVac é o único sistema capaz de limpar a área total dos istmos (Glassman, 2011).

2.9. Irrigação Convencional vs. EndoAtivator vs. EndoVac

Num estudo de Goode et al. (2013) foi avaliada a eficácia da remoção de detritos como resultado das tensões de cisalhamento das paredes do canal radicular, criadas por

diferentes técnicas de agitação/aplicação de irrigante em áreas inacessíveis de canais radiculares curvos. Este estudo foi o primeiro a avaliar a eficácia de remoção de detritos usando diversas técnicas num canal curvo

Foram examinadas nove técnicas de aplicação/agitação de irrigante, entre as quais a agitação sónica e o Sistema EndoVac. Este estudo concluiu que o EndoVac foi o único que removeu uma quantidade significativamente maior de detritos de áreas mecanicamente inacessíveis de canais radiculares curvos – com este sistema mais de 99% dos detritos foram removidos. Isto pode ser causado pela formação de bolhas robustas durante a aplicação do irrigante uma vez que o Sistema EndoVac aspira NaOCl mais rapidamente do que o aplica, criando deste modo um sistema de indução natural de ar. Este grupo foi significativamente diferente dos outros oito grupos, todos demonstrando uma remoção incompleta de detritos (Goode et al., 2013).

Castagnola et al. (2014) efetuaram um estudo comparativo entre os seguintes métodos: irrigação convencional com recurso agulha, Sistema EndoVac e Sistema EndoActivator.

O Sistema EndoActivator obteve os melhores resultados em todos os terços do canal radicular na remoção da smear layer e dos detritos orgânicos, seguido do Sistema EndoVac e por último da irrigação convencional. Contudo o Sistema EndoActivator em relação à remoção de detritos orgânicos foi especialmente eficaz no terço médio e apical.

O Sistema EndoVac revelou maior eficácia na remoção da smear layer em todos os terços do que a irrigação convencional. Foi também mais eficaz do que a MDA na remoção quer da smear layer quer de detritos. Este sistema é ainda também mais eficaz na remoção da smear layer nas paredes do canal radicular (Castagnola et al., 2014).

Este estudo mostrou ainda, que o EndoVac remove mais detritos à distância de 1mm do comprimento de trabalho do que a irrigação convencional. No entanto a 3mm do comprimento de trabalho as diferenças significativas. A única área em que o Sistema EndoVac e a irrigação convencional mostraram maior eficácia de limpeza do que o EndoActivator foi no terço coronário. No entanto o EndoActivator continua apresentar os

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

melhores resultados numa limpeza homogénea em todos os terços. É de notar que nenhuma das técnicas analisadas removeu completamente quer a smear layer quer os detritos orgânicos do canal radicular (Castagnola et al., 2014).

Tuncer e Ünal, 2014 concluíram que não havia diferenças estatisticamente significativas na limpeza de istmos e dos canais quando se comparava o EndoVac com outros sistemas.

2.10. Irrigação Convencional vs. PUI vs. EndoVac

Um estudo de Townsend e Maki (2009), concluiu que a irrigação ultrasónica era significativamente mais eficaz na remoção de bactérias intracanales do que a irrigação com agulha ou com o Sistema EndoVac. Esta ideia foi reforçada por Miller e Baumgartner (2010).

A análise destes estudos revela que em relação aos parâmetros que me propôs avaliar:

Sistemas/Irrigantes									
Variáveis em Estudo	NaOCl	CHX	EDTA	Ácido Cítrico	Irrigação Convencional	MDA	EndoActivator	PUI	EndoVac
Remoção de Detritos	+	-	+++	+++	-	+	++	+++	++
Desinfecção	+++	++	ND	ND	-	++	++	+++	+++
Extrusão e Biossegurança	-	+++	++	+++	-	+	++	-	+++
Melhores Resultados	+++	++	+++	+++	-	+	++	++	+++
Custos	+++	+	-	+	+++	++	+	+	-

Tabela II – Tabela Resumo de Resultados

Legenda: +++ (melhor resultado)

++ (bom resultado)

+ (resultado aceitável)

- (mau resultado)

IV – CONCLUSÃO

Após a realização de uma análise cuidada da bibliografia mencionada é possível concluir que a anatomia de um canal radicular é complexa e contém inúmeras ramificações e irregularidades morfológicas que constituem um ambiente propício para a colonização de microorganismos e doenças. Os microorganismos podem afetar não só as ramificações e irregularidades morfológicas do sistema do canal radicular, mas também estar presentes nos túbulos dentinários. Estas complexidades fazem com que uma desinfecção meticulosa do sistema do canal radicular constitua um desafio para a Endodontia.

Há uma crescente preocupação em relação às consequências da existência de bactérias remanescentes no sistema de canais e nos túbulos dentinários. Desta forma, o sucesso endodôntico depende grandemente da eliminação de microorganismos e da remoção da smear layer durante a limpeza e a modelagem dos canais.

Está reconhecido pela literatura científica atual que a combinação de instrumentação mecânica e a irrigação reduz mas não elimina a totalidade das bactérias no canal e nos túbulos. Até à data nenhum irrigante consegue eliminar bactérias e limpar os canais radiculares completamente. A escolha de irrigante varia de clínico para clínico, sendo que a solução de NaOCl continua a ser a solução de eleição na prática endodôntica. Importante referir que não existem soluções de irrigação ideais e uma combinação de soluções com uma sequência específica é necessária para atingirmos o sucesso endodôntico.

A irrigação tem vindo a ganhar mais atenção e têm-se desenvolvido técnicas e sistemas capazes de combater as dificuldades até então encontradas, e capazes de auxiliar e aumentar as potencialidades da irrigação. Entre eles encontra-se a irrigação sónica e ultrasónica. As técnicas sónicas e ultrasónicas removem de forma mais eficaz os detritos pois produzem uma irrigação mais vigorosa. Está provado que a irrigação convencional juntamente com a irrigação sónica ou ultrasónica é muito mais eficaz do que quando utilizada unicamente a irrigação convencional. Contudo a técnica de irrigação convencional continua a ser muito utilizada.

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

O objetivo principal do tratamento endodôntico continua a ser a eliminação de microorganismos, contudo é necessária mais investigação da eficácia da desinfecção do canal radicular ou seja remoção de agregados microbianos e de biofilme.

Atualmente existe uma grande percentagem de sucesso do tratamento endodôntico. Contudo é preciso ter em conta que a falha do tratamento está principalmente relacionada com a possibilidade de uma reinfecção bacteriana causada por erros nos procedimentos de preparo dos canais, de obturação e de restauração.

Uma vez que nenhum dos elementos da terapia endodôntica (sistema imunitário, terapia antibiótica sistémica, instrumentação e irrigação, medicação intracanal, obturação e restauração coronária) consegue garantir uma desinfecção completa, é de extrema importância ter como objetivo principal atingir o mais alto nível de qualidade em cada fase do tratamento.

Com a execução deste trabalho, a literatura científica, revelou-se escassa relativamente a um fator, o custo monetário relativo a cada sistema e/ou técnica estudada.

Não sendo um dado crucial na avaliação científica e validade das opções analisadas, o custo financeiro, não deixa de se apresentar como um item a ter em conta na realidade socioeconómica em que nos encontramos geográfica e temporalmente.

Dada a importância das implicações clínicas que encontramos neste estudo, e o cariz limitador monetário em algumas regiões geográficas, parece-nos um fator importante a estudar em maior detalhe.

Dado que as técnicas e sistemas estudados variam na sua génese, desde uma técnica utilizada com materiais disponíveis na prática diária, até verdadeiros sistemas independentes, complexos e com necessidade de aquisição de material, sentimos que deveriam ser realizados estudos onde esta variável fosse tida em conta e analisada.

Reconhecendo após a conclusão deste trabalho da importância da melhoria e potenciação da desinfecção e o seu impacto nos tratamentos, não deixamos de ponderar

Sistemas Auxiliares de Desinfecção em Endodontia

se não seria possível utilizar a simplicidade e baixo custo de algumas técnicas, na sua disseminação e na divulgação do seu uso e implementação na prática clínica rotineira.

Como referiram Glassman e Serota em 2010, à medida que o protocolo de limpeza bioquímica do sistema de canais radiculares vai evoluindo, a ciência da endodontia está cada vez mais perto de uma altura em que o sucesso clínico 100% previsível será uma realidade e não mais um objetivo.

V – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, S., et al. (2015). *Endodontic Irrigants: A Comprehensive Review*. J. Pharm. Sci. & Res, 7(1), pp. 5-9.

Andrabi, S., et al. (2013). *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, 4, pp. 1-6.

Beus, C., et al. (2012). *Comparison of the Effect of Two Endodontic Irrigation Protocols on the Elimination of Bacteria from Root Canal System: A Prospective, Randomized Clinical Trial*. J Endod, 38(11), pp. 1479-83.

Bolles, J., et al. (2013). *Comparison of Vibringe, EndoActivator, and Needle Irrigation on Sealer Penetration in Extracted Human Teeth*. J Endod, 39(5), pp. 708-11.

Borin, G., Becker, A., Oliveira, E. (2007). *A História do Hipoclorito de Sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares*. Revista de Endodontia Pesquisa e Ensino On Line, 3(5), pp. 1-5.

Brunson, M., et al. (2010). *Effect of Apical Preparation Size and Preparation Taper on Irrigant Volume Delivered by Using Negative Pressure Irrigation System*. J Endod, 36(4), pp. 721-24.

Boutsioukis, C., et al. (2010). *Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model*. J Endod, pp. 1-6.

Cachovan, G., et al. (2013). *Comparative Antibacterial Efficacies of Hydrodynamic and Ultrasonic Irrigation Systems In Vitro*. J Endod, 39(9), pp. 1171-75.

Castagnola, R., et al. (2014). *Efficacy of three different irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: a scanning electron microscope study*. Giornale Italiano di Endodonzia, 28, pp. 79-86.

Chatterjee, R., et al. (2015). *Effect of sonic agitation, manual dynamic agitation on removal of Enterococcus faecalis biofilme*. Saudi Endod J, 5 (2), pp. 125-28.

Cohenca, N., et al. (2010). *Apical negative pressure irrigation versus conventional irrigation plus triantibiotic intracanal dressing on root canal disinfection in dog teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 109, pp. e42-e46.

Curtis, O., Sedgley, M. (2012). *Comparison of a Continuous Ultrasonic Irrigation Device and Conventional Needle Irrigation in the Removal of Root Canal Debris*. J Endod, 38(9), pp. 1261-64.

Desai, P., Himel, V. (2009). *Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems*. J Endod, 35(4), pp. 545-49.

Ferreira, M., Simões, R., Carrilho, E. (2014). *Remoção de hidróxido de cálcio dos canais radiculares: irrigação convencional vs sónica*. Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac, 55(2), pp.97-101.

Fleming, C., et al. (2010). *Comparasion of Classic Endodontic Techniques versus Contemporary Techniques on Endodontic Treatment Success*. J Endod, 36(3), pp.414-18.

Glassman, G. (2011). *Safety and Efficacy Considerations in Endodontic Irrigation*. www.ineedce.com, pp. 2-15.

Glassman, G., Serota, K. (2001). *A Predictable Protocol for the Biochemical Cleansing of the Root Canal System*. Oral Health Mag, 91, pp. 19-22.

Goode, N., et al. (2013). *Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and system*. J Dentistry, 41, pp. 636- 41.

Gregorio, C., et al. (2009). *Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study*. J Endod, 35(6), pp. 891-95.

Gu, L., et al. (2009). *Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices*. J Endod, 35(6), pp. 791-804.

Haapasalo, M., et al. (2005). *Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions*. Endod Topics, 10, pp. 77-102.

Haapasalo, M., et al. (2014). *Irrigation in endodontics*. Br Dent J, 216, pp. 299-303.

Hargreaves, M., Berman, H., Rotstein, I. (2016). *Cohen's Pathways of the Pulp*. Eleventh Edition. Elsevier, Part I, pp. 254.

Howard, R., et al. (2011). *Comparison of Debris Removal with Three Different Irrigation Techniques*. J Endod, 37(9), pp. 1301-5.

Hülsmann, M., Heckendorff, M., Lennon, A. (2003). *Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use*. J Endod, 36, pp. 810-30.

Huffaker, S., et al. (2010). *Influence of a Passive Sonic Irrigation System on the Elimination of Bacteria from Root Canal Systems: A Clinical Study*. J Endod, 36(8), pp. 1315-19.

Irala, L., et al. (2012). *Agitação sónica: um aparato alternativo para o uso endodôntico*. RFO, Passo Fundo, 17(2), pp.171-74.

Jiang, L., et al. (2010). *An Evaluation of the Effect of Pulsed Ultrasound on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation*. J Endod, 36(11), pp.1887-91.

Jiang, L., et al. (2010). *Influence of the Oscillation Direction of an Ultrasonic File on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation*. J Endod, 36(8), pp. 1372-76.

Jiang, L., et al. (2012). *Comparison of the Cleaning Efficacy of Different Final Irrigation Technique*. J Endod, 38(6), pp. 838-41.

Klyn, S., Kirkpatrick, T., Rutledge, R. (2010). *In Vitro Comparisons of Debris Removal of the EndoActivator System, the F File, Ultrasonic Irrigation, and NaOCl Irrigation Alone after Hand-rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars*. J Endod 36(8), pp. 1367-71.

Luckmann, G., Dorneles, L., Grando, C. (2013). *Etiologia dos Insucessos dos Tratamentos Endodonticos*. Vivências, 9(16), pp. 133-39.

McGill, S., et al. (2008). *The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model*. Int Endod J, pp. 1-7.

Miller, T., Baumgartner, J. (2010) *Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Irrigation using the EndoVac to Endodontic Needle Delivery*. J Endod, 36(3), pp. 509-11.

Mitchell, R., Yang, S., Baumgartner, J. (2010). *Comparison of Apical Extrusion of NaOCl Using the EndoVac or Needle Irrigation of Root Canals*. J Endod, 36(2), pp. 338-41.

Nielsen, B., Baumgartner, C. (2007). *Comparison of the EndoVac System to needle Irrigation of root canals*. J Endod, 33, pp. 611-15.

Saber, S., Hashem, A. (2011). *Efficacy of Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal*. J Endod, 37(9), pp. 1272-75.

Shen, Y., et al. (2010). *Three-dimensional Numeric Simulation of Root Canal Irrigant Flow with Different Irrigation Needles*. J Endod, 36(5), pp. 884-89.

Shin, S., et al. (2010). *Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 109, pp. 479-84.

Siu, C., Baumgartner, J. (2010). *Comparison of the Debridement Efficacy of the EndoVac Irrigation System and Conventional Needle Root Canal Irrigation in vivo*. J Endod, 36(11), pp. 1782-85.

Sluis, L., et al. (2007). *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature*. Int Endod J, 40, pp. 415-26.

Suzuki, S., et al. (2014). *The Study of Chitosan-Citrate Solution as a Root Canal Irrigant: A Preliminary Report*. J Oral Hyg Health, 2(4), pp. 1-4.

Torres, D., Rodríguez, M., Luque, C. (2010). *Effectiveness of EndoActivator System in Removing the Smear Layer after Root Canal Instrumentation*. J Endod, 36(2), pp. 308-11.

Townsend, C., Maki, J. (2009). *An In Vitro Comparison of New Irrigation and Agitation Techniques to Ultrasonic Agitation in Removing Bacteria From a Simulated Root Canal*. J Endod, 35(7), pp. 1040-43.

Tuncer, A., Ünal, B. (2014). *Comparison of Sealer Penetration Using the EndoVac Irrigation System and Conventional Needle Root Canal Irrigation*. J Endod, 40(5), pp. 613-17.