

Bárbara Pinto Graça

O HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ENDODONTIA

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PORTO, 2014

Bárbara Pinto Graça

O HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ENDODONTIA

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PORTO, 2014

Bárbara Pinto Graça

O HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ENDODONTIA

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

RESUMO

Nos últimos anos, a Endodontia tem sido das áreas da Medicina Dentária que mais tem evoluído, de forma a apresentar melhores resultados nos tratamentos a que se propõe.

Sabemos atualmente que um dos principais objetivos da Endodontia é devolver ao sistema de canais radiculares (SCR) as condições ideais de assépsia, eliminando os microorganismos patogénicos e restabelecendo a função do dente. Deste modo, o insucesso do tratamento endodôntico atribui-se, hoje em dia, à permanência dos microorganismos no SCR, não só devido à possibilidade de ocorrer uma desinfecção deficitária, mas também devido à possível re-infecção, durante o tratamento, ou devido a um selamento coronal insuficiente.

A eliminação de microorganismos do SCR infetados é uma tarefa complicada, que envolve o uso de várias técnicas de instrumentação, esquemas de irrigação e medicamentos intracanalares. Deste modo, os irrigantes endodônticos têm um papel importante na otimização do preparo do canal radicular, apesar dos desafios morfológicos da anatomia radicular.

De todas as substâncias utilizadas atualmente, o hipoclorito de sódio (NaOCl) parece ser o ideal, pois cobre mais requisitos para irrigante endodôntico do que qualquer outro composto conhecido.

Há diversos fatores que podem influenciar o modo de atuação do NaOCl, tais como: a concentração, a temperatura, o pH, o tempo/volume de irrigação, a agitação do irrigante, os métodos de introdução do irrigante, a conicidade apical e a profundidade de colocação da agulha.

Pareceu-nos pertinente a realização desta pesquisa bibliográfica para esclarecer a forma como o NaOCl atua, as suas características, vantagens e desvantagens e os efeitos da sua associação com outras soluções irrigantes.

Para tal foi realizada uma pesquisa bibliográfica nos principais motores de busca: PubMed, B-On e Science Direct, utilizando as palavras-chave “sodium hypochlorite”,

“irrigant solutions” e “irrigant extrusion”, que foram associadas de várias formas. Foram incluídos artigos em português, espanhol e inglês, publicados entre 1990 e 2013. A pesquisa foi efetuada entre Setembro de 2013 e Maio de 2014.

Como principais conclusões, podemos afirmar que o NaOCl apresenta grandes vantagens se for usado corretamente e, a sua associação com outros compostos, pode potenciar os seus efeitos benéficos.

ABSTRACT

Throughout time, Endodontics has been one of Dentistry's areas that have evolved the most, so it can present better results in the treatments proposed.

We know currently that one of the main objectives in Endodontics are to give back to the root canal system (RCS) the ideal conditions of asepsis, eliminating the pathogenic microorganisms and reestablishing tooth function. Therefore the failure of an endodontic treatment is due to the permanency of microorganisms in the RCS not only due to the possibility of a deficit in disinfection, but also to the chance that there might be a reinfection during treatment, or to an insufficient coronal seal.

The elimination of microorganisms in the infected RCS is a complicated task that involves the use of many instrumentation techniques, irrigation schemes and intracanal medicaments. Hence the important role of endodontic irrigants in the optimization of the root canal preparation despite the morphological challenges of the root canal anatomy.

Of all the currently used substances, sodium hypochlorite (NaOCl) seems to be ideal, considering it covers more requirements than any other known compound.

There are several factors that can influence the mode of action of NaOCl, such as: concentration, temperature, pH, time/volume of the irrigation, methods by which the irrigant is introduced, apical taper and needle insertion depth.

It seemed pertinent the realization of this bibliographic research, to enlighten the way NaOCl acts, its characteristics, the advantages, disadvantages and the effect of its association with other irrigant solutions.

To this end a bibliographic research was performed on the main search engines: PubMed, B-On and Science Direct, using the key-words "sodium hypochlorite", "irrigant solutions" and "irrigant extrusion" which were associated in many forms. Were included articles in portuguese, spanish and english, published between 1990 and 2013. The research was done between September 2013 and May 2014.

As our main conclusions, we can state that NaOCl presents great advantages, if used correctly, and its association with other compounds can enhance their beneficial effects.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por todo o amor e carinho, por toda a dedicação, educação, compreensão e paciência para que esta etapa se concretizasse.

AGRADECIMENTOS

Ao Zé, pela compreensão, calma, amor, apoio incondicional e por partilhar comigo sonhos e planos que serão realizados num futuro próximo.

A toda a minha família, pelo suporte e incentivo ao longo de toda a minha vida.

À minha orientadora, Prof. Dr.^a Ana Moura Teles, pela ajuda no desenvolvimento deste projeto, por estar sempre presente, pelos incentivos, pelo ensino, pela disponibilidade e pela amizade demonstrada ao longo de todo o curso.

À Cate e à Mariana, por toda a amizade demonstrada ao longo de muitos anos.

À Joana e à Cris, por me aturarem nestes cinco maravilhosos anos, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos, por me apoiarem em todas as situações e decisões que tomei ao longo desta caminhada... E por serem as melhores binómias de sempre.

A todos os colegas de curso, em especial ao Pedro, à Maria e à Sara.

A todos os Professores que me acompanharam ao longo deste percurso e contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Em especial ao Prof. Dr. Duarte Guimarães e à Mestre Dr.^a. Natália Vasconcelos, pela simpatia, disponibilidade e por todos os conhecimentos que me transmitiram.

ÍNDICE

I – INTRODUÇÃO	1
II – MATERIAIS E MÉTODOS	4
III - DESENVOLVIMENTO	5
1 – Breve história da irrigação endodôntica	5
2 – Objetivos da irrigação endodôntica	6
3 – Propriedades ideais de uma solução irrigante	7
4 – Soluções irrigantes	8
5 – O Hipoclorito de Sódio	10
5.1 – Vantagens do NaOCl	12
5.2 – Desvantagens do NaOCl	13
5.3 – Complicações associadas ao NaOCl	14
5.4 – Ação do NaOCl na dentina radicular	18
5.5 – Fatores que influenciam a eficácia do NaOCl	20
5.5.1. – Concentração	20
5.5.2 – Temperatura	21
5.5.3 – pH	23
5.5.4 – Tempo/Volume de irrigação	24
5.5.5 – Agitação do irrigante	25
5.5.6 – Métodos de introdução do irrigante	28
5.5.7 – Conicidade apical e profundidade de colocação da agulha	30
5.5.8 – Degradação do NaOCl e Armazenamento	32
6 – Associação entre NaOCl e outras soluções	34
6.1 - NaOCl e EDTA	34
6.2 - NaOCl e Clorhexidina	36
6.3 - NaOCl e Ácido cítrico	38
IV – CONCLUSÕES	40
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Percentagem

°C – Graus Celsius

CHX – Clorhexidina

EDTA - Ácido etilenodiamino tetra-acético

EDTAC – Ácido etilenodiamino tetra-acético com Cetavlon

EGTA - Ácido etileno glicol-bis-tetra-acético

Er:YAG – Érbio-Ítrio-Alumínio-Granada

Er-Cr-YSGG – Érbio-Cromio-Ítrio-Escândio-Gálio-Granada

Gly-Oxide[®] - Agentes oxidantes (peróxido de hidrogénio a 3% e peróxido de ureia)

H₂O₂ – Peróxido de hidrogénio

HOCl - Ácido hipocloroso

ISO - International Organization for Standardization

Laser – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação da luz por emissão estimulada de radiação)

ml– Mililitros

mm - Milímetros

NaOCl – Hipoclorito de sódio

OCl⁻ - Ião hipoclorito

OMD – Ordem dos Médicos Dentistas

RC-Prep[®] - EDTA com peróxido de ureia

SCR – Sistema de Canais Radiculares

TENC – Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

XX – Vinte

WHO – World Health Organization

I – INTRODUÇÃO

A Endodontia é a área da Medicina Dentária que está relacionada com o estudo da forma, função e integridade do complexo dentina-polpa e região peri-radicular. Também ajuda na prevenção e tratamento da periodontite apical, causada pela infecção do SCR (Loest, 2006).

A procura constante de novos instrumentos ou tecnologias que melhorem as condições de instrumentação, desinfecção e obturação, a fim de maximizar a qualidade e viabilidade dos tratamentos, é um dos desafios constantes da investigação na área de Endodontia (Gutknecht, 2008).

O tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) é composto por várias etapas individuais, mas de certa forma interligadas, que têm como objetivo final, através da limpeza, da desinfecção e da obturação corretas do SCR, promover o retorno à normalidade e/ou a preservação da saúde dos tecidos periapicais, assim como devolver a função do dente na arcada (Kustarci, 2008).

A limpeza e desinfecção completas do SCR são requisitos fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico. Apesar dos desafios morfológicos da anatomia radicular interna, os irrigantes endodônticos têm um papel importante na otimização do preparo do canal radicular, que é essencialmente um processo químico-mecânico (Luddin, 2013).

Assim sendo, a irrigação é complementar à instrumentação, facilitando a ação dos instrumentos pela lubrificação canalar, bem como auxilia na remoção de bactérias, detritos e tecido necrosado, particularmente em áreas não instrumentadas do SCR (Haapasalo, 2005). Os irrigantes devem, idealmente, ter ações antimicrobianas, bem como outras propriedades, tais como, a desmineralização e a capacidade para remover a “smear layer” (Rossi-Fedele *et al.*, 2012).

A “smear layer” é uma fina camada de detritos (1-2 micras), criada em tecidos duros, durante os procedimentos de instrumentação manual ou rotatória dos canais radiculares,

e está fortemente anexada à parede destes, penetrando profundamente na morfologia dos túbulos dentinários e acessórios. Quer a “smear layer”, quer os detritos de dentina vão inativar os antimicrobianos e irrigantes endodônticos e dificultar o seu acesso ao biofilme (Haapasalo, 2007).

Este depósito, que também é constituído por bactérias, pode oferecer proteção aos biofilmes aderentes às paredes do canal radicular. Além disso, a “smear layer” impede a desejável adaptação íntima dos cimentos endodônticos à dentina e, deste modo, promove a infiltração microbológica (Zehnder, 2006).

A forma do canal é conseguida através de instrumentos manuais e rotatórios, sob irrigação constante, para remover o tecido inflamado e necrosado, microorganismos e outros detritos do espaço pulpar (Haapasalo, 2010).

A penetração do irrigante e a sua ação de limpeza dependem, não só da anatomia do SCR, mas também do sistema de distribuição do irrigante, da profundidade de colocação da agulha, do volume e propriedades do próprio irrigante, entre outros (Gulabivala, 2005).

Segundo Peters (2001) e Hubscher (2003), 35-53% da superfície dos canais radiculares permanecem não instrumentadas.

Estudos recentes revelaram que grandes áreas das paredes dos canais radiculares permanecem “intocadas” pelos instrumentos, o que demonstra a importância da irrigação na remoção de detritos, de bactérias, de produtos tóxicos e dos substratos necessários ao crescimento bacteriano (Zou *et al.*, 2010).

A morfologia acessória do SCR, como por exemplo, os canais laterais, é inacessível através da instrumentação (Peters, 2001) e, conseqüentemente, a infecção persistente nessas regiões pode levar ao fracasso endodôntico (Ricucci, 2013).

Mesmo os sistemas de instrumentação mais avançados não conseguem obter uma correta preparação dos canais radiculares (Metzger *et al.*, 2010) e podem contribuir

negativamente para o resultado do tratamento endodôntico, por falhas de instrumentação e enfraquecimento da estrutura da raiz (Shemesh, 2010).

Não há nenhuma solução irrigante que apresente todas as funções desejáveis (Rossi-Fedele *et al.*, 2012). Por conseguinte, irrigação ideal é baseada no uso combinado de duas ou várias soluções, numa sequência específica, para obter os objetivos de uma irrigação segura e eficaz (Haapasalo, 2010).

De todas as substâncias utilizadas atualmente, o NaOCl parece ser o mais adequado, pois cobre mais requisitos do que qualquer outro composto conhecido. O NaOCl tem a capacidade única de dissolver tecidos necróticos e os componentes orgânicos da “smear layer”, destruindo microorganismos organizados em biofilmes e localizados nos túbulos dentinários (Zehnder, 2006).

A extrusão dos irrigantes para os tecidos periapicais tem sido descrita numa série de casos (Balto, 2002; Gernhardt, 2004; Hulsmann, 2009; Behrents, 2012). Sequelas como dor, sensação de ardor, inflamação e possível atraso na cura podem desenvolver-se, dependendo do tipo de irrigante utilizado (Psimma, 2013).

Esta revisão bibliográfica foi realizada com o intuito de analisar informação sobre alguns irrigantes mais usados na prática clínica durante o tratamento endodôntico, nomeadamente o NaOCl e a sua associação com o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), a clorhexidina (CHX) e o ácido cítrico.

II – MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma revisão bibliográfica sobre o NaOCl em Endodontia, no qual serão abordados tópicos como: propriedades, vantagens, desvantagens, fatores que influenciam a sua ação e a sua associação com outras soluções.

Para tal foi realizada uma pesquisa bibliográfica nos principais motores de busca: Pubmed, B-On e Science Direct, utilizando as palavras-chave “sodium hypochlorite”, “irrigant solutions” e “irrigant extrusion” que foram associadas de várias formas. Foram incluídos artigos em português, espanhol e inglês, publicados entre 1990 e 2013. A pesquisa foi efetuada entre Setembro de 2013 e Maio de 2014.

Os critérios de exclusão foram artigos pagos, artigos que não abordassem diretamente o tema em estudo e artigos noutros idiomas.

A pesquisa foi também realizada na biblioteca da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa e na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, em livros específicos da área de Endodontia.

III - DESENVOLVIMENTO

1 – Breve história da irrigação endodôntica

A solução de NaOCl foi introduzida na Medicina em 1847, por Semmelweis, para a desinfecção das mãos (Arguello, 2001).

Schreier, em 1893 (*cit. in* Arguello, 2001), removeu tecidos necróticos através da introdução de potássio ou sódio metálico no SCR, produzindo um efeito de “fogo-de-artifício”, segundo o autor.

Posteriormente, em 1915, no final da Primeira Guerra Mundial, Dakin, começou a usar o NaOCl a 0,5% para o tratamento de feridas, conhecida como “Solução de Dakin” (Arguello, 2001).

Antes de 1940, a água destilada era o irrigante endodôntico comumente usado, assim como os ácidos (ácido clorídrico e ácido sulfúrico a 30% e 50%), sem se saber os perigos que estes agentes apresentavam para os tecidos peri-radulares (Lasala, 1992).

Assim, ao longo do tempo, apareceram inúmeras soluções contendo cloro. Entre 1930 e 1940 utilizaram-se enzimas proteolíticas, pela sua capacidade de dissolver os tecidos. Estas enzimas não obtiveram uma ampla aceitação e apresentaram-se com fraca capacidade para dissolver tecidos necróticos dentro dos canais radiculares (Lasala, 1992).

Grossman, em 1941 (*cit. in* Arguello, 2001), preconiza a irrigação do SCR com peróxido de hidrogénio (H₂O₂) combinado com NaOCl, aplicando-se, alternadamente, conseguindo desta maneira maior limpeza dos canais, obtida pela efervescência do primeiro composto.

2 – Objetivos da irrigação endodôntica

Hoje em dia, não pode haver dúvida de que os microorganismos, permanecendo no espaço do canal radicular após o tratamento, ou re-colonizando o sistema de canais já tratados, são a principal causa do insucesso endodôntico. O objetivo do tratamento endodôntico primário deve ser, portanto, otimizar a desinfecção canalar e prevenir a re-infecção, ao evitar de forma eficiente a entrada de novos microorganismos ou de nutrientes (Sjögren, 1997).

A irrigação endodôntica pode ser definida como o processo de fornecer um líquido ao SCR, antes, durante e após a instrumentação do mesmo. O objetivo deste procedimento é a remoção mecânica do tecido pulpar, detritos de dentina e “smear layer”, de microorganismos (biofilme) e seus produtos, bem como a sua dissolução química e remoção mecânica para fora do sistema de canais. Para isso, a irrigação do canal radicular deve induzir um fluxo de irrigante em toda a sua extensão, a fim de entrar em estreito contacto com o substrato, removendo-o e proporcionando, igualmente, lubrificação para os instrumentos (Macedo, 2013).

Os microorganismos, essencialmente bactérias, podem ser encontrados nos SCR necrosados, mais especificamente na raiz principal, canais acessórios e túbulos dentinários. A tentativa mais completa possível de erradicação destas bactérias passa por uma instrumentação eficaz, por uma irrigação e, eventualmente, pode ser complementada pelo uso de medicação intracanal (Zou *et al.*, 2010).

Antes da preparação químico-mecânica, nenhuma lima deve ser introduzida no canal até que o irrigante apropriado seja colocado na câmara pulpar. Durante a preparação química, os irrigantes eliminam restos biológicos (bacterianos e pulpares) e facilitam a ação dos instrumentos. Após a preparação, as soluções irrigantes eliminam a “smear layer” (ácido cítrico a 10% ou EDTA a 17 %, 1 minuto), neutralizam o quelante de cálcio (NaOCl a 5,25%) e diminuem a tensão superficial (álcool a 96°) (Macedo, 2013).

3 – Propriedades ideais de uma solução irrigante

As soluções irrigantes têm como principais objetivos:

1. Facilitar a ação dos instrumentos endodônticos, lubrificando o canal;
2. Modificar o pH do meio;
3. Controlar possíveis infecções através da ação antisséptica;
4. Remover matéria orgânica, como sejam restos pulpares; e matéria inorgânica, tal como detritos e restos de dentina;
5. Apresentar compatibilidade biológica com tecidos periapicais.

De um modo geral, uma solução irrigante deve apresentar elevado poder de limpeza, capacidade antimicrobiana e biocompatibilidade (Estrela, 2004).

Segundo Zehnder (2006), os irrigantes canulares devem, idealmente: ter um amplo espectro antimicrobiano e elevada eficácia contra microorganismos anaeróbios e facultativos organizados em biofilmes, dissolver restos necróticos de tecido pulpar, inativar endotoxinas, evitar a formação da “smear layer” durante a instrumentação ou dissolvê-la caso esta se forme. Além disso, uma vez que os irrigantes entram em contacto com tecidos vitais, não devem ser tóxicos, nem destrutivos para os tecidos periodontais e devem ter um potencial mínimo para causar uma reação anafilática.

Para além destas características, devem ser de aplicação simples, fácil armazenamento, ter um tempo de vida adequado, custo moderado e ação rápida (Arguello, 2001).

4 – Soluções irrigantes

Estão disponíveis várias soluções de irrigação, mas nenhuma satisfaz na totalidade todos os requisitos necessários à desinfecção intracanal (Zehnder, 2006). Além disso, deve reconhecer-se que a eficácia dos agentes, no que respeita à sua capacidade de desinfecção, é limitada pela interação com a dentina, detritos de dentina e compostos orgânicos presentes nos canais de polpas necróticas (Bergenholtz *et al.*, 2010).

Há muitas razões possíveis para a persistência de bactérias nos canais, após a instrumentação e irrigação (Siqueira *et al.*, 2007):

- As bactérias podem ser intrinsecamente resistentes ao irrigante;
- As bactérias podem estar presentes em áreas de difícil acesso para os instrumentos e irrigantes;
- Tempo de contacto curto entre o irrigante e as bactérias;
- As bactérias podem ter sido incorporadas em fragmentos de tecido ou dispostas em biofilmes, protegidas contra os efeitos letais dos irrigantes;
- Através da inativação ou diminuição da atividade do irrigante, induzida por constituintes de dentina e exsudato inflamatório

Segundo Gulabivala (2005), os detritos de dentina podem: albergar os microorganismos, evitar ou retardar a difusão das soluções irrigantes nos túbulos dentinários e reduzir a capacidade de vedação dos materiais de obturação.

Haapasalo *et al.* (2000) realizaram um estudo sobre a inativação de soluções irrigantes pela dentina. Utilizaram uma solução de hidróxido de cálcio saturada em água, uma solução de NaOCl a 1%, uma solução de acetato de clorhexidina a 0,5% e a 0,05% e uma solução de iodeto de potássio a 0,2. Concluíram que a dentina inibiu a maior parte das soluções testadas.

O efeito do hidróxido de cálcio em *Enterococcus faecalis* foi totalmente extinto pela presença de dentina. Da mesma forma, o iodeto de potássio a 0.2% perdeu o seu efeito após a pré-incubação com dentina. O efeito da clorhexidina a 0,05% e do NaOCl a 1% em *Enterococcus faecalis* foi reduzido, mas não foi totalmente eliminado pela presença

de dentina, ou seja, a dentina atenua o efeito antimicrobiano de NaOCl a 1% contra *E. faecalis* (Haapasalo *et al.*, 2000).

Segundo Arguello (2001), são várias as soluções existentes para a irrigação do SCR, tais como: soluções quimicamente inativas e soluções quimicamente ativas.

As soluções quimicamente inativas são:

- ❖ Água;
- ❖ Solução salina;
- ❖ Soluções anestésicas.

As soluções quimicamente ativas são:

- ❖ Soluções ácidas (ácido fosfórico a 50%, ácido sulfúrico a 40%, ácido cítrico de 6 a 50%, ácido láctico a 50% e ácido clorídrico a 30%);
- ❖ Soluções alcalinas (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de cálcio em água (água de cal), ureia, NaOCl de 0,5% a 5,25%);
- ❖ Agentes quelantes (EDTA de 10 a 15%, EDTA com peróxido de ureia (RC-Prep[®]), EDTA com Cetavlon (EDTAC));
- ❖ Agentes oxidantes (H₂O₂ a 3% e peróxido de ureia - Gly Oxide[®]);
- ❖ Agentes antimicrobianos (clorhexidina de 0,2 a 2%);
- ❖ Detergentes (sulfato sódico).

Existindo um elevado número de soluções irrigantes com potencial para serem usadas no processo de irrigação do SCR, vamos abordar o NaOCl, irrigante de eleição, bem como possíveis associações com outras soluções químicas.

5 – O Hipoclorito de Sódio

O NaOCl foi reconhecido pela primeira vez como agente antibacteriano em 1847, quando a lavagem das mãos com solução de NaOCl diminuiu as taxas de transmissão de infecções entre pacientes. Foi registado pela primeira vez como irrigante endodôntico em 1920 e agora está em uso rotineiro em todo o mundo (Mader, 1984, *cit. in* Arguello, 2001).

O NaOCl foi indicado pela primeira vez como uma solução antisséptica por Dakin, em 1919, para limpeza e desinfeção de feridas dos soldados da Primeira Guerra Mundial. Posteriormente, o seu uso difundiu-se a outras áreas, nomeadamente na irrigação de canais radiculares. Desde então, tem sido o irrigante mais utilizado na desinfeção dos canais radiculares, devido à sua forte atividade antimicrobiana (baseada no seu elevado pH de 11.8) e à sua capacidade de dissolver tecido orgânico vital e necrótico (Noites, 2009).

Quando em contacto com materiais orgânicos, o NaOCl pode participar em diversas reações químicas, entre as quais: reação de saponificação, de neutralização de aminoácidos e de cloraminação (Estrela *et al.*, 2002).

Na reação de saponificação, o NaOCl atua como um solvente da matéria orgânica e de gordura, degradando ácidos gordos e transformando-os em sais de ácidos gordos (sabão) e glicerol (álcool), que reduzem a tensão superficial da solução remanescente (Estrela *et al.*, 2002).

Por outro lado, o NaOCl neutraliza os aminoácidos, formando água e sal. Com a saída dos iões hidroxilo há uma diminuição do pH. O ácido hipoclorídrico (HOCl), substância presente na solução de NaOCl, quando em contacto com os tecidos orgânicos, atua como solvente, libertando cloro que, combinado com proteínas do grupo amina, forma cloroaminas. O ácido hipoclorídrico e os iões hipoclorito levam à degradação e à hidrólise de aminoácidos (Estrela *et al.*, 2002).

O ião HOCl pode ser decomposto pela ação da luz, do ar e do calor, libertando cloro livre e a sua concentração depende do pH do meio. Em meios ácidos ou neutros predomina a forma ácida, não dissociada, que é mais instável e ativa. Em meios alcalinos, prevalece a forma iônica dissociada, que, ao invés, é mais estável e menos ativa. É a razão pela qual o tempo de armazenamento das soluções de NaOCl com pH mais elevado e, portanto, mais estáveis, é maior do que soluções próximas do pH neutro (solução de Dakin), que têm uma vida útil mais reduzida (Estrela *et al.*, 2002).

Uma das características mais apreciadas no NaOCl é a sua capacidade antibacteriana. Esta ocorre porque durante a reação de cloroaminação entre o cloro e o grupo amina dos aminoácidos, há formação de cloroaminas, que interferem no metabolismo celular. O cloro, considerado um oxidante forte, apresenta ação antimicrobiana através da inibição enzimática, a partir de uma oxidação irreversível dos grupos sulfidrilo, presentes em enzimas bacterianas essenciais (Estrela *et al.*, 2002).

O efeito antimicrobiano do NaOCl depende da disponibilidade de cloro livre presente na solução. Como o cloro livre é um componente importante, que é consumido durante a degradação tecidual, é essencial que o NaOCl seja renovado com frequência, especialmente quando se usam baixas concentrações. Assim, a quantidade de cloro livre é importante para a degradação das proteínas dentro dos grupos amina (Cohen, 2007).

A eficácia dos instrumentos de corte manuais é melhorada e a carga de torção de instrumentos rotatórios de níquel-titânio é reduzida, em ambientes cheios de líquido, comparativamente a ambientes secos (Kuphasuk *et al.*, 2001). Assim, entre os instrumentos, os canais devem ser irrigados com 3 a 5 ml de solução de NaOCl (Gulabivala, 2005; Zehnder, 2006). Contudo, pode ocorrer a corrosão dos instrumentos em contacto prolongado com o NaOCl (Kuphasuk *et al.*, 2001).

As concentrações clínicas de NaOCl variam entre 0,5% e 6%. A diluição do NaOCl diminui significativamente as suas propriedades antimicrobianas, a capacidade de dissolução de tecidos e de remoção de detritos, assim como diminui a sua toxicidade (Arguello, 2001).

Siqueira *et al.* (2000) compararam os efeitos antimicrobianos produzidos pela irrigação com NaOCl a 1%, a 2,5% e a 5,25%, tendo concluído que as trocas regulares de NaOCl e o uso de grandes quantidades de irrigante devem manter a efetividade antibacteriana do NaOCl, compensando os efeitos da menor concentração.

5.1 – Vantagens do NaOCl

As soluções de NaOCl são comumente usadas em Endodontia, por causa de propriedades importantes, tais como: (Soares, 2003).

- ❖ Boa capacidade orgânica de dissolução de tecidos;
- ❖ pH alcalino;
- ❖ Efeito antimicrobiano e bactericida de largo espectro;
- ❖ Ausência de toxicidade clínica, quando usadas corretamente;
- ❖ Neutralização de produtos tóxicos;
- ❖ Ação rápida;
- ❖ Baixo custo;
- ❖ Fácil armazenamento.

O NaOCl tem a capacidade de dissolver restos de tecidos orgânicos e, apesar de não ter a capacidade de remover a “smear layer”, afeta a sua porção orgânica, permitindo que posteriormente os agentes quelantes a removam (Haapasalo, 2010).

Tem baixa viscosidade, permitindo fácil adaptação à arquitetura canal, vida útil aceitável, está facilmente disponível e tem baixo custo (Arguello, 2001).

Uma vez distribuído dentro do canal radicular, o NaOCl reage com a polpa, biofilme ou dentina, causando a depleção do cloro livre disponível e resultando na degradação de proteínas, no aumento da temperatura e em alterações do pH (Jungbluth, 2011).

5.2 – Desvantagens do NaOCl

O NaOCl pertence ao grupo dos compostos halogenados. É um agente citotóxico que, quando em contacto com os tecidos vivos, causa hemólise e ulceração, inibe a migração dos neutrófilos e provoca lesões a nível das células endoteliais e fibroblastos (Bowden, 2006).

Segundo Zehnder (2006), nas soluções de NaOCl não se observa substantividade, sendo esta a capacidade de prolongar a atividade antimicrobiana, por manutenção da ligação a uma superfície.

O NaOCl tem sido criticado pelo seu sabor desagradável, pela sua toxicidade relativa e pela sua incapacidade de remoção da “smear layer” (Haapasalo, 2005).

Existem, ainda, algumas preocupações no que diz respeito aos efeitos nocivos do NaOCl, como por exemplo, o mau odor e sabor, o potencial corrosivo e as reações alérgicas (Tirali, 2012).

Outro grande problema é a elevada tensão superficial, o que limita a sua penetração nas irregularidades do canal e na profundidade dos túbulos dentinários (Mohammadi *et al.*, 2011).

Os efeitos tóxicos do NaOCl e o seu potencial de destruição de tecidos moles têm sido descritos em vários casos (Balto, 2002).

Quando o NaOCl entra em contacto direto com os tecidos moles saudáveis, o grau de destruição é determinado pela duração deste contacto e pela concentração de NaOCl, ou seja, quanto maior o tempo de contacto e a concentração, maior será o grau de destruição (Balto, 2002).

5.3 – Complicações associadas ao NaOCl

Segundo Noites (2009), as principais complicações associadas ao NaOCl são:

- ❖ Manchas e/ou descoloração da roupa;
- ❖ Danos oftálmicos;
- ❖ Reações alérgicas;
- ❖ Injeção de NaOCl;
- ❖ Extrusão de NaOCl para além do ápex, que inclui necrose tecidual, queimaduras químicas e complicações neurológicas;
- ❖ Obstrução das vias aéreas superiores.

A descoloração da roupa é provavelmente o acidente que ocorre com mais frequência, durante a utilização do NaOCl na irrigação dos canais radiculares. Para evitar este incidente, o paciente deve usar uma proteção larga e o médico dentista deve manusear com cuidado as seringas com o NaOCl (Spencer, 2007).

Os danos oftálmicos ocorrem quando a solução de NaOCl entra em contacto com os olhos, ocasionando uma dor aguda imediata, ardor, intenso lacrimejo e eritema, podendo também ocorrer uma perda das células epiteliais da córnea (Ingram, 1990). Nestes casos, recomenda-se uma irrigação abundante com água ou solução salina e, nos casos mais graves, encaminhar o paciente para o oftalmologista. Para evitar este acidente, para além do manuseamento adequado e cuidadoso da solução de NaOCl, o médico dentista e o paciente devem usar óculos de proteção (Noites, 2009).

As reações alérgicas ao NaOCl são raras, mas é importante que o clínico saiba reconhecer os sintomas da anafilaxia. As reações alérgicas variam desde uma sensação de ardor até uma dor intensa (podendo mesmo chegar a uma parestesia do lado da face do dente em tratamento), assim como inflamação do lábio com equimoses, hematoma ou hemorragia através do canal radicular. Podemos também encontrar sintomas como urticária, falta de ar, broncoespasmo e hipotensão. Nestes casos é urgente o encaminhamento do doente para o hospital. Outras soluções irrigantes devem ser utilizadas nestas situações (Califlkan, 1994).

Uma injeção de NaOCl pode ocorrer quando se coloca nos anestubos vazios a solução de NaOCl. Nos casos de injeção no tecido gengival e/ou nos tecidos moles da cavidade oral, dependendo da concentração do produto utilizado, este poderá provocar necrose tecidual, devido à sua rápida capacidade de dissolução e ação cáustica sobre os tecidos. Em questão de segundos podem observar-se sinais de equimose e hematoma, acompanhados de uma sensação de ardor (Noites, 2009). Segundo Gursoy (2006) e Pontes *et al.* (2008), a aplicação local de um produto à base de corticosteróide e prescrição de analgésicos e anti-inflamatórios por via sistêmica são recomendações apropriadas nestes casos. Para evitar esta complicação, não se recomenda a utilização de anestubos vazios para a colocação da solução de irrigação.

Como já foi anteriormente mencionado, o NaOCl possui um pH de aproximadamente 12. Por esta razão, quando ocorre extrusão para os tecidos periapicais vivos provoca danos por oxidação proteica. Canais radiculares com foramen apical amplo, ou reabsorções radiculares podem permitir a saída de um grande volume de solução de NaOCl para a região periapical, principalmente quando se pressiona demasiado o êmbolo da seringa no momento da irrigação (Noites, 2009).

A literatura comprova a ocorrência de acidentes graves provocados pela injeção da solução de NaOCl no tecido periapical, tendo como consequências: dor intensa, edema imediato dos tecidos adjacentes, hemorragia no canal radicular e descontinuidade da pele e da mucosa (equimose), necrose tecidual, infecção secundária com formação de abscesso e parestesias persistentes (Soares *et al.*, 2007).

Quando a solução de NaOCl extravasa para os tecidos peri-radulares, o efeito pode variar desde uma queimadura até uma necrose tecidual localizada ou extensa. Desenvolve-se então uma reação inflamatória dos tecidos evoluindo rapidamente para uma tumefação da zona circundante. O súbito aparecimento de dor e o sangramento proveniente do SCR são indicações de existência de lesão tecidual e podem ocorrer imediatamente (situação mais frequente), ou após minutos ou mesmo horas (Spencer, 2007). Uma necrose ulcerativa da mucosa adjacente ao dente pode ocorrer como resultado direto da queimadura química, podendo manifestar-se após alguns minutos ou aparecer algumas horas ou mesmo dias depois do acidente. Estes pacientes podem ter de ser encaminhados para o hospital, pois, para além da necessidade de administração de

anti-inflamatórios e antibióticos, pode também haver necessidade de administração de esteróides intravenosos. A drenagem cirúrgica também poderá ser necessária, dependendo da extensão do edema e da necrose tecidual (Pontes *et al.*, 2008).

As principais complicações decorrentes da extrusão do NaOCl para além do ápex são: necrose tecidual, queimaduras químicas e complicações neurológicas (Noites, 2009).

Em relação às complicações neurológicas, encontram-se descritos na literatura casos de parestesia e anestesia afetando o nervo mentoniano, o nervo dentário inferior e o ramo infra-orbitário do nervo trigémio, provocados pela extrusão do NaOCl através do ápex dentário (Serper, 2004).

A lesão do nervo facial foi inicialmente descrita por Witton *et al.* (2005), tendo os autores reportado que o comprometimento do ramo vestibular do nervo facial promoveu a queda do ângulo naso-labial e do ângulo da boca.

O uso de NaOCl, sem o adequado isolamento absoluto do dente, pode levar à ingestão bem como à inalação desta solução por parte do paciente. Isto pode resultar numa irritação da garganta e, nos casos mais graves, obstrução das vias aéreas superiores. O paciente deve bochechar abundantemente com água e, nos casos mais severos, deve ser encaminhado imediatamente para o hospital, pois pode existir a necessidade de desobstrução da via aérea (Bowden, 2006).

Uma pesquisa efetuada por Kleier (2008), indicou que 42% dos endodontistas nos Estados Unidos tinham experimentado pelo menos um acidente com NaOCl durante a sua carreira.

Segundo a Ordem dos Médicos Dentistas (OMD), na realização de tratamentos endodônticos, o recurso à utilização do dique de borracha revela-se de especial importância na prevenção de acidentes relacionados com a deglutição ou com a aspiração de dispositivos médicos, em particular de limas endodônticas, o que, em último caso, poderá colocar em risco a vida do doente.

De acordo com o disposto no nº1 do artigo 8ª do Código Deontológico da OMD, compete ao médico dentista prestar ao doente os melhores cuidados de saúde ao seu alcance. Neste sentido, a não utilização do dique de borracha em tratamentos de Endodontia, constitui prática de tratamentos dentários manifestamente desadequados (nº 2, artigo 8ª).

Nestes termos, tomando em consideração o supra exposto, o Conselho Deontológico e de Disciplina delibera o seguinte:

Na realização de tratamento endodônticos, a utilização do dique de borracha é absolutamente indispensável.

Apenas em situações excepcionais e devidamente fundamentadas do ponto de vista clínico, em que não se pode fazer uso do dique de borracha, o médico dentista deve assegurar soluções de segurança alternativas tendentes a evitar a ocorrência de situações de deglutição ou aspiração de dispositivos médicos ou de outro tipo de objetos.

5.4 – Ação do NaOCl na dentina radicular

A dentina é o tecido mineralizado que forma a maior parte do dente. A coroa encontra-se coberta por esmalte ao passo que a raiz é delimitada por cimento. É um tecido rígido, porém, com capacidade elástica, consistindo numa grande quantidade de túbulos paralelos, de pequena dimensão, dispostos numa matriz de colagénio mineralizada (Berkovitz, 2004).

As propriedades desta estrutura podem ser divididas em físicas e químicas. Relativamente às suas propriedades físicas, podemos afirmar que tem uma coloração amarelo-clara, a sua matriz orgânica e arquitetura tubular conferem-lhe resistência à flexão, capacidade de tensão e compressão maiores relativamente ao esmalte. A dentina é permeável e esta permeabilidade depende do tamanho e da frequência dos túbulos, sendo que decresce com a idade (Berkovitz, 2004).

O peso da dentina é dividido da seguinte forma: 70% de matéria inorgânica, 20% de matéria orgânica e 10% de água; o seu volume é composto por 50% de material inorgânico, 30% de material orgânico e 20% de água. O componente mineral inorgânico apresenta-se sob a forma de cristais de hidroxiapatite de cálcio. A matriz orgânica da dentina consiste em fibrilas embebidas numa substância fundamental amorfa. Essas fibrilas são de colagénio e constituem mais de 90% da matriz orgânica, sendo que são, na sua maioria, colagénio tipo I (Berkovitz, 2004).

A dentina radicular tem a mesma estrutura da dentina coronal. As linhas incrementais encontram-se dispostas no sentido longitudinal em relação ao eixo do dente, demonstrando a deposição rítmica da dentina. Os seus canalículos são menores, com ramificações e trajeto sinuoso. Isto deve-se ao facto de os odontoblastos desta região, que são praticamente cubóides, apresentarem menor atividade metabólica, elaborando dentina muito lentamente. Toda a dentina radicular é envolvida, externamente, por cimento (Berkovitz, 2004).

A “smear layer”, produzida também durante a instrumentação, é formada por detritos de dentina, restos pulpares e microorganismos. Não existe, atualmente, nenhum irrigante

que seja capaz de atuar, simultaneamente, na matéria orgânica e na inorgânica da “smear layer” (Zhang, 2010).

Diferenças significativas na dureza da dentina, após o tratamento com NaOCl, indicam um potente efeito direto deste agente químico nas partes mineral e orgânica da estrutura da dentina. Além disso, a concentração volumétrica da dentina tratada com o NaOCl, bem como as alterações na cristalinidade da apatite são fatores considerados fulcrais na dureza intrínseca das estruturas da dentina (Pascon *et al.*, 2009).

Uma outra implicação do uso de NaOCl é a alteração da rigidez do dente, após TENC, facto que conduz ao aumento da tendência à fratura. As causas mais apontadas são a perda de tecido dentário devido a cáries ou na preparação da cavidade de acesso, a alteração das propriedades mecânicas da dentina devido à ação dos irrigantes, de medicamentos, dos materiais obturadores e a duração do próprio tratamento endodôntico (Pascon *et al.*, 2009).

5.5 – Fatores que influenciam a eficácia do NaOCl

Vários fatores têm mostrado influenciar a eficácia da irrigação dos canais radiculares, nomeadamente: o tamanho da preparação apical (Hsieh *et al.*, 2007), a conicidade, a distância da agulha de irrigação ao ápice do canal (Sedgley, 2005; Hsieh *et al.*, 2007), o volume de irrigação (Sedgley, 2005) e a dimensão das agulhas de irrigação (Hsieh *et al.*, 2007).

5.5.1. – Concentração

A escolha da concentração de NaOCl a ser utilizada é geralmente considerada como uma combinação entre a eficiência da limpeza e os danos no tecido, no caso de extrusão inadvertida do irrigante (Spencer, 2007).

A eficiência da limpeza do NaOCl (capacidade antimicrobiana e efeito de dissolução de tecidos) aumenta com a sua concentração. No entanto, concentrações mais altas podem ajudar a dissolver mais a estrutura do dente (Sim, 2001), ou serem mais prejudiciais quando são inadvertidamente extruídas para os tecidos periapicais (Boutsioukis, 2013).

A quantidade de cloro livre disponível por unidade de volume de solução define a concentração das soluções de NaOCl (%). Clinicamente, a utilização de concentrações entre 0,5% e 6% é sugerida; no entanto, a concentração ótima clínica é ainda um tema de controvérsia (Zehnder, 2006).

Uma solução de 5,25% reduz significativamente o módulo de elasticidade e a resistência à flexão da dentina, ao contrário de uma solução de 0,5%. Isto é provável que aconteça, devido à ação proteolítica do NaOCl concentrado na matriz de colagénio da dentina. A redução dos microorganismos intracanales, por outro lado, não é maior quando se recorre a NaOCl a 5%, em comparação com a mesma solução a 0,5% (Sim, 2001).

Tem havido muita controvérsia em relação à concentração de soluções de NaOCl a serem usadas em Endodontia (Sim, 2001).

A capacidade de dissolução de tecidos e a eficácia antimicrobiana, bem como a toxicidade do NaOCl são dependentes da concentração da solução. Quanto mais elevada for a concentração da solução, maior a sua citotoxicidade (Chang *et al.*, 2001).

Baumgartner (1992) avaliou várias concentrações de NaOCl, como irrigante canal, e mostrou que concentrações de 5,25%, 2,5% e 1,0% removem completamente restos pulpares e de dentina das paredes dos canais não instrumentados. Alguns estudos mostraram que o uso de uma concentração maior de NaOCl diminui o tempo necessário para a dissolução de tecidos, no entanto, a toxicidade aumenta.

A eficácia antibacteriana e a capacidade de dissolução de tecidos do NaOCl estão relacionadas com a sua concentração. Aparentemente, a maioria dos médicos dentistas americanos usa soluções de NaOCl a 5,25% (Sim, 2001).

Muitos autores recomendam o uso de uma concentração de 5,25% de NaOCl, enquanto outros preferem uma concentração mais baixa de 3% ou 0,5%. Contudo, a concentração desta solução de irrigação continua a ser uma matéria de discussão controversa, sem existir uma concentração definida que seja universalmente aceite (Leonardo, 2005).

5.5.2 – Temperatura

Segundo Cohen (2007), o aumento da temperatura potencia o efeito antimicrobiano e o poder de dissolução do material orgânico, por parte do NaOCl.

Uma abordagem alternativa, para melhorar a eficácia da irrigação com NaOCl no SCR, pode ser aumentar a temperatura de soluções de baixa concentração. Isto melhora a sua capacidade imediata de dissolução de tecidos. Além disso, as soluções de NaOCl aquecidas removem detritos orgânicos de dentina de forma mais eficaz do que soluções não aquecidas (Kamburis *et al.*, 2003).

A temperatura é uma das estratégias clínicas que tem provado ser eficaz para compensar a redução da concentração (Macedo, 2013). Sirtes (2005) mostraram que uma solução

de NaOCl a 1%, aquecida a 45 °C, tem a mesma capacidade de dissolução de tecido que uma solução de NaOCl a 5,25%, aquecida a 20 °C. A 60 °C, a capacidade de dissolução de tecido é ainda maior. Porém, não existe nenhuma evidência da capacidade de manutenção da temperatura elevada no interior do canal, durante todo o processo de limpeza (Macedo, 2013).

Num estudo verificou-se que a capacidade de dissolução da polpa de uma solução de NaOCl a 1%, aquecida a 45 °C, é igual à capacidade de uma solução de NaOCl a 5,25%, aquecida a 20 °C. No entanto, não existem estudos clínicos disponíveis neste momento para apoiar o uso de NaOCl aquecido (Zehnder, 2006).

A irrigação do canal radicular com soluções pré-aquecidas entre 45 °C e 60 °C tem como resultado a existência de temperaturas mais elevadas que 21 °C dentro do canal radicular, com taxas de fluxo de 0,2 ml/segundo, bem como na superfície externa da raiz. Num estudo, a temperatura máxima observada foi de 39,2 °C no terço médio da raiz. Contudo, este efeito apenas esteve presente durante a dispersão do irrigante, independentemente da duração da irrigação. Apesar disto, este método pode ser usado para aumentar a atividade química do irrigante, durante a irrigação. Para este efeito, podem ser usadas seringas durante dois minutos e meio (Macedo, 2013).

Vários estudos investigaram a vantagem da temperatura sobre as propriedades antimicrobianas e de dissolução de tecidos do NaOCl (Gambarini, 1998; Woodmandey, 2005; Macedo, 2013).

No entanto, sabe-se que a estabilidade química do NaOCl é adversamente afetada pela exposição a altas temperaturas. A finalidade deste estudo foi investigar o efeito do aquecimento de NaOCl a 50 °C sobre a estabilidade da solução. Os resultados mostraram que todas as amostras apresentaram uma degradação mínima, gradual em função do tempo. No entanto, não houve diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Após 30 dias, quer as soluções aquecidas quer as soluções não aquecidas mantiveram um elevado teor de cloro disponível e os valores de pH estavam de acordo com a excelente capacidade de dissolução de tecidos e propriedades antibacterianas (Gambarini, 1998).

Por outro lado, em locais do dente com pouca espessura da parede, por exemplo, perto do ápice, a temperatura na parte externa do dente foi prevista para atingir valores até 52 °C, sugerindo que podem ocorrer danos nos tecidos (Macedo, 2013).

Não existem estudos clínicos disponíveis neste momento para apoiar a utilização de NaOCl aquecido (Zehnder, 2006).

O cuidado deve ser exercido no sentido de evitar o sobreaquecimento do ligamento periodontal do dente. Temperaturas superiores a 47 °C na superfície externa da raiz, mais de um minuto, são consideradas de risco para a saúde do dente, uma vez que provocam o seu sobreaquecimento (Woodmandey, 2005).

Um aumento de temperatura de qualquer solução irrigante dentro de um canal radicular é considerado desejável, em princípio, (Woodmansey, 2005), porque aumenta a reatividade química e, portanto, o potencial de desinfecção (Sirtes, 2005). Por outro lado, qualquer temperatura na superfície externa da raiz superior 47 °C é prejudicial ao ligamento periodontal e ao osso e pode ter sequelas catastróficas (Gluskin *et al.*, 2005).

5.5.3 – pH

O pH da solução de NaOCl determina o equilíbrio do cloro livre disponível, o ião hipoclorito (OCl^-) e o ácido hipocloroso (HOCl). O efeito biológico do NaOCl, que pode ser definido como a sua capacidade de dissolução de tecidos e o seu efeito antimicrobiano, irá ser influenciado por este equilíbrio.

Em soluções alcalinas ($\text{pH} > 7$), o ião hipoclorito prevalece, o qual tem um efeito oxidante poderoso e, por conseguinte, maior capacidade de dissolução do tecido do que o ácido hipocloroso.

Por outro lado, o ácido hipocloroso prevalece em soluções ácidas ($3 < \text{pH} < 7$), tendo um poderoso efeito bactericida, provavelmente porque é uma molécula pequena não carregada e porque pode, de maneira relativamente fácil, penetrar na membrana bacteriana. Após a penetração, pode resultar na degradação da proteína (Winter, 2008).

Um estudo realizado por Zehnder *et al.* (2002) concluiu que, em níveis idênticos de cloro disponível, o ácido hipocloroso é mais bactericida do que o NaOCl. Ou seja, uma forma de aumentar a eficácia das soluções de NaOCl pode ser, assim, diminuindo o seu pH.

O potencial cáustico das soluções de NaOCl parece ser influenciado principalmente pelo cloro disponível, e não tanto pelo pH ou pela osmolaridade (Zehnder *et al.*,2002).

Segundo Macedo (2013), alterações no pH que afetam a forma do cloro livre disponível (HOCl/OCl⁻), não afetam a taxa de reação do NaOCl a 2% com a dentina. Portanto, as diferenças na capacidade de dissolução de tecido e/ou eficácia antimicrobiana podem ser melhor explicadas pela diferenças químicas na forma predominante de cloro com pH 5 (HOCl) e pH 12 (OCl⁻), do que pela quantidade de moléculas envolvidas na reação.

O tempo de exposição e a concentração da solução de NaOCl influenciam significativamente o pH após o contacto com a dentina. No entanto, o efeito tampão da dentina observado foi muito limitado para alterar a forma de cloro livre disponível (HOCl/OCl⁻), quer com pH 5, quer com pH 12 das soluções de NaOCl. Portanto, não se espera que o efeito biológico (antimicrobiano/capacidade de dissolução de tecidos) do irrigante mude dentro do canal radicular (Macedo, 2013).

5.54 – Tempo/Volume de irrigação

O tempo de irrigação é um fator que recebeu pouca atenção em estudos endodônticos. Mesmo irrigantes de ação rápida, como o NaOCl, requerem um tempo de trabalho adequado para atingir o seu potencial (McDonnell, 1999).

Já em 1999, McDonnell referiu que o tempo ideal que uma solução de NaOCl necessita de permanecer no SCR, a uma dada concentração, era ainda um problema a ser resolvido.

O tempo e o volume de irrigação são aspetos clínicos chave, para os quais existem poucas evidências (Zehnder, 2006).

Para a injeção manual, o volume da seringa utilizada pode variar entre 3 e 5 ml (Gulabivala, 2005).

Durante a instrumentação e, entre instrumentos, deve haver a irrigação do SCR com 2 a 5 ml de NaOCl (Schafer, 2007).

Num estudo realizado por Bronnec (2010), o aumento do volume, em conjunto com o aumento da conicidade apical, melhorou significativamente a penetração da solução. Apenas a irrigação ativa permitiu a penetração completa. Para a irrigação passiva, o nível de colocação da ponta da agulha no canal foi o fator mais dominante para a penetração da solução.

Após a preparação mecânica, o canal radicular é um espaço onde os irrigantes são colocados para “expressar” a sua ação de limpeza. As dimensões deste espaço determinam o volume dos irrigantes e, conseqüentemente, a sua eficácia. Em 1965, Wandelt (*cit. in* Arvaniti, 2011), afirmou que um pequeno e ineficaz volume de um agente quelante pode ser colocado em canais radiculares estreitos. Num estudo recente, Brunson (2010) confirmou a afirmação de Wandelt (1965), mostrando que um aumento das dimensões do canal radicular conduz a um aumento do volume médio de irrigante no interior do canal.

Atualmente, os protocolos clínicos sobre irrigação são regidos por evidências relatadas no aspecto mecânico da irrigação (Van der Sluis *et al.*, 2010). Para se ter em conta o aspecto químico, mais investigações sobre o tempo de irrigação ótimo e o volume, a dada concentração, pH e temperatura são necessárias. No entanto, as diversas situações clínicas são altamente variáveis em termos de patologia, morfologia, microbiologia, quantidade e qualidade de tecido a ser dissolvido (Macedo, 2013).

O volume do irrigante é considerado um fator significativo na eficácia da irrigação, apesar que o volume ótimo de irrigação ainda não foi determinado (Boutsioukis, 2007).

5.5.5– Agitação do irrigante

O NaOCl age por contacto direto entre as moléculas de cloro livre disponíveis e a matéria orgânica. O aumento do movimento das moléculas no SCR aumenta o contacto entre as moléculas de cloro ativo e a matéria orgânica e, portanto, a capacidade de dissolução de tecidos/efeito antimicrobiano do irrigante. O estudo dos processos químicos e mecânicos, interações ou impedimentos que ocorrem nesta interface é fundamental para entender o processo de limpeza (Moorer e Wesselink, 1982, *cit. in* Boutsoukis, 2007)

O protocolo da irrigação intermitente, que combina múltiplos ciclos de ativação, aumenta a taxa de reação do NaOCl em 28%, em comparação com condições semelhantes, sem ciclos de ativação. A quantidade total de cloro consumido durante cada ciclo de ativação diminui significativamente, sem alteração após o terceiro ciclo (Macedo, 2013).

A agitação provoca a ativação do irrigante, através da introdução de um instrumento no canal e da sua movimentação no interior do mesmo, com um movimentos de oscilação ou de rotação, de modo a que o irrigante se disperse e os detritos sejam removidos a partir das extremidades do canal. Existem vários métodos através dos quais isto pode ser conseguido: manualmente, em que o instrumento é colocado dentro de um canal pelo médico dentista; através da ativação sónica ou ultrassónica, para conseguir a oscilação do instrumento; ou através da introdução no canal de um instrumento rotatório acionado mecanicamente (Gulabivala, 2005).

Os irrigantes são frequentemente colocados nos canais radiculares com uma seringa e uma agulha. Uma vez no canal, a solução irrigante pode ser ativada por diferentes meios, tais como ativação sónica, ultrassónica ou laser. Isto permite aumentar as tensões de cisalhamento da parede e distribuir melhor o irrigante pela anatomia dos canais acessórios. Os dois últimos métodos, a ativação ultrassónica e a ativação por laser, são os mais eficientes para áreas do SCR mecanicamente limpas (de Groot, 2009).

A ativação ultrassónica do NaOCl tem sido defendida, uma vez que acelera as reações químicas, cria efeitos de cavitação e alcança uma ação de limpeza superior (Zehnder, 2006).

No entanto, os resultados obtidos num estudo com NaOCl ativado por ultrassons em relação à irrigação convencional são contraditórios, tanto em termos de limpeza do canal, como em termos de microorganismos remanescentes no SCR, após o procedimento de limpeza e conformação (Jensen *et al.*, 1999).

A irrigação ativada por ultrassons aumenta a dissolução do tecido, especialmente quando são usadas soluções de NaOCl (Van der Sluis *et al.*, 2010). A microagitação e a cavitação hidrodinâmica têm sido apontadas como os seus mecanismos de funcionamento (de Groot, 2009; Jiang, 2010).

Num estudo de Macedo (2013), o aumento da temperatura do irrigante durante a ativação ultrassónica (3,9 °C e 9,9 °C depois de 20 e 60 segundos, respetivamente) não foi suficiente para alterar a taxa de reação. Assim, pode ser concluído que o aumento dos efeitos químicos pela ativação ultrassónica do irrigante se deve a fenómenos de convecção como a microagitação (aumento da mistura do irrigante, resultando num aumento de moléculas ativas na superfície de contacto) e a cavitação (formação e implosão de bolhas de vapor). A quantidade de cavitação está dependente do desenho do instrumento, do tamanho da ponta, e também do tipo de irrigante e da anatomia do canal a ser tratado.

A ativação é um forte potenciador da velocidade de reação do NaOCl. O efeito não se limita ao período de ativação, mas estende-se para um intervalo de 3 minutos após a ativação. Este efeito parece ser mais pronunciado após a ativação do irrigante com laser (Macedo, 2013).

George (2008) publicou o primeiro estudo que demonstra a capacidade dos lasers em potenciarem a ação dos agentes irrigantes. Examinou a capacidade de pontas com fibras óticas de forma cónica com emissões laterais na remoção de camadas espessas de “smear layer”, propositadamente criadas para o efeito. Utilizou os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG, que não revelaram qualquer diferença entre si. A ação da luz laser potenciou a atuação do ácido etilenodiamino tetra-acético com Cetavlon (EDTAC) utilizado, obtendo assim uma remoção total da “smear layer” e ficou demonstrado que as fibras cónicas obtêm uma melhor ação do que as lisas. Por outro lado, Peeters e

Suardita (2011) obtiveram canais totalmente livres de detritos até ao ápice com a utilização de fibras óticas lisas, que produziam a cavitação do ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), em dentes com canais retos.

5.5.6 – Métodos de introdução do irrigante

A irrigação convencional com seringas continua a ser amplamente aceite e tem sido defendida como um método de irrigação eficaz (Van der Sluis *et al.*, 2010).

O uso de seringas permite o controlo da profundidade de penetração da agulha no canal radicular e o volume de irrigante introduzido (Boutsioukis, 2007).

Os sistemas de distribuição automatizados podem ser classificados em vários tipos: a irrigação contínua da solução através de uma agulha; a irrigação contínua e evacuação através de duas agulhas (injeção pulsante com uma agulha e alternando entre irrigação e evacuação, com outra); e através de tubulações externas e internas (Gulabivala, 2005).

O diâmetro interno e o diâmetro externo das agulhas são geralmente expressos em termos de calibres/tamanhos padrão. Diminuem à medida que aumenta o número do calibre. O diâmetro interno da agulha determina o fluxo de irrigante que passa por esta e o diâmetro externo da agulha determina a profundidade da irrigação (Gulabivala, 2005).

Antes do século XX, foram amplamente utilizadas agulhas com calibre 23 ou 25, ao passo que atualmente se dá mais ênfase à utilização de calibres 27 ou 30. (Sedgley *et al.*, 2005).

Os canais têm tipicamente entre 0,5 a 2 mm de diâmetro na zona da coroa e afinam em direção ao ápice, apresentando menos de 0,3 mm neste local. Uma agulha de calibre 27, por conseguinte, irá penetrar no terço apical, no final da preparação do canal. (Gulabivala, 2005).

As agulhas menores são capazes de penetrar mais profundamente no canal radicular e contribuem para a remoção eficaz de detritos e bactérias (Sedgley *et al.*, 2005).

Num estudo realizado por Boutsoukis (2007), foram selecionadas três agulhas de diâmetros mais finos. Isto foi baseado, principalmente, na prática clínica, uma vez que estas agulhas são as mais utilizadas.

O mais importante é o calibre da agulha, que deve ser pequeno, preferindo-se agulhas de calibre 27, que possuem potencial para penetrar em maior profundidade no canal radicular. Este facto associado a uma irrigação frequente irá permitir uma correta desinfeção (Bairan, 2000)

No entanto, as agulhas mais finas exigem maior esforço para injetar o irrigante, o que resulta numa maior pressão dentro da cânula (Boutsoukis, 2007).

Estão comercialmente disponíveis diferentes modelos de agulhas: agulhas com abertura plana na ponta, agulhas com abertura em bisel na ponta, agulhas com abertura na ponta e saídas laterais e agulhas sem abertura na ponta e com saídas laterais (Gulabivala *et al.*, 2010).

As agulhas com abertura na ponta criam um jato em direção ao ápice e uma substituição máxima do irrigante. Dentro do grupo das agulhas sem abertura na ponta, as agulhas com saída lateral e as agulhas com dupla saída criam uma substituição menos eficaz do irrigante; por outro lado, a agulha com saída lateral é um pouco mais eficaz. A agulha com múltiplas saídas não cria quase nenhum fluxo apical e a tensão de cisalhamento das paredes fica concentrada numa área limitada, mas a pressão apical é significativamente menor do que nos outros tipos (Boutsoukis, 2010).

Segundo Vinothkumar *et al.* (2007), uma agulha de irrigação com saída lateral é mais eficiente na eliminação de bactérias e detritos dentro do canal radicular, quando comparada com outro tipo de agulhas, nomeadamente as de saída apical. Facilita a saída de resíduos em suspensão em direção à câmara pulpar e produz menor pressão apical, reduzindo a probabilidade de detritos e irrigante passarem para os tecidos periapicais, através do foramen apical.

Têm sido relatados casos em que o uso de agulhas com abertura na ponta resulta numa maior probabilidade de extrusão do irrigante, em comparação com agulhas sem abertura na ponta. Isto pode ser explicado pela elevada pressão desenvolvida na zona próxima do foramen apical (Psimma,2013).

Também de acordo com Boutsoukis (2010) e Verhaagen *et al.* (2012), as agulhas com abertura na ponta provocam maior pressão do irrigante na zona do foramen apical.

George e Walsh, em 2008, concluíram que as agulhas com abertura na ponta levam a que ocorra uma maior extrusão do irrigante, comparativamente com as agulhas sem abertura na ponta.

Durante o processo de irrigação efetuam-se movimentos de vai-vém. Com esta metodologia diminui-se a pressão exercida durante o processo de irrigação do canal radicular, dificultando a passagem de detritos para os tecidos periapicais através do foramen apical (Walton, 2000).

5.5.7 – Conicidade apical e profundidade de colocação da agulha

O médico dentista tem a possibilidade de alterar as dimensões do canal radicular, alterando o tamanho apical do canal e/ou a sua conicidade (Arvaniti, 2011).

A conicidade apical do preparo do canal influencia a profundidade de inserção da ponta da agulha (Bronnec, 2010).

Num estudo recente, Brunson (2010) mostrou que o aumento do tamanho da preparação apical e da conicidade conduzem a um aumento do volume de irrigante no interior do canal. Sob as condições deste estudo, o preparo do canal radicular com conicidades de 4, 6 ou 8 % não afetou a limpeza do mesmo.

O objetivo é introduzir a agulha o mais próximo possível do comprimento de trabalho, para melhorar a eficácia da irrigação (Schafer, 2007).

Uma vez que o menor calibre recomendado para uma agulha de irrigação canalar é o 30 (diâmetro de 0,3 mm, correspondente ao tamanho ISO 30), a preparação apical deve ser de tamanho de 35 a 40. Mesmo nos canais mais curvos, uma preparação apical de tamanho de 35 a 40 pode ser conseguida com instrumentos modernos rotatórios de níquel-titânio. As agulhas de irrigação flexíveis podem ser pré-curvadas de acordo com a curvatura do canal, para permitir a limpeza adequada da parte apical deste tipo de canais radiculares (Schafer, 2007).

A importância da posição da agulha em relação ao ápice do canal, também descrita como a profundidade de introdução da agulha ou a penetração, tem sido destacada numa série de ensaios *in vitro* e estudos *ex vivo* (Boutsioukis, 2010).

Segundo Sedgley *et al.* (2005) e Hsieh *et al.* (2007), a profundidade de colocação da agulha depende do diâmetro final da preparação canalar, da conicidade da preparação e da anatomia original do canal. Quanto menor o diâmetro da agulha, maior a eficácia da irrigação. As evidências sugerem que quanto mais perto a ponta da agulha chega ao ápice, melhor será a penetração da solução irrigante.

O aspecto técnico mais importante da irrigação de canais radiculares é a correlação entre o diâmetro da agulha de irrigação e o tamanho da preparação apical. Dentro do canal radicular o efeito da irrigação é limitado a 3-4 mm apicais do comprimento de trabalho, resultando num número significativamente menor de bactérias remanescentes no canal radicular, em comparação com o uso de uma agulha a 6 mm do comprimento de trabalho (Schafer, 2007).

Ao tentar inserir a ponta da agulha tão perto quanto possível do comprimento de trabalho, esta pode ficar encravada na porção apical do canal, aumentando a pressão exercida e pode facilmente resultar na extrusão de NaOCl para os tecidos periapicais. Assim, quando é sentida resistência na agulha, esta deve ser puxada para trás aproximadamente 2 mm, para assegurar o espaço entre a parede do canal e a agulha, permitindo o fluxo do irrigante para fora do canal. Isso irá minimizar o risco de injeção de soluções de irrigação para além do ápice e no tecido periapical (Schafer, 2007).

Segundo um estudo de Boutsoukis (2010), a profundidade de introdução da agulha afetou o grau de substituição irrigante, a tensão de cisalhamento na parede do canal e a pressão no foramen apical.

Uma alteração na profundidade de inserção de agulha resulta numa alteração tanto na distância entre a ponta da agulha e o comprimento de trabalho, como na proximidade da ponta da agulha à parede do canal lateral (Boutsoukis, 2010).

A agulha de irrigação não deve ficar justa ao canal, devendo, o seu tamanho, ser pelo menos 2 mm inferior ao comprimento de trabalho e o NaOCl não deve ser injetado com pressão (Noites, 2009).

A introdução de uma agulha de irrigação fina, marcada com comprimento inferior ao comprimento de trabalho (1 mm) é uma abordagem promissora, para melhorar a eficácia irrigante na área apical infetada de dentes não vitais com radiolucência apical. Deve ser mantido em mente que a solução não atinge mais do que um milímetro apicalmente a partir da ponta da agulha durante a irrigação (Boutsoukis, 2010).

Quanto mais a agulha é posicionada afastada do comprimento de trabalho, menor é a pressão apical desenvolvida, mas, em seguida, a difusão de irrigante também é menos eficiente e a tensão de cisalhamento nas paredes é mais baixa. A profundidade ótima de colocação da agulha pode ser também influenciada pelo tamanho e conicidade do canal e pela presença de curvatura (Boutsoukis, 2010).

Segundo Sedgley *et al.* (2005), a distância a que a agulha de irrigação fica em relação ao foramen apical contribui diretamente para a quantidade de detritos extruídos para os tecidos periapicais. Deste modo, Fairbourn, em 2007, concluiu que a distância ideal a que a agulha de irrigação deve ficar do foramen apical é de 2 mm.

5.5.8 – Degradação do NaOCl e Armazenamento

Todas as soluções apresentam uma degradação ao longo do tempo, e esta é mais rápida em soluções que contêm cloro a 5%, quando armazenadas a temperaturas de 24 °C em relação a temperaturas de 4 °C (Piskin, 1995).

Além disso, o teor de cloro da solução tende a diminuir após a abertura dos recipientes, de modo que é recomendado o uso de soluções recentes (Gambarini, 1998).

Nicoletti (1996) relatou que a estabilidade química do NaOCl é alterada pela presença de luz, falta de cobertura do recipiente e pelo momento em que a solução foi armazenada.

Uma vez que o NaOCl é degradado pela luz, pelo ar, pelo metal e por contaminantes orgânicos, acredita-se que a perda da estabilidade química da solução é um fator que pode alterar as suas propriedades (Bairan, 2000).

Segundo Clarkson (1998), a estabilidade das soluções de NaOCl diminui pela redução do pH, presença de íons metálicos, exposição à luz, recipientes abertos, temperaturas mais elevadas e concentrações mais elevadas.

A abertura frequente do recipiente ou a incapacidade de o fechar com segurança têm um efeito semelhante a um recipiente aberto, reduzindo a vida útil da solução (Best, 1994).

Para garantir um bom tempo de vida útil, todas as soluções devem ser armazenadas em recipientes à prova de luz (vidro opaco ou polietileno), hermeticamente fechados e em locais frescos (Clarkson, 1998).

Em relação ao armazenamento das soluções de NaOCl, este deve ser realizado em embalagens de âmbar ou de plástico opaco verde ou branco, apesar que este último oferece menor proteção (Nicoletti, 1996).

A deterioração de soluções de NaOCl pode ser rápida e é acelerada pela luz, calor e ventilação. As soluções devem ser armazenadas num local fresco e escuro, em recipientes fechados, resistentes à corrosão (por exemplo, plástico, cerâmica, vidro escuro ou de cimento). Tal como acontece com outros produtos químicos de desinfecção, os recipientes devem ser datados e controlados (World Health Organization, 2010).

6 – Associação entre NaOCl e outras soluções

Partindo do princípio que o NaOCl não cumpre com duas propriedades, a baixa toxicidade e a eliminação da “smear layer”, é necessário combiná-lo com agentes quelantes e outras soluções irrigantes, para poder alcançar os objetivos da irrigação do SCR (Arguello, 2001)

As associações constituem recursos fundamentais, de modo a conseguirmos obter o máximo proveito das propriedades químicas que as soluções apresentam. Por exemplo, quando se mistura um tensoativo com um agente quelante, realiza-se uma potenciação do último, pois ocorre uma redução da tensão superficial do líquido, facto que favorece o contacto do agente quelante com as paredes do canal radicular. Todas as associações visam, fundamentalmente, somar efeitos químicos das soluções utilizadas (Estrela *et al.*, 2002)

6.1 - NaOCl e EDTA

Como método de eliminação da “smear layer”, produzida durante o TENC, tem sido preconizado o uso da associação de NaOCl e EDTA. O uso deste esquema de irrigação resulta na erosão esporádica das paredes dos canais, caracterizada por uma dissolução da dentina inter e peritubular e pela coalescência dos túbulos dentinários mais largos. Estes fenómenos provocam a consequente degradação das propriedades mecânicas da dentina (Zhang, 2010).

Os quelantes são compostos que têm a capacidade de fixar iões metálicos. Isto ocorre devido às múltiplas ligações químicas que a sua molécula consegue estabelecer com o mesmo ião, conseguindo removê-lo do meio. No caso do EDTA, este remove os iões de cálcio dos tecidos duros, tal como a dentina, promovendo a desmineralização e a diminuição da dureza tecidular, tornando-a menos resistente à ação dos instrumentos endodônticos e facilitando, assim, a instrumentação (Soares, *cit. in* Endodontia técnica e fundamentos, 2001).

O EDTA tem, ainda, um papel de extrema importância na remoção da “smear layer”, pois promove uma limpeza mais eficaz das paredes, provocando um aumento da permeabilidade dentinária. Deste modo, criam-se as condições ideais para a ação dos antissépticos utilizados e para uma melhor adaptação dos materiais obturadores às paredes dos canais radiculares (Soares, *cit. in* Endodontia técnica e fundamentos, 2001).

As propriedades mecânicas da dentina mineralizada são, adversamente, afetadas pelo contacto prolongado com o NaOCl. É provável que este irrigante remova a porção orgânica da dentina mineralizada, criando, deste modo, canais de difusão que permitem a entrada mais rápida do EDTA na parte inter e peritubular da dentina, promovendo a sua desintegração (Zhang, 2010).

Não existe nenhum irrigante que, isoladamente, consiga atuar na porção orgânica e inorgânica da “smear layer” (Zhang, 2010).

No decorrer do TENC, e durante todo o período de preparação químico-mecânica, é comum manter a câmara pulpar e os canais radiculares repletos de NaOCl, de modo a maximizar a lubrificação dos instrumentos, a dissolução de tecidos e o efeito antimicrobiano. O uso de EDTA a 17% como irrigante final, durante dois minutos, demonstra ser, como afirmado anteriormente, adequado para a remoção da “smear layer” da porção coronal e do terço médio das paredes dos canais radiculares (Zhang, 2010).

Num estudo realizado por Calt (2000), demonstrou-se que o método mais eficaz para a remoção da “smear layer” é irrigar o SCR com 10 ml de EDTA a 17%, seguido de 10 ml de NaOCl a 5%, apesar de isto provocar a erosão dos túbulos dentinários. Recomenda-se então aplicar o EDTA a 17% num período menor que dois minutos, ou utilizar menor volume ou quantidade.

Deste modo, aconselha-se o uso de 10 ml de EGTA (ácido etileno glicol-bis-tetraacético) a 17%, combinado com 10 ml de NaOCl a 5,25%, uma vez que o EGTA é menos forte que o EDTA e é igualmente eficaz na remoção da “smear layer”. Para além disto, não induz a erosão dos túbulos dentinários, de modo que pode ser considerado um agente quelante alternativo para a remoção da “smear layer” (Calt, 2000).

Até ao momento, é amplamente aceite que o método mais efetivo para remoção da “smear layer” é a irrigação do SCR com 10 ml de EDTA a 15-17%, seguida por 10 ml de NaOCl a 2,5-5,25% (Arguello, 2001).

Um estudo publicado recentemente indicou que NaOCl a 2,5-5%, seguido por EDTA a 17% tem um efeito profundamente benéfico no TENC (Ng, 2011).

6.2 - NaOCl e Clorhexidina

A clorhexidina é um composto catiónico, bacteriostático e bactericida, com ação prolongada decorrente da sua capacidade de adesão às superfícies, de onde, posteriormente, é libertada lentamente. Este produto é eficaz no controlo da placa bacteriana e gengivite, tendo sido também recomendado como irrigante para os canais radiculares. A utilização da clorhexidina em contacto com tecidos vitais revela uma baixa biocompatibilidade (sendo mais indicada para dentes sem polpa), sendo que a concentração considerada de baixo potencial irritativo é de 0,12%. O único problema da clorhexidina é a sua incapacidade de dissolução tecidual (Soares, *cit. in* Endodontia técnica e fundamentos, 2001)

Como irrigante endodôntico é utilizada em concentrações de 0,12% a 2%. Possui excelentes propriedades antibacterianas, assim como o NaOCl a 5,25%, e tem melhor efeito residual que este, uma vez que apresenta substantividade (até às vinte e quatro horas), apesar de não ter capacidade de dissolver o tecido pulpar (Arguello, 2001).

É recomendada em pacientes alérgicos ao NaOCl, devido à sua baixa toxicidade, e pode, igualmente, ser utilizada em dentes com ápices abertos ou em dentes com perfurações (Arguello, 2001).

Uma vez que a clorhexidina é um solvente ineficaz na dissolução de tecidos, é necessário combiná-la com outros métodos para completar a limpeza, por exemplo, com um quelante e outras soluções irrigantes, instrumental rotatório ou utilizar vibração ultrassónica (Arguello, 2001).

A combinação de NaOCl e clorhexidina tem sido recomendada para potencializar as propriedades de ambos, sugerindo que o efeito antimicrobiano do NaOCl a 2,5% e da clorhexidina a 0,2%, quando usados concomitantemente, é melhor do que quando é usada cada solução em separado. Um protocolo de irrigação usando estes dois irrigantes foi proposto, contudo verificou-se a formação de um precipitado denso e de coloração castanha, que pode comprometer a estética dentária. A formação deste precipitado pode ser explicada pela reação ácido-base entre o NaOCl⁻ e a clorhexidina⁺. A clorhexidina, ácido dicatiônico, com pH entre 5.5 e 6, é uma substância dadora de prótons, enquanto o NaOCl, alcalino, aceita os prótons da clorhexidina. Esta reação provoca a formação do tal precipitado (Akisue, 2010).

Quando se misturou clorhexidina a 2% com várias diluições de NaOCl, a cor da solução formada variou diretamente com a concentração de NaOCl utilizada. A variação da coloração vai desde cor pêssego (NaOCl a 0,023%) até castanho-escuro (NaOCl a 6%). A concentração mínima deste irrigante, necessária para induzir a formação de precipitado, é de 0,19%, sendo que com apenas NaOCl a 1% e clorhexidina a 2% se deu a formação imediata de precipitado castanho, suspenso no líquido. Esta concentração de NaOCl é considerada estável, mas confere uma resposta tecidual insuficiente, quando usado na prática clínica (Akisue, 2010).

Este precipitado atua como uma “smear layer” química e pode comprometer a permeabilidade da dentina, a difusão da medicação intra-canal e o selamento da obturação. Para minimizar a sua formação, é aconselhável lavar muito bem o resto do NaOCl com uma solução desmineralizante, como por exemplo, com ácido cítrico a 15%, que possui capacidade desmineralizante e biocompatibilidade adequada. Contudo, quando misturamos ácido cítrico com clorhexidina, ocorre a formação de uma solução branca leitosa, mas que fica rapidamente sem cor e pode facilmente ser removida do canal (Akisue, 2010).

Um estudo realizado por White *et al.*, em 1997 (*cit. in* Arguello, 2001) sobre o efeito residual da clorhexidina na dentina, a duas concentrações diferentes, mostrou excelentes resultados em termos de inibição do crescimento bacteriano até 72 horas com a concentração de 0,12% e por mais de 72 horas, com concentração de 2,0%, confirmando que pode ser usado como um irrigante em endodontia.

6.3 - NaOCl e Ácido cítrico

Tem sido também preconizado o recurso a associações de NaOCl com soluções ácidas, tais como o ácido cítrico ou o ácido ortofosfórico, sendo que este último é mais usado, atualmente, como alternativa para o uso de sistemas adesivos de obturação (Heredia, 2006).

O ácido cítrico é um ácido orgânico que faz parte do ciclo de Krebs das células humanas, sendo por isso aceitável biologicamente; todavia, quando aplicado nos tecidos periapicais, em concentrações de 1%, pode provocar uma inflamação suave (Sperandio, 2008).

A ação de descalcificação do ácido cítrico é tempo-dependente, sendo que a sua maior eficácia é aos três minutos de utilização, mas não aumenta com o recurso a concentrações mais elevadas. A solução mais eficaz será aquela que consiga remover uma quantidade suficiente de cálcio, sem expor o colagénio (López, 2006).

Khedmat *et al.* (2008) constataram que a associação do ácido cítrico a 10% com o NaOCl a 2,5% demonstrou eficácia na remoção da “smear layer”, em especial nas porções coronal e média da raiz, devido essencialmente ao maior diâmetro destas.

A combinação de ácido cítrico com o NaOCl elimina a “smear layer”, abre os túbulos dentinários e exerce ação antimicrobiana (Heredia, 2006).

A redução dos valores de pH na solução de NaOCl provoca a liberação de gás cloro, que tem efeitos potencialmente perigosos para os seres humanos. Quando é adicionado EDTA ao NaOCl, são detetados níveis relativamente mais baixos de gás cloro. Quando é usado ácido cítrico, é detetado significativamente mais cloro (Rossi-Fedele *et al.*, 2012).

Um estudo realizado por Scelza (2004), indicou que dez minutos de irrigação com EDTA a 17% abriram mais túbulos dentinários, que com o ácido cítrico a 10%, sendo

que esta solução pode ser utilizada em dentes de pacientes jovens, pois não enfraquece a dentina radicular.

Também Liolios *et al.* (1997) relataram uma melhor remoção de “smear layer” por parte do EDTA do que com ácido cítrico a 50%.

Por outro lado, Kehdmat *et al.* (2008) demonstraram que o uso de ácido cítrico a 10% por mais de um minuto, apresenta maior efeito descalcificante que EDTA a 17%.

Também num estudo realizado por Machado-Silveiro (2004), em que foi medida a capacidade de desmineralização da dentina por parte do ácido cítrico a 1 e 10% e do EDTA a 17%, o ácido cítrico a 10% foi mais eficaz do que o ácido cítrico a 1%, e este foi mais efetivo que o EDTA a 17%.

Do mesmo modo, Scelza (2004), demonstrou que, quando comparado com EDTA a 17%, no decorrer de um TENC, o recurso ao ácido cítrico a 10% revelou-se mais biocompatível, pelo que pode ser mais viável a sua aplicação clínica.

IV – CONCLUSÕES

O objetivo a que nos propusemos, aquando da elaboração desta pesquisa bibliográfica, foi o de melhor compreender alguns aspetos sobre o NaOCl, nomeadamente as suas vantagens, desvantagens e possíveis associações com outras soluções irrigantes. A escolha do NaOCl baseou-se no facto de ser o irrigante para utilizado em Endodontia, nos dias de hoje.

Quando a polpa está infetada, os microorganismos invadem as irregularidades anatómicas dos canais radiculares e túbulos dentinários, que atuam como reservatórios de bactérias, podendo levar ao insucesso de um tratamento. Por isto, a irrigação tem um papel fundamental na desinfeção do SCR.

A irrigação é, atualmente, o melhor método para remoção de restos e detritos de dentina, provenientes da instrumentação dos canais radiculares. Tem o intuito de os desinfetar com a sua ação antisséptica e de os lubrificar, para que a instrumentação esteja mais facilitada. Este processo, contudo, pode causar alterações e mudanças no conteúdo, tanto orgânico como mineral e estrutural da dentina, levando, deste modo, a que haja uma diminuição da rigidez do dente, tornando-o, assim, mais frágil.

De um modo geral, podemos afirmar que o NaOCl é uma solução relativamente segura, estando cientes da concentração que deve ser utilizada, de forma a não o tornar tóxico para os tecidos. Concentrações acima de 5,25% são consideradas prejudiciais. Este composto é um bom solvente de matéria orgânica e eficaz contra microorganismos, o que o torna essencial para um tratamento endodôntico de sucesso. Uma característica menos favorável do NaOCl é o facto de provocar o enfraquecimento do dente, pela remoção da porção orgânica da dentina mineralizada.

Vários fatores, uns mais significativos do que outros, têm mostrado influenciar a eficácia da irrigação dos canais radiculares, nomeadamente: a concentração da solução, a temperatura, o pH, o volume e o tempo de irrigação, a agitação do irrigante, os métodos de introdução do irrigante no canal, a conicidade apical, a profundidade de colocação da agulha e a sua dimensão.

Tem havido muita controvérsia em relação à concentração de NaOCl a ser usada em Endodontia, uma vez que muitos autores recomendam o uso de uma concentração de 5,25%, enquanto outros preferem uma concentração mais baixa de 3% ou mesmo 0,5%. Assim, a concentração desta solução de irrigação continua a ser uma matéria de discussão controversa, sem existir uma concentração definida que seja universalmente aceite.

Para muitos autores, a temperatura é uma das estratégias clínicas que tem provado ser eficaz para compensar a redução na concentração, uma vez que potencia o efeito antimicrobiano e o poder de dissolução do material orgânico.

Uma forma de aumentar a eficácia das soluções de NaOCl pode ser diminuindo o seu pH. Mais investigações sobre o tempo de irrigação ótimo e o volume, a dada concentração, pH e temperatura são necessárias.

Em relação aos métodos de agitação do irrigante, a ativação ultrassónica e a ativação por laser são os mais eficientes para áreas do SCR mecanicamente limpas.

Com a utilização de agulhas e seringas com hipoclorito de sódio, concluiu-se que a distância ideal a que a agulha de irrigação deve ficar do foramen apical é de 2 mm.

Conforme já foi referido, as associações entre soluções irrigantes são extremamente vantajosas, uma vez que potenciam os seus efeitos. Assim, é comum a associação de NaOCl com soluções quelantes, nomeadamente o EDTA, com vista à remoção da “smear layer”.

Uma das maiores preocupações é o facto da existência de erosão das paredes dos canais radiculares, o que leva à degradação das propriedades mecânicas da dentina. Sabendo que a desmineralização provocada pelo EDTA diminui a dureza da dentina, tornou-se imperativo determinar se este composto era o responsável pela perda de resistência do dente tratado endodonticamente. Este facto não se apresenta verdadeiro, pois o EDTA apresenta uma ação quelante auto-limitada e, quando o equilíbrio é atingido, a desmineralização cessa. O que ocorre é que, quando usado alternadamente com NaOCl, este primeiro remove a porção orgânica da dentina, provocando um aumento da

permeabilidade ao EDTA que, por sua vez, dissolve a apatite e expõe o colagénio. Esta ação aumenta a capacidade infiltrativa do NaOCl. Assim, concluiu-se que o uso alternado deste composto enfraquece o dente.

Outra questão estudada foi a associação entre o NaOCl e a clorhexidina, pela elevada capacidade antimicrobiana deste último composto. Seriam necessárias mais investigações relativamente às concentrações consideradas ideais, uma vez que o uso concomitante de NaOCl e clorhexidina provoca a formação de um precipitado denso e acastanhado que, para além de comprometer a estética dentária, altera a permeabilidade da dentina.

Em relação ao uso de ácido cítrico, este parece ser mais biocompatível em relação ao EDTA, pelo que vários autores sugerem que a sua aplicação clínica é mais viável.

Por tudo isto, é importante realçar a necessidade de efetuar mais estudos a fim de determinar quais as condições ideais para que o NaOCl possa exercer as suas ações, nomeadamente a sua concentração ótima e a associação com outras soluções irrigantes.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akisque, E.; Tomita, V. (2010). *Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation*. Journal of Endodontics, Volume 36 (5), pp. 847-850.

Arguello, K. (2001). *Visión Actualizada de la Irrigación en Endodoncia : Más Allá del NaOCl de Sodio*. Disponível em: http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_19.htm [Consultado em 28/04/2014].

Arvaniti, I.; Khabbaz, M. (2011). *Influence of Root Canal Taper on Its Cleanliness: A Scanning Electron Microscopic Study*. Journal of Endodontics, Volume 37 (6), pp. 871-873.

Bairan, E.; Caldera, M. (2000). *Una Visión Actualizada del Uso del Hipoclorito de Sodio en Endodoncia*. Disponível em: http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_18.htm. [Consultado em: 3/03/2014].

Balto, H.; Al-Nazhan, S. (2002). *Accidental injection of sodium hypochlorite beyond the root apex*. Saudi Dental Journal, Volume 14 (1), pp. 36-38.

Baumgartner, J.; Cuenin, P. (1992). *Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation*. Journal of Endodontics, Volume 18 (12), pp. 605-612.

Behrents, K.; Speer, M.; Noujeim, M. (2012). *Sodium hypochlorite accident with evaluation by cone beam tomography*. International Endodontic Journal, 45 (5), pp. 492-498.

Bergenholtz, G. *et al.* (2010). *Textbook of endodontology*. United Kingdom, Blackwell Publishing, 2ª Edição.

Berkovitz, B.; Holland, G.; Moxham, B. (2004). *Anatomia, Embriologia e Histologia Bucal*. ArtMed, 3ª Edição.

Best, M.; Springthorpe, V.; Sattar, S. (1994). *Feasibility of a combined carrier test for disinfectants: Studies with a mixture of five types of microorganisms*. American Journal of Infection Control, Volume 22 (3), pp.152-162.

Boutsioukis, C.; Lambrianidis, T.; Kastrinakis, E. (2007). *Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles*. International Endodontic Journal, Volume 40 (7), pp. 504–513.

Boutsioukis, C.; Psimma, Z.; Kastrinakis, E. (2013). *The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo*. International Endodontic Journal, Volume 47 (5), pp. 487-496.

Boutsioukis, C.; Verhaagen, B.; Versluis, M. (2010). *Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model*. Journal of Endodontics, Volume 36 (5), pp. 875–879.

Bowden, J.; Ethunandan, M.; Brennan, P. (2006). *Life-threatening airway obstruction secondary to hypochlorite extrusion during root canal treatment*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, Volume 101 (3), pp.402-404.

Bronnec, F.; Bouillaguet, S.; Machtou, P. (2010). *Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen*. International Endodontic Journal, Volume 43 (8), pp. 663–672.

Brunson, M.; Heilborn, C.; Johnson, J. (2010). *Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system*. Journal of Endodontics, Volume 36 (4), pp. 721–723.

Califkkan, M.; Türkün, M.; Alper, S. (1994). *Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy: a case report*. International Endodontic Journal, Volume 27 (3), pp.163-167.

Calt, S.; Serper, A. (2000). *Smear layer removal by EGTA*. Journal of Endodontics, Volume 26 (8), pp. 459-461.

Chang, Y., *et al.* (2001). *The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine on cultured human periodontal ligament cells*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, Volume 92 (4), pp. 446-450.

Clarkson, R.; Moule, A. (1998). *Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant*. Australian Dental Journal, Volume 43 (4), pp.333-334.

Cohen, S.; Hargreaves, K. (2007). *Caminhos para a polpa*. Rio de Janeiro, Elsevier, 9ª Edição, pp. 258-260.

de Groot, S.; Verhaagen, B.; Versluis, M. (2009). *Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization*. International Endodontic Journal, Volume 42 (12), pp 1077-1083.

Estrela, C. (2004). *Ciência Endodôntica*. São Paulo, Editora Artes Médicas, 2ª edição, pp. 24-55; 150-233.

Estrela, C. *et al.* (2002). *Mechanism of action of sodium hypochlorite*. Brazilian Dental Journal, Volume 13 (2), pp.113-117.

Fairbourn, D. (2007) *Apical extrusion of debris using three rotary techniques*. Journal of Endodontics, Volume 31, pp. 97-101.

Gambarini, G.; Luca, M.; Gerosa, R. (1998). *Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants*. Journal of Endodontics, Volume 24 (6), pp. 432-434.

George, R., Meyers, I., Walsh, L. (2008). *Laser Activation of Endodontic Irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal*. Journal of Endodontics, Volume 34 (12), pp. 1524-1527.

George, R.; Walsh, L. (2008). *Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study*. Journal of Endodontics, Volume 34 (6), pp. 706–708.

Gernhardt, C.; Eppendorf, K.; Brandt, M. (2004). *Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant*. International Endodontic Journal, Volume 37 (4), pp. 272-280.

Gluskin, A. *et al.* (2005). *Thermal injury through heat transfer using ultrasonic devices: precautions and practical preventive strategies*. Journal of the American Dental Association, Volume 136 (9), pp.1286–1293.

Gulabivala, K. *et al.* (2010). *The fluid mechanics of root canal irrigation*. Physiological Measurement, Volume 31 (12), pp. 49–84.

Gulabivala, K.; Patel, B.; Evans, G. (2005). *Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces*. Endodontic Topics, Volume 10 (1), pp. 103–122.

Gursoy, U.; Bostanci, V.; Kosger, H. (2006). *Palatal mucosa necrosis because of accidental sodium hypochlorite injection instead of anaesthetic solution*. International Endodontic Journal, Volume 39 (2), pp.157-161.

Gutknecht, N. (2008). *Lasers in Endodontics*. Journal of the Laser and Health Academy, Volume 4 (1), pp. 1-5.

Haapasalo, H. *et al.* (2000). *Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study*. International Endodontic Journal, Volume 33 (2), pp. 126-131.

Haapasalo, M.; Endal, U.; Zandi, H. (2005). *Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions*. Endodontic Topics, Volume 10 (1), pp. 77–102.

Haapasalo, M.; Qian, W.; Portenier, I. (2007). *Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments*. Journal of Endodontics, Volume 33 (8), pp. 917–925.

Haapasalo, M.; Shen, Y.; Ricucci, D. (2010). *Reasons for persistent and emerging post treatment endodontic disease*. Endodontic Topics, Volume 18 (1), pp. 31-50.

Heredia, M.; Luque, C. (2006). *The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation*. Journal of Endodontics, Volume 32 (10), pp. 993-997.

Hsieh, Y. *et al.* (2007). *Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis*. International Endodontic Journal, Volume 40 (1), pp. 11–17.

Hulsmann, M.; Rodig, T.; Nordmeyer, S. (2009). *Complications during root canal irrigation*. Endodontic topics, Volume 16 (1), pp. 27-63.

<http://www.ond.pt/revista/arquivo/docs/revistaomd16.pdf> [Consultado em 20/05/2014].

http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_20.pdf.

Hubscher, W.; Barbakow, F.; Peters, O. (2003). *Root canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography*. International Endodontic Journal, Volume 36 (11), pp. 740–747.

Ingram, T. (1990). *Response of the human eye to accidental exposure to sodium hypochlorite*. Journal of Endodontics, Volume 16 (5), pp. 235-238.

Jensen, S. *et al.* (1999). *Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals.* Journal of Endodontics, Volume 25 (11), pp. 735–738.

Jiang, L.; Verhaagen, B.; Versluis, M. (2010). *Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal.* Journal of Endodontics, Volume 36 (1), pp. 143-146.

Jungbluth, H.; Marending, M.; De-Deus, G. (2011). *Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue and dentin.* Journal of Endodontics, Volume 37 (5), pp. 693-696.

Kamburis, J. *et al.* (2003). *Removal of organic debris from bovine dentin shavings.* Journal of Endodontics, Volume 29 (9), pp. 559–61.

Khedmat, S. *et al.* (2008). *Comparison of the efficacy of three chelating agents in “smear layer” removal.* Journal of Endodontics, Volume 34 (5), pp. 599-602.

Kleier, DJ.; Averbach, RE. (2008). *The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics.* Journal of Endodontics, Volume 34 (11), pp. 1346–1350.

Kuphasuk, C. *et al.* (2001). *Electrochemical corrosion of titanium and titanium-based alloys.* Journal of Prosthetic Dentistry, Volume 85 (2), pp. 195–202.

Kustarci, A.; Akpınar, K.; Sumer, Z. (2008). *Apical extrusion of intracanal bacteria following use of various instrumentation techniques.* International Endodontic Journal, Volume 41 (12), pp. 1066-1071.

Lasala, A. (1992). *Endodoncia.* México. Editorial Salvat, 4ª Edição.

Leonardo, M. (2005). *Tratamento dos canais radiculares.* In: *Endodontia.* Artes Médicas Editora. Brasil.

Liang, Y. *et al.* (2013). *Radiographic Healing following Root Canal Treatments Performed in Single-Rooted Teeth with and without Ultrasonic Activation of the Irrigant: A Randomized Controlled Trial*. Journal of endodontics. Volume 39 (10), pp. 1218-1225.

Liolios, E. *et al.* (1997). *The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation*. International Endodontic Journal, Volume 30 (1), pp.51–57.

Loest, C. (2006). *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology*. International Endodontic Journal, Volume 39 (12), pp. 921-930.

López, S.; Aguillar, D. (2006). *Effect of CHX on the decalcifying effect of 10% citric acid, 20% citric acid or 17% EDTA*. Journal of Endodontics, Volume 32 (8), pp. 784-784.

Luddin, N.; Ahmed, H. (2013). *The antibacterial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against Enterococcus faecalis: A review on agar diffusion and direct contact methods*. Journal of Conservative Dentistry, Volume 16 (1), pp. 9-16.

Macedo, R. (2013). *Optimizing the chemical efficiency of NaOCl*. Academic Center for Dentistry Amsterdam (ACTA), pp. 10-125.

Machado-Silveiro, L.; Gonzalez-Lopez, S.; Gonzalez-Rodriguez, M. (2004). *Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate*. International Endodontic Journal, Volume 37 (6), pp. 365–369.

McDonnell, G.; Russell, A. (1999). *Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance*. Clinical Microbiology Reviews, Volume 12 (1), pp. 147-179.

Metzger, Z. *et al.* (2010). *The Quality of Root Canal Preparation and Root Canal Obturation in Canals Treated with Rotary versus Self-adjusting Files: A Three-*

dimensional Micro-computed Tomographic Study. Journal of Endodontics, Volume 36 (9), pp. 1569-1573.

Mohammadi, Z. *et al.* (2011). *Residual antibacterial activity of a new modified sodium hypochlorite-based endodontic irrigation solution*. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal, Volume 16 (4), pp. 588-592.

Ng, Y.; Mann, V.; Gulabivala, K. (2011). *A prospective study of the factors affecting outcomes of non surgical root canal treatment: part 1: periapical health*. International Endodontic Journal, Volume 44 (7), pp. 583–609.

Nicoletti, A.; Magalhães, J. (1996). *Influence of the container and environmental factors in the stability of sodium hypochlorite*. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, Volume 121 (4), pp.301-309.

Noites, R.; Carvalho, M.; Vaz, I. (2009). *Complicações que podem surgir durante o uso do Hipoclorito de Sódio no Tratamento Endodôntico*. Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial, Volume 50 (1), pp. 53-56.

Pascon, F. *et al.* (2009). *Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties*. Journal of Dentistry, Volume 37 (12), pp. 903-908.

Peeters, H.; Suardita, K. (2011). *Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet laser*. Journal of Endodontics, Volume 37 (11), pp.1585-1589.

Peters, O.; Schonenberger, K.; Laib, A. (2001). *Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography*. International Endodontic Journal, Volume 34 (3), pp. 221-230.

Piskin, B.; Turkun, M. (1995). *Stability of various hypochlorite solutions*. Journal of Endodontics, Volume 21 (5), pp. 253-255.

Pontes, F. *et al.* (2008). *Gingival and bone necrosis caused by accidental sodium hypochlorite injection instead of anaesthetic solution*. International Endodontic Journal, Volume 41 (3), pp.267-270.

Psimma, Z.; Boutsoukis, C.; Kastrinakis, E. (2013). *Effect of Needle Insertion Depth and Root Canal Curvature on Irrigant Extrusion Ex Vivo*. Journal of Endodontics, Volume 39 (4), pp. 521-524.

Ricucci, D.; Loghin, S.; Siqueira, J. (2013). *Exuberant biofilm infection in a lateral canal as the cause of shortterm endodontic treatment failure: report of a case*. Journal of Endodontics. Volume 39 (5), pp. 712-718.

Rossi-Fedele, G. *et al.* (2012). *Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid*. Journal of Endodontics, Volume 38 (4), pp. 426–431.

Scelza, M.; Pierro, V. (2004). *Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA and citric acid on smear layer removal*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, Volume 98 (4), pp. 499-503.

Schafer, E. (2007). *Irrigation of the root canal*. Endo. Volume 1 (1), pp. 11-27.

Sedgley, C.; Nagel, A.; Hall, D. (2005). *Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro*. International Endodontic Journal, Volume 38 (2), pp. 97–104.

Serper, A.; Ozbek, M.; Calt, S. (2004). *Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment*. Journal of Endodontics, Volume 30 (3), pp.180-181.

Shemesh, H.; Wesselink, P.; Wu, M. (2010). *Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures*. International Endodontic Journal, Volume 43 (11), pp. 995-1000.

Sim, T.; Knowles, J.; Shelton, J. (2001) *Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain*. International Endodontic Journal, Volume 34 (2), pp. 120-132.

Siqueira, J. *et al.* (2000). *Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5% and 5,25% sodium hypochlorite*. Journal of Endodontics, Volume 6, pp. 331-34.

Siqueira, J. *et al.* (2007). *Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology, Volume 104 (1), pp. 122-130.

Sirtes, G.; Waltimo, T.; Schaetzle, M. (2005). *The effects of temperature on sodium hypochlorite shortterm stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy*. Journal of Endodontics, Volume 31 (9), pp. 669-671.

Sjögren, U.; Figdor, D.; Persson, S. (1997). *Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis*. International Endodontic Journal, Volume 30 (5), pp. 297-306.

Soares, J., Goldberg, F. (2003). In: *Endodoncia, Técnica y Fundamentos*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana S.A., pp 141-166.

Soares, R. *et al.* (2007). *Accidental injection of sodium hypochlorite in periapical region during endodontic treatment: Case report*. Revista Sul-Brasileira de Odontologia, Volume 4 (1), pp. 17-20.

Spencer, H.; Ike, V.; Brennan, P. (2007). *Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics - potential complications and their management*. British Dental Journal, Volume 202 (9), pp. 555-559.

Sperandio, C.; Silveira, L. (2008). *Response of the periapical tissue of drogs teeth to the action of citric acid and EDTA*. Journal of Applied Oral Science, Volume 16 (1), pp. 59-63.

Tirali, R.; Bodur, H.; Ece, G. (2012). *In vitro antimicrobial activity of Sodium hypochlorite, Chlorhexidine gluconate and Octenidine Dihydrochloride in elimination of microor-ganisms within dentinal tubules of primary and permanent teeth*. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugia Bucal, Volume 17 (3), pp. 517-522.

Van der Sluis, L. *et al.* (2010). *Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant*. Journal of Endodontics, Volume 36 (4), pp. 737-740.

Verhaagen, B. *et al.* (2012). *Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation. Experiments in Fluids (In press)*. Experiments in Fluids. Volume 53 (6), pp. 1841–1853.

Vinothkumar, T. *et al.* (2007). *Influence of irrigation needle-tip designs in removing bacteria inoculated into instrumented root canals measured using single-tube luminometer*. Journal of Endodontics, Volume 33 (6), pp. 746-748.

Walton, R. (2000). *Apical extrusion of debris using different techniques*. Journal of Endodontics, Volume 35, pp. 216-220.

Winter, J.; Ilbert, M.; Graf, P. (2008). *Bleach activates a redox-regulated chaperone by oxidative protein unfolding*. Cell, Volume 135 (4), pp. 691-701.

Witton, R. *et al.* (2005). *Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment*. International Endodontic Journal, Volume 38 (11), pp. 843-848.

Woodmandey, K. (2005). *Intracanal Heating of Sodium Hypochlorite Solution: An Improved Endodontic Irrigation Technique*. Dentistry Today, Volume 24 (10), pp. 114–116.

Zehnder, M. (2006). *Root Canal Irrigants*. Journal of Endodontics, Volume 32 (5), pp. 389-395.

Zehnder, M. *et al.* (2002). *Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics, Volume 94 (6), pp. 756–62.

Zhang, K.; Tay, F. (2010). *The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin*. Dental materials, Dental Materials, Volume 26 (6), pp. 514-523.

Zhang, K.; Young, K. (2010). *Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite on the structural integrity of mineralized dentin*. Journal of endodontics, Volume 36 (1), pp. 105-109.

Zou, L. *et al.* (2010). *Penetration of sodium hypochlorite into dentin*. Journal of Endodontics, Volume 36 (5), pp. 793-796.