

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MINTER/UFG/ICB/FESURV**

Denise Cristina Faria Molchan

**Influência de Soluções Irrigadoras na Limpeza e Alteração
Estrutural da Superfície Dentinária Radicular por meio de
Microscopia Eletrônica de Varredura**

**GOIÂNIA
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MINTER/UFG/ICB/FESURV**

Denise Cristina Faria Molchan

**Influência de Soluções Irrigadoras na Limpeza e Alteração
Estrutural da Superfície Dentinária Radicular por meio de
Microscopia Eletrônica de Varredura**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Biologia, Área de Concentração Biologia Celular e Molecular.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

GOIÂNIA
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFG / Setor de Catalogação e Classificação

Molchan, Denise Cristina Faria, 1976– Influência de Soluções Irrigadoras na Limpeza e Alteração Estrutural da Superfície Dentinária Radicular por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura / Denise Cristina Faria Molchan. - Goiânia, 2006

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Biologia.
MINTER-FESURV-ICB-UFG.

DENISE CRISTINA FARIA MOLCHAN

Influência de Soluções Irrigadoras na Limpeza e Alteração
Estrutural da Superfície Dentinária Radicular por meio de
Microscopia Eletrônica de Varredura

Dissertação defendida no Curso de Mestrado em Biologia Celular e Molecular do Instituto de ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 29 de Agosto de 2007, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Carlos Estrela – FO-UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Aldo Brugnera Junior – IPD –UNIVAP

Prof. Dr. Carlos de Paula e Souza– FO-UFG



DEDICATÓRIA

À minha querida filha Vitória
Cristina, minha inspiração e
fortaleza. E à “mamãe” Jane
Cristina quem sempre me
acompanhou em todos os
momentos da minha vida



AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

À Deus acima de tudo por ser o esteio de todas as nossas conquistas.

Ao professor Dr Carlos Estrela em especial por todo apoio e ajuda indispensável. Pela sua concentração e organização na execução de todo esse material.

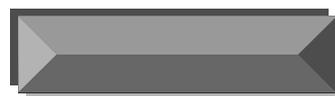
Aos colegas do primeiro Mestrado Minter Fesurv / UFG, principalmente á amiga Cíntia Yukiko dos Santos e ao amigo Gilberto Eustáquio de Ávila.

À minha ex- secretária Neide Moraes Paiva.

À professora coordenadora do mestrado Dra Simone Maria Teixeira de Sabóia–Morais pessoa competente, íntegra e sensata.

À secretária da Universidade Federal de Goiás, Marina Lago.

E aos colegas odontólogos Orlando Aguirre Guedes, Augusto César Braz Hollanda, Daniel de Almeida Decurcio e Júlio Almeida Silva.



ΕΠΙΓΡΑΦΕ

“A riqueza da experiência humana perderia uma certa alegria recompensadora se não houvesse limites a superar.”

Helen Keller



RESUMO

Estudou-se a limpeza e as alterações estruturais em canais radiculares preparados e irrigados pelo vinagre de maçã, hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina a 2% e EDTA, valendo-se de microscopia eletrônica de varredura (MEV). A limpeza e as alterações estruturais (relativas à presença de erosões) da superfície das paredes dos canais radiculares de 18 incisivos centrais superiores humanos foram analisadas considerando os seguintes scores: 1 = poucas áreas cobertas por *smear layer*, com muitos túbulos dentinários visivelmente abertos e presença de erosão; 2 = ausência de *smear layer* e presença de erosão na superfície dentinária; 3 = poucas áreas cobertas por *smear layer*, com muitos túbulos dentinários visivelmente abertos e ausência de erosão; 4 = ausência de *smear layer* e de erosão na superfície dentinária. A análise estatística foi desenvolvida por meio do teste de Kruskal-Wallis, para as comparações entre os irrigantes e para os terços dos canais radiculares. O nível de significância adotado foi de 5%. A solução de EDTA, isolada ou em combinação com as soluções irrigadoras - hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina a 2% e vinagre de maçã, promoveram uma adequada limpeza da superfície das paredes dos canais radiculares, com ausência de alteração na estrutura dentinária.

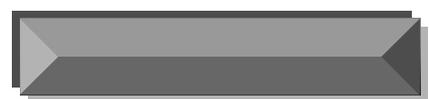
Unitermos: Solução irrigadora, hipoclorito de sódio, *smear layer*, vinagre de maçã.



ABSTRACT

It was studied the cleaning and the structural changes in prepared and irrigated root canals by the apple vinegar, 2,5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine and EDTA, through scanning electron microscopy (SEM). The cleaning and the structural changes (relative to the presence of erosions) of the surface of the root canal walls of 18 upper central incisors human teeth, it were analyzed considering the following scores: 1, few areas covered by smear layer, with many dental tubules visibly open and erosion presence; 2, absence of smear layer and erosion presence in the dental surface; 3, few areas covered by smear layer, with many dental tubules visibly open and erosion absence; 4, absence of smear layer and erosion in the dental surface. The statistical analysis was developed through the Kruskal-Wallis test, for the comparisons among the irrigants and for the thirds of the root canals. The level of significant adopted was of 5%. The solution of EDTA, isolated or in combination with the irrigants solutions - 2,5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine and apple vinegar, promoted an appropriate cleaning of the surface of the root canal walls, without of alteration in the dental structure.

Keywords: Irrigant solution, sodium hypochlorite, smear layer, apple vinegar



LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Freqüência dos escores obtidos nas interpretações das imagens obtidas por MEV.	60
Tabela 2.	Comparações entre as soluções irrigantes e os terços dos canais radiculares.	61



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Agentes irrigantes analisados.

57

SUMÁRIO

Resumo	xi
Abstract	xii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Quadros	xvii
1. Introdução	20
2. Retrospectiva da Literatura	25
3. Proposição	51
4. Material e Método	53
5. Resultados	58
6. Discussão	62
7. Conclusão	70
Referências Bibliográficas	72



INTRODUÇÃO

O esvaziamento do canal radicular tem sido muito investigado nos últimos anos, visto ser uma das etapas do tratamento endodôntico que está relacionado diretamente com o sucesso. A sanificação associa-se ao controle microbiano, sendo efetiva a partir do esvaziamento e alargamento do canal radicular em conjunto com a ação químico-mecânica (PÉCORA & ESTRELA, 2004).

As soluções irrigadoras empregadas durante o preparo do canal radicular apresentam funções essenciais no processo de sanificação, dentre as quais se destacam: facilitar a ação do instrumento endodôntico, manter a cadeia asséptica nos casos de pulpectomia, auxiliar no controle das infecções endodônticas, prevenir o possível escurecimento da estrutura coronária, remover restos orgânicos (pulpare) e inorgânicos (detritos e raspas dentinárias), liberar e ou solubilizar restos de matéria orgânica, permitir uma ação mais rápida e intensa do agente irrigante com a microbiota endodôntica, apresentar tolerância frente os tecidos periapicais. Para se lograr os objetivos descritos várias substâncias irrigantes têm sido discutidas: hipoclorito de sódio, clorexidina, detergentes, ácido etileno diaminotetraacético (EDTA), MTAD, vinagre de maçã (substância ESP), além de várias associações (BAUMGARTNER et al., 1984, 1987; BAUMGARTNER & CUENIN, 1992; PÉCORA et al., 1993; SYDNEY et al., 1996; AYHAN et al., 1999; BUCK et al., 1999, 2000, 2001; SILVA, 1999; SPRATT et al., 2001; TORABINEJAD et al., 2003; PÉCORA & ESTRELA, 2004; ESTRELA et al., 2004b; ZEHNDER, 2006; WILLIAMS et al., 2006, ESTRELA et al., 2007a,b).

O hipoclorito de sódio constitui uma importante substância irrigadora, uma vez que apresenta propriedades coadjuvantes ao processo de sanificação - eficácia antimicrobiana, a capacidade de dissolução tecidual e tolerância biológica dos tecidos periapicais em concentrações clínicas apropriadas. A clorexidina constitui outro irrigante que vem sendo muito investigada para o controle microbiano em infecções endodônticas (BYSTRÖM & SUNDQVIST, 1983, 1985, 1987; BAUMGARTNER & CUENIN, 1992; PÉCORA et al., 1993; AYHAN et al., 1999; SILVA, 1999; SPRATT et al., 2001; TORABINEJAD et al., 2003; ZEHNDER, 2006; WILLIAMS et al., 2006, ESTRELA et al., 2007b). O EDTA, introduzido na endodontia por Østby (1957), tem sido indicado com o objetivo de se remover a *smear layer* que é composta por componentes orgânicos e inorgânicos.

McComb & Smith (1975) verificaram a limpeza dos canais radiculares após instrumentação empregando o hipoclorito de sódio em concentrações de 1% e 6%; hipoclorito de sódio a 6% associado ao peróxido de hidrogênio a 3%; REDTA; RC-Prep e ácido poliacrílico a 20%, por meio da MEV. Posterior ao emprego do REDTA como medicação intracanal, observou-se superfícies dentárias livres de debris e *smear layer*. Baumgartner & Mader (1987) analisaram por meio de MEV, a capacidade de quatro soluções irrigantes em promover a limpeza de canais radiculares. O EDTA apresentou-se eficaz na remoção da camada de *smear layer* e em expor os orifícios dos túbulos dentinários. O hipoclorito de sódio removeu polpa remanescente e pré-dentina das superfícies de canais radiculares que não foram instrumentados, enquanto que o EDTA e a solução salina deixaram polpa remanescente e pré-dentina. A

combinação de hipoclorito de sódio com a solução de EDTA removeu completamente a camada de *smear layer* e a polpa remanescente de canais radiculares durante a instrumentação, e a polpa e pré-dentina das superfícies de canais radiculares não instrumentados.

Todavia, ultimamente tem sido investigado com mais cuidado as alterações estruturais das superfícies das paredes dentinárias proporcionadas pelas diferentes substâncias de uso intracanal, especialmente em decorrência destas substâncias apresentarem diferenças expressivas em suas características ácido-base (TORABINEJAD et al., 2003a,b; ESTRELA et al., 2005).

Torabinejad et al. (2003) analisaram a associação da tetraciclina, um ácido e detergente (MTAD) como agente irrigante final em 48 dentes preparados e irrigados com água destilada ou hipoclorito de sódio a 5,25%. Como solução irrigadora final foram utilizadas as seguintes substâncias: água destilada, hipoclorito de sódio a 5,25%, EDTA a 17%, ou o MTAD. A presença de *smear layer* e erosões nas superfícies do canal radicular nos terços cervical, médio e apical foram examinadas por meio de MEV. Os resultados demonstraram que o MTAD é uma solução efetiva na remoção da *smear layer*, não havendo alterações significantes de estrutura nos túbulos dentinários quando se utilizou o hipoclorito de sódio e o MTAD na irrigação dos canais radiculares.

Entre as substâncias que foram propostas recentemente para a irrigação do sistema de canais radiculares incluem o MTAD e o vinagre de maçã

(Substância ESP), além de algumas associações (TORABINEJAD *et al.*, 2003a,b; ESTRELA *et al.*, 2004b, 2007a,b).

Considerando a carência de estudos comparativos entre novos agentes irrigadores e os que foram profundamente estudados, o objetivo do presente trabalho é investigar a capacidade de limpeza de superfícies dos canais radiculares em promover alterações estruturais (erosões), valendo-se dos irrigantes como o vinagre de maçã, hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina a 2%, empregados em associação com o EDTA, por meio de MEV.



RETROSPECTIVA DA LITERATURA

Baker et al. (1975) avaliaram por meio de MEV a capacidade de limpeza das seguintes soluções irrigadoras: soro fisiológico; peróxido de hidrogênio a 3%; hipoclorito de sódio a 1%; peróxido de hidrogênio a 3% associado ao hipoclorito de sódio a 1%; Gly-Oxide; Gly-Oxide associado ao hipoclorito de sódio a 1%; RC-Prep; RC-Prep associado ao hipoclorito de sódio a 1%; EDTA a 15% e EDTA a 15% associado ao hipoclorito de sódio a 1%. Fotomicrografias foram obtidas para avaliação dos terços apical, médio e coronário dos dentes instrumentados. Os resultados mostraram que não houve diferença aparente em relação à efetividade das soluções testadas na remoção de debris do interior dos canais radiculares. Os agentes quelantes alteraram a morfologia dos túbulos dentinários, restos pulpares remanescentes e partículas de debris, além de promoverem a abertura dos túbulos dentinários. Os autores salientam que a remoção de debris está mais relacionada à quantidade de solução irrigadora do que o tipo de solução utilizada.

McComb & Smith (1975) analisaram a limpeza dos canais radiculares após instrumentação utilizando solução de hipoclorito de sódio a 1% e 6%; hipoclorito de sódio a 6% associado ao peróxido de hidrogênio a 3%; REDTA; RC-Prep e ácido poliacrílico a 20%, por meio da MEV. Constataram que o uso do REDTA (uma preparação comercial do EDTA) como solução irrigante promoveu a limpeza das paredes dentinárias. O resultado mais efetivo foi encontrado após a utilização do REDTA como medicação intracanal por 24 horas, que promoveu superfícies dentárias livres de debris e *smear layer*.

Bolanos & Jensen (1980) avaliaram por meio da MEV as técnicas escalonada e seriada, associadas à solução salina, hipoclorito de sódio e RC-

Prep, quanto à presença de detritos remanescentes no interior dos canais radiculares. A técnica de instrumentação seriada proporcionou maior acúmulo de detritos, bem como maior irregularidades das paredes dentinárias, nos terços médio e cervical em todos os casos de associações com as soluções irrigantes.

Goldberg & Spielberg (1982) avaliaram o efeito do EDTAC sobre as paredes dos canais radiculares em diferentes tempos de trabalho. Com auxílio da MEV, observaram a abertura de alguns túbulos dentinários após 5 minutos de ação do agente quelante, entretanto, o maior efeito foi detectado aos 15 minutos, com uma maior quantidade de túbulos abertos e a ausência de debris nas paredes dos canais radiculares. A utilização do EDTAC em períodos superiores a 15 minutos não aumentou o seu efeito, sendo recomendada a sua renovação no interior do canal radicular após este tempo.

Cunningham et al. (1982) compararam a capacidade de limpeza dos canais radiculares entre a instrumentação manual convencional e a ultra-sônica, utilizando dentes humanos recém extraídos. Valendo-se de cortes histológicos a níveis de 1, 2 e 3 milímetros do ápice, compararam o poder de limpeza das duas técnicas, e chegaram a conclusão de que os canais instrumentados pelo ultra-som apresentaram-se significativamente mais limpos em todos os níveis investigados.

Yamada et al. (1983) correlacionaram a instrumentação com diferentes volumes de diversas soluções irrigantes, como a solução salina (controle), o hipoclorito de sódio a 5,25%, o EDTA a 17% e 8,5%, e o ácido cítrico a 25%, por meio da MEV. Os resultados mostraram que, quando a solução salina foi

usada antes e depois da instrumentação, a presença de *debris* era grande, tanto na região coronária como na apical; quando foram empregados 20 mL de hipoclorito de sódio a 5,25% na irrigação final, a superfície das paredes do canal apresentou-se limpa e lisa. Entretanto, a fotomicrografia obtida com grande ampliação revelou a presença da camada de *smear layer* típica, de uma estrutura amorfa, preenchendo os túbulos dentinários; o uso de 20 mL de EDTA a 17% evidenciou a presença de *debris* na região apical; o uso de 20 mL de ácido cítrico a 25% apresentou resultados variáveis em função do número de canais. A associação de 10 mL de EDTA a 17% com 10 mL de hipoclorito de sódio a 5,25% revelou-se mais eficiente na remoção da camada de *smear layer*, apresentando inclusive grande eficiência na remoção de *debris* superficiais. Além disso, as fotomicrografias mostram uma real limpeza do canal principal na região apical, porém com pequena quantidade de *debris* nos túbulos dentinários; uma segunda combinação, de 10 mL de EDTA a 8,5% seguida por 10 mL de hipoclorito de sódio a 5,25%, também se mostrou eficiente na remoção da camada de *smear layer*. Porém, essa combinação não foi tão eficiente quanto a anterior. As fotomicrografias mostraram inclusive a presença de cristais.

Brancini et al. (1983) analisaram o poder de limpeza de algumas soluções irrigantes, com o auxílio da MEV. Utilizaram, para essa investigação, 26 caninos humanos recém-extraídos. Os canais foram instrumentados e irrigados com as seguintes soluções: EDTA, ácido cítrico a 1,0%, Tergentol, Dehyquart A e solução de Dakin. Após esses procedimentos, os dentes foram seccionados longitudinalmente e preparados para análise em microscópio de

varredura. A eficiência de limpeza das soluções irrigantes obedeceu à seguinte ordem decrescente: EDTA, ácido cítrico, Dehyquart A, Tergentol e solução de Dakin. Não foi constatada diferença estatística em relação ao poder de limpeza das soluções irrigantes nos terços cervical, médio e apical.

Goldberg et al. (1984) compararam, por meio da MEV, as ações das soluções de EDTAC e Salvizol sobre as paredes do canal radicular. O tempo de ação para cada solução foi de 15 minutos. Os resultados demonstraram que a solução de EDTAC possui uma maior capacidade de remover a camada de *smear layer* das paredes do canal radicular do que a solução Salvizol.

Baumgartner et al. (1984) avaliaram a capacidade de limpeza de diferentes soluções irrigantes após a instrumentação endodôntica. Utilizaram solução salina a 0,9%; hipoclorito de sódio a 5,25%; ácido cítrico a 50%; hipoclorito de sódio a 5,25% combinado com ácido cítrico e hipoclorito de sódio a 5,25% na recapitulação final. Na avaliação por meio de MEV dos terços médio e apical, não houve diferença significativa na remoção de debris superficial do terço médio dos canais radiculares entre as soluções avaliadas. O hipoclorito de sódio a 5,25% foi significativamente melhor que o ácido cítrico a 50% na remoção superficial de debris do terço apical dos canais radiculares. A recapitulação final com um instrumento associado ao uso do hipoclorito de sódio a 5,25%, após o completo preparo do canal radicular, aumentou a quantidade de debris superficiais nos terços médio e apical do canal radicular. O hipoclorito de sódio a 5,25% sozinho não conseguiu remover totalmente a *smear layer*. Ácido cítrico sozinho ou combinado com o hipoclorito de sódio foi mais efetivo que o hipoclorito de sódio na remoção da *smear layer*.

Mader et al. (1984) investigaram por meio do microscópio eletrônico de varredura as características morfológicas da *smear layer* em dentes instrumentados endodonticamente com limas tipo K e irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25%. Observaram que a *smear layer* resultante da instrumentação endodôntica apresentava dois componentes confluentes: uma fina camada sobre a superfície das paredes dentinárias com espessura de aproximadamente 1 a 2µm, e o material que se apresentava impactado no interior dos túbulos dentinários em profundidade variando até 40µm.

Baumgartner & Mader (1987) verificaram, por meio da MEV, a capacidade de quatro soluções irrigantes em promover a limpeza de canais radiculares. Eles constataram que a camada de *smear layer* estava presente nas superfícies de canais radiculares irrigados com solução salina e com hipoclorito de sódio. O EDTA apresentou-se eficaz na remoção da camada de *smear layer* e em expor os orifícios dos túbulos dentinários. O hipoclorito de sódio removeu polpa remanescente e pré-dentina das superfícies de canais radiculares que não foram instrumentados, enquanto que o EDTA e a solução salina deixaram polpa remanescente e pré-dentina. A combinação de hipoclorito de sódio com a solução de EDTA removeu completamente a camada de *smear layer* e a polpa remanescente de canais radiculares durante a instrumentação, e a polpa e pré-dentina das superfícies de canais radiculares não instrumentados.

Ciucchi et al. (1989) compararam a eficiência de diferentes procedimentos de irrigação na remoção da camada de *smear layer* por meio da MEV. Foram utilizados nos experimentos 40 canais curvos preparados

manualmente *in vitro* e irrigados copiosamente com hipoclorito de sódio a 3%. Dez canais foram usados como controle. Os 30 restantes foram distribuídos em três grupos que foram subseqüentemente irrigados do seguinte modo: ultra-som com hipoclorito de sódio, EDTA, e ultra-som com EDTA. A irrigação com hipoclorito de sódio deixou camada de *smear layer* nas paredes dos canais radiculares. O uso do aparelho de ultra-som com hipoclorito de sódio removeu moderadamente essa camada, enquanto que a irrigação com EDTA produziu, quase sempre, superfícies livres de *smear layer*. A associação do uso de EDTA com ultra-som não aumentou a capacidade do agente quelante em remover a camada de *smear layer*.

Gengiz et al. (1990) investigaram *in vitro* e por meio de MEV a capacidade da remoção da camada de *smear layer* proporcionada pelas seguintes soluções: salina, EDTA a 15% e do EDTA a 15% seguido de irrigação de hipoclorito de sódio a 5,25%. Eles utilizaram 20 mL de cada solução irrigante, sendo que para a irrigação com EDTA seguida de hipoclorito de sódio, utilizaram 10 mL de cada solução com o objetivo de manter a mesma quantidade de líquido irrigante. Essa investigação possibilitou as seguintes conclusões: a) a camada de *smear layer* é formada durante a instrumentação dos canais radiculares; b) a irrigação do canal radicular com a solução de EDTA seguida da irrigação com a solução de hipoclorito de sódio possibilitou a obtenção de canais radiculares com menos *smear layer* do que quando irrigados somente com EDTA.

Mandel et al. (1990) testaram três técnicas de instrumentação: manual seriada, ultra-sônica e Canal Finder, empregadas em raízes distais de molares

inferiores humanos, quanto sua capacidade de limpeza. Após avaliarem em MEV, observaram que nenhuma das técnicas foi capaz de remover por completo os detritos do interior dos canais radiculares, permanecendo áreas recobertas por *smear layer* e sem instrumentação.

Brosco et al. (1991) verificaram a capacidade de limpeza promovida pela técnica de instrumentação bioescalonada isolada ou coadjuvada pelo ultrassom, e utilizaram 20 incisivos preparados por ambas as técnicas e observados em microscopia óptica em dois níveis: ao nível do limite apical de instrumentação (3mm aquém do ápice radicular) e o outro 1mm aquém do ápice radicular. A instrumentação ultra-sônica aumentou a capacidade de limpeza dos canais radiculares, além dos limites de instrumentação removendo detritos retidos na luz do canal e em suas paredes durante a instrumentação.

Hollanda-Pinto et al. (1991) avaliaram por meio da MEV a eficiência de limpeza das técnicas de instrumentação manual, ultra-sônica e combinação de ambas, trabalhando em caninos humanos. Utilizaram na técnica manual, a técnica escalonada cujo instrumento de memória era o de número 40 e o instrumento final o de número 60. Para a instrumentação ultra-sônica, utilizaram-se limas 15, 20 e 25 do tipo K-Flex, energizadas durante 1,5 minutos. Segundo a metodologia empregada e resultados obtidos, a eficiência de limpeza proporcionada pelas duas técnicas de instrumentação tem a seguinte ordem crescente: manual com ultra-som final, ultra-sônica e manual.

Baumgartner & Cuenin (1992), com auxílio da MEV, pesquisaram a capacidade de debridamento do hipoclorito de sódio nas concentrações 0,5%; 1,0%; 2,5% e 5,0%, em superfícies instrumentadas e não-instrumentadas, nos

terços médios de pré-molares superiores. Os canais radiculares foram instrumentados apenas na parede vestibular ou lingual, e com o uso do hipoclorito de sódio nas concentrações a 1%; 2,5% e 5,25% os remanescentes pulpares e pré-dentina foram completamente removidos das superfícies dos canais radiculares não-instrumentadas. Utilizando o irrigante a 0,5% houve remoção da maioria dos remanescentes pulpares e pré-dentina de superfícies não-instrumentadas, com a presença de algumas fibrilas. Em todas as superfícies instrumentadas observaram a presença de *smear layer* com alguns túbulos dentinários abertos, indiferente à concentração da solução empregada.

Lumley et al. (1993) investigaram a capacidade de remoção de *debris* e *smear layer* do interior de canais de pré-molares inferiores, comparando a técnica ultra-sônica, com a sônica. Através da análise em MEV, nenhuma das técnicas foi capaz de limpar completamente as paredes dos canais instrumentados, não havendo diferença significativa entre as duas.

Aktener & Bilkay (1993) investigaram, por meio da MEV, o efeito do EDTA e de uma mistura de EDTA com etilenodiamina sobre a remoção da camada de *smear layer*, durante a instrumentação dos canais radiculares. A mistura do EDTA com o solvente orgânico etilenodiamina favoreceu a remoção da camada de *smear layer*, pois enquanto o EDTA atuou nos componentes inorgânicos, o etilenodiamino atuou sobre os componentes orgânicos do magma dentinário.

Nishiyama & Garcia (1993) compararam as técnicas de instrumentação escalonada regressiva, do canal finder e canal master "U", quanto à limpeza dos canais radiculares. Foram utilizados quarenta caninos superiores humanos,

com imagens radiográficas confirmando uma única raiz, com volumes constantes e com suas paredes sendo preenchidas com corantes antes de instrumentados. Os dentes foram divididos em grupos e preparados, sendo seccionados longitudinalmente em duas partes, e avaliados macroscopicamente de três maneiras: global, metade cervical e metade apical do canal. Os resultados obtidos mostraram que a técnica de instrumentação escalonada regressiva apresentou melhores resultados comparada as outras duas, em todas as avaliações realizadas.

Costa et al. (1994) analisaram a capacidade de limpeza dos terços médio e apical em canais radiculares, comparando dois métodos diferentes de utilização do aparelho ultra-sônico, onde se alternava a profundidade de instrumentação, 2mm aquém ou no comprimento de trabalho. O terço apical teve melhor qualidade de limpeza, empregando o ultra-som em todo comprimento de trabalho, já no terço médio não houve diferença significativa entre os dois métodos avaliados, apresentando resultados melhores que no terço apical.

Garberolio & Bece (1994) compararam a capacidade de limpeza por meio da MEV das seguintes soluções: hipoclorito de sódio a 1 e 5%; ácido fosfórico a 24% associado ao ácido cítrico a 10% e EDTA a 0,2; 3 e 17%. As soluções hipoclorito de sódio a 1 e 5% não removeram por completo a camada de *smear layer*, enquanto que o EDTA a 0,2% mostrou-se mais efetivo que estas. No entanto, não foi capaz de remover por completo a *smear layer plug* localizada nos orifícios dos túbulos dentinários. O ácido fosfórico a 24% associado ao ácido cítrico a 10% e EDTA a 3 e 17% removeram efetivamente a

smear layer, mas nenhuma diferença significativa foi encontrada entre estas soluções.

Dautel-Morazin et al. (1994) observaram a influência dos procedimentos de irrigação por meio de MEV, utilizando imagem eletrônica secundária para examinar superfícies características, e imagem eletrônica retrodispersa para determinar a composição organo-mineral da *smear layer*. Grupos de dentes foram instrumentados sem irrigação; irrigados com soro fisiológico ou hipoclorito de sódio a 0,5%. A instrumentação sem irrigação produziu uma camada espessa de *smear layer* que se apresentou como uma massa compacta de componentes orgânicos e inorgânicos. Quando utilizado o hipoclorito de sódio a 0,5%, uma quantidade menor de *smear layer* comparado ao soro fisiológico estava presente nas paredes dos canais radiculares, sendo este predominantemente inorgânico.

Kataia et al. (1995) compararam duas técnicas de instrumentação rotatória, uma usando o sistema Canal Finder e outra usando limas de níquel-titanium, em raízes méso-vestibulares de molares superiores humanos recém extraídos, usando como solução irrigante a associação de EDTA a 17% e hipoclorito de sódio a 5,25% nos dois grupos. Após a instrumentação, estas raízes foram seccionadas longitudinalmente e analisadas em microscópio eletrônico de varredura, com imagens computadorizadas, chegando à conclusão de que a técnica de instrumentação, usando limas de níquel-titanium, foi mais eficiente na remoção de *smear layer* do interior dos canais radiculares.

Wu & Wesselink (1995) analisaram três técnicas de instrumentação, quanto à capacidade de limpeza da porção apical: *Step-Back*, *Crown-Down* e *Balanced-Force*, irrigados com hipoclorito de sódio a 2% em raízes mesio-vestibulares de molares, com curvaturas de 25 graus. Os resultados indicaram que a porção apical era a que mais continha quantidade de *debris* e *smear layer* em comparação a porção média e cervical, em todas as técnicas, sendo que a *Balanced-Force* produziu melhores resultados.

Ferrer Luque et al. (1996) compararam a técnica ultra-sônica com a sônica na instrumentação de canais radiculares quanto a capacidade de remoção do *smear layer* de seus interiores, tendo como soluções irrigantes, ácido cítrico nas concentrações de 10, 25 e 50%, na técnica sônica e 1, 2,5 e 5,25% de hipoclorito de sódio mais peróxido de hidrogênio a 10 volumes na técnica ultra-sônica. Nenhuma das técnicas foi eficaz na remoção total da *smear layer* do interior dos canais radiculares.

Valli et al. (1996) avaliaram a limpeza dos canais radiculares em incisivos centrais superiores humanos recém extraídos, por meio de MEV, analisadas através de imagens computadorizadas, após serem divididos em dois grupos. Os dentes foram instrumentados com a técnica de Canal Master e instrumentação com limas tipo K, para avaliar a capacidade destas duas técnicas em limpar as paredes dos canais radiculares, observando que nenhuma das duas técnicas foi capaz de remover completamente a *smear layer* do interior dos canais radiculares, apesar da técnica do Canal Master ter obtido melhores resultados.

Berutti & Marini (1996), por meio da MEV, compararam a ação de limpeza do hipoclorito de sódio a 5% em diferentes temperaturas (21°C e 50°C) sobre as paredes dos canais radiculares. No terço médio, com hipoclorito de sódio a 50°C, a camada de *smear layer* apresentou-se mais fina, constituída de partículas menos bem organizadas do que quando foi utilizado a 21°C. No terço apical a camada de *smear layer* mostrou-se quase da mesma espessura, embora as partículas estivessem mais finas quando o hipoclorito de sódio foi usado a 50°C.

Harashima et al. (1997) analisaram o efeito do laser tipo Nd: YAG, na limpeza e remoção do *smear layer* do interior de canais radiculares, após sofrerem preparos químicos-mecânicos, testando dois tipos de parâmetros de potência, 1W, 20 pps e 2W, 20 pps. Analisando-os em microscópio eletrônico com imagens computadorizadas, os autores observaram que o laser de Nd: YAG, na potência de 2W e 20 pps, foi eficaz na evaporação do *smear layer* contido dentro dos canais radiculares examinados.

Heard & Walton (1997) verificaram, por meio da MEV, as técnicas de preparo do canal radicular: Step-Back com prévia dilaceração cervical, Step-Back sem prévia dilaceração cervical, Step-Back com dilaceração prévia e irrigação final com ultra-som e por fim, usando apenas o ultra-som. Oitenta canais de molares humanos foram divididos em 4 grupos de 20 dentes cada. A remoção de *debris* e *smear layer* nos níveis apical, médio e cervical foi observada. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre as técnicas, em qualquer um dos níveis avaliados, sendo que todas as técnicas

limparam melhor o nível médio e nenhuma técnica testada removeu completamente o *smear layer* do interior dos canais radiculares.

Hulsmann et al. (1997) avaliaram 9 técnicas diferentes de instrumentações automatizadas: Endoplaner, Excalibur, Giromatic, Intra-Endo 3-LDSY, Canal Finder System, Canal Leader 2000, Endolift, Ultra-som Piezon Master 400 com H₂O₂ a 5% como agente irrigante e outro grupo com hipoclorito de sódio a 1% e uma técnica manual utilizando limas Hedström. Avaliou-se 150 incisivos inferiores humanos recém extraídos, divididos em dez grupos de 15 dentes cada. Depois de instrumentados, os dentes foram cortados longitudinalmente e examinados em MEV, sendo que nenhuma das técnicas resultou na remoção completa da *smear layer* do interior dos canais radiculares, e as técnicas com ultra-som foram as que conseguiram melhores resultados.

Siqueira et al. (1997) analisaram a eficácia de cinco métodos de instrumentação do canal radicular, com relação a limpeza do terço apical de raízes mesio-vestibulares de molares superiores humanos recém extraídos, por meio de microscopia óptica. As técnicas utilizadas foram: *Step-Back* com limas de aço; *Step-Back* com limas de níquel-titânio; ultra-sônica; *Balanced Force* e canal master U. Não houve diferença estatística entre as técnicas.

Blum & Abadie (1997) avaliaram quatro técnicas de instrumentação, quanto à capacidade de limpeza dos canais radiculares. Foram utilizadas cinquenta raízes palatinas de molares superiores, divididos em cinco grupos: I. instrumentação manual; II. preparo com laser (Nd: YAG); III. instrumentação manual, associada ao uso do laser; IV. instrumentação manual, associada ao

uso de instrumento sônico (MM 3000) e V. instrumentação manual associada ao uso de instrumentos sônicos e laser. As paredes dos canais foram avaliadas por meio da MEV. A técnica V, que usou a associação das três diferentes técnicas, foi a que apresentou melhores resultados, com menor presença de *debris* e túbulos dentinários mais abertos. A técnica II não apresentou dilatação do canal, com muita presença de *debris*. Não houve diferença estatística entre as técnicas I, III e IV.

Liolios et al. (1997) avaliaram, por meio de MEV, a capacidade de limpeza de três soluções irrigantes após o preparo manual e mecânico (Endolift e Endocursor) dos canais radiculares. As soluções irrigantes testadas foram: Largal Ultra, que contém EDTA a 15%; Tubulicid Plus, que contém EDTA a 3%; e ácido cítrico a 50%. Não houve diferença significativa na *smear layer* produzida pelos dois métodos de instrumentação. O uso das soluções Largal Ultra e Tubulicid Plus removeu quantidades consideráveis de *smear layer* independente do método de instrumentação. Por outro lado, a solução de ácido cítrico a 50% removeu somente parte da *smear layer*.

Braguetto et al. (1997), com o auxílio da microscopia óptica e análise morfométrica, compararam a capacidade de limpeza promovida pelas soluções de Dakin, EDTA a 15%, mistura das soluções de Dakin e EDTA a 15% na proporção 1:1 e pelo uso alternado destas soluções, durante a instrumentação dos canais radiculares. A análise estatística dos resultados evidenciou que o uso da solução de Dakin misturado ou alternado com a solução de EDTA a 15% possibilitou canais radiculares com menor porcentagem de detritos do que com o uso das demais soluções utilizadas isoladamente. Nenhuma das

soluções irrigantes testadas possibilitou a ausência completa de detritos no interior dos canais radiculares. Os terços apicais e médios apresentaram-se estatisticamente semelhantes quanto à porcentagem de detritos encontrada, independente da solução irrigante empregada.

Harashima et al. (1998) analisaram a eficiência do laser de argônio na remoção de *debris* e *smear layer* das paredes dos canais radiculares, previamente instrumentados, de 12 molares superiores humanos recém-extraídos, divididos em dois grupos de seis dentes cada. O primeiro grupo foi usado como controle, não sofrendo irradiação pelo laser. O segundo grupo sofreu irradiação de 1W, 5Hz e frequência de pulso de 0,05 segundos. Logo após os dentes foram seccionados longitudinalmente e observados por meio de MEV, onde o grupo controle apresentava-se com seus túbulos dentinário obliterados por uma camada de *smear layer* remanescente, e o grupo irradiado pelo laser, apresentava-se livre de *smear layer* e com seus túbulos dentinários abertos. O uso do laser de argônio, no interior de canais radiculares previamente instrumentados, foi eficiente na remoção da *smear layer* de suas paredes.

Takeda et al. (1998) analisaram a efetiva remoção de *smear layer* com o uso de três tipos de laser: Argon Laser (1W, 50 mJ e 5Hz), Nd: YAG (2W, 200 mJ e 20Hz) e Er: YAG (1W, 100 mJ e 10Hz), após o preparo do canal radicular com a técnica manual *Step-Back*. Após cortarem os dentes longitudinalmente e analisarem em MEV, os autores observaram que a irradiação com laser de Er: YAG se mostrou mais efetiva na remoção de *smear layer* das paredes do canal radicular do que os outros dois tipos.

Takeda et al. (1998) analisaram a eficiência do uso do laser de Er: YAG, na remoção de *debris* e *smear layer* nas paredes de canais radiculares após terem sido instrumentados. Trinta e seis incisivos inferiores humanos foram divididos em três grupos de doze, sendo um usado como controle, o segundo irradiado com o laser a uma potência de 1W, 100 mJ, 10 Hz por 3 segundos, e o terceiro grupo com a mesma potência, porém num período de 5 segundos. Os dentes foram analisados por meio de MEV. O uso do laser Er:YAG no interior dos condutos radiculares já instrumentados foi eficiente na remoção de *debris* e *smear layer*. No grupo controle, havia uma grande quantidade de *smear layer* no interior dos condutos radiculares, obstruindo os túbulos dentinários. Já nos dois grupos irradiados com laser Er:YAG, os canais radiculares se apresentavam livres de *smear layer*.

Takeda et al. (1999) dividiram aleatoriamente sessenta pré-molares humanos recém extraídos, em cinco grupos de doze dentes cada. Todos os grupos foram instrumentados com a técnica manual *Step-Back* e irrigados durante o preparo com hipoclorito de sódio a 5,25% e peróxido de hidrogênio a 3% alternadamente. O grupo 1 foi irrigado ao final com EDTA a 17%, o grupo 2 com ácido fosfórico a 6%, o grupo 3 com ácido cítrico a 6%, o quarto grupo sofreu irradiação com laser de CO₂ e o quinto grupo irradiado com laser Er:YAG. Todos os dentes foram seccionados longitudinalmente e examinados em MEV. Os resultados mostraram que apenas o quinto grupo apresentou túbulos dentinários abertos, livres de *smear layer*, nos terços médio e apical.

Bertrand et al. (1999) avaliaram o aparelho rotatório, Quantec Serie 2000, com limas de nickel-titânio, quanto a capacidade de produzir paredes dos

canais radiculares livres de *smear layer*, comparado a técnica de instrumentação manual, Convencional e *Step-Back*. Todas as técnicas testadas utilizaram como solução irrigante, hipoclorito de sódio a 3%. Os canais foram observados em MEV, nos terços cervical, médio e apical, classificados em uma escala de quantidade de *smear layer*. Os resultados mostraram que o grupo que utilizou o sistema de instrumentação Quantec produziu melhores resultados, comparado as outras técnicas, apresentando resultados semelhantes no terço médio e apical.

Bonini (2000) estudou a capacidade de limpeza dos canais radiculares, por meio da avaliação histológica e análise morfométrica, comparando quatro diferentes técnicas de instrumentação, sendo três manuais e uma ultra-sônica. Foram utilizados 20 dentes, incisivos centrais superiores humanos, divididos em quatro grupos de cinco dentes cada. No primeiro grupo foi utilizada a técnica de instrumentação Convencional. No segundo, a técnica *Step-Back* e no terceiro, a técnica *Crown-Down*, todas com o uso de limas tipo K. O quarto grupo utilizou a técnica de instrumentação ultra-sônica, com limas ultra-sônicas também do tipo K. Em seguida, os dentes foram analisados por meio de microscopia ótica para a determinação da porcentagem da área da secção transversal do canal radicular com detritos. A análise estatística dos resultados evidenciou que todas as comparações duas a duas entre as técnicas de instrumentação apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade. Dessa forma, pode-se ordenar as técnicas de instrumentação em ordem decrescente quanto à capacidade de limpeza do canal radicular: *Crown-Down*, *Step-Back*, Ultra-Sônica e Convencional. O

estudo mostrou não haver diferença estatisticamente significativa, quanto aos terços médio e apical examinados, sendo que nenhuma das técnicas foi capaz de proporcionar canais livres de detritos.

Scelza et al. (2000), com auxílio da MEV, avaliaram a capacidade de limpeza dos canais radiculares utilizando diferentes volumes e associações de soluções irrigantes, sendo: 10 mL de hipoclorito de sódio a 1% , de ácido cítrico a 10% e de água destilada; 15 mL de hipoclorito de sódio a 0,5% e de EDTA-T a 15%; 10 mL de hipoclorito de sódio a 5%, de peróxido de hidrogênio a 3% e de hipoclorito de sódio a 5%. Todas as propostas de irrigação evidenciaram a abertura dos túbulos dentinários nos terços cervicais, seguidos pelos terços médios e apicais dos canais radiculares. A irrigação com hipoclorito de sódio a 5% e peróxido de hidrogênio a 3% apresentou menor eficiência sendo que não houve diferença estatística significativa entre as outras propostas avaliadas.

Çalt & Serper (2000) compararam, por meio de MEV, o efeito das soluções quelantes EDTA e EGTA na remoção de *smear layer* das paredes dentinárias. Após a instrumentação, os canais radiculares foram irrigados com solução de EDTA a 17% ou EGTA a 17% por um período de 2 minutos, e finalizados com a irrigação de hipoclorito de sódio a 5%. O EDTA removeu completamente a *smear layer*, porém, os túbulos dentinários apresentavam erosões. O EGTA foi efetivo na remoção de *smear layer* sem causar erosão nos túbulos dentinários.

O'Connell et al. (2000), também utilizando a MEV, avaliaram a capacidade de limpeza de diferentes soluções de EDTA em canais radiculares: EDTA dissódico a 15% (pH 7.1; ajustado com hidróxido de sódio); EDTA

tetrassódico a 15% (pH 7.1; ajustado com ácido clorídrico) e EDTA tetrassódico a 25% (pH 7.1; ajustado com ácido clorídrico). Observaram que as três soluções testadas, quando utilizadas alternadamente com o hipoclorito de sódio a 5,25%, removeram toda camada de *smear layer* presente nos terços médio e cervical dos canais instrumentados. Quando utilizadas isoladamente, as soluções de EDTA não foram efetivas na remoção de *smear layer* dos terços radiculares instrumentados.

Chaves (2002) avaliou *in vitro* a presença de detritos nas paredes dentinárias após a instrumentação com hipoclorito de sódio a 1%, EDTAC a 17%, gel de clorexidina a 2% e gel de mamona, com auxílio da MEV. Fotomicrografias dos terços médio e apical foram avaliadas após o preparo dos canais radiculares. Os resultados mostraram que a mistura das soluções EDTAC a 17% com hipoclorito de sódio a 1% foi capaz de remover por completo a *smear layer* das paredes dentinárias, produzida durante a instrumentação endodôntica. Hipoclorito de sódio a 1% e os géis de clorexidina a 2% e de mamona não foram eficientes na limpeza dos canais radiculares, mostrando-se estatisticamente similares. Não houve diferença estatística significativa entre os terços médio e apical dos canais radiculares quanto à remoção da *smear layer*, independentemente da substância auxiliar utilizada no preparo químico-mecânico dos canais radiculares.

Marchesan (2002) avaliou 30 raízes palatinas de molares superiores foram por meio da microscopia óptica após a instrumentação rotatória com o Sistema ProFile .04 isolado e/ou associado à irradiação laser de Er:YAG. A análise estatística demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa

entre as técnicas utilizadas ($p>0,05$). O mesmo teste evidenciou diferença estatisticamente significativa entre os terços radiculares estudados, indicando que o terço médio apresentou menor quantidade de detritos que o terço apical.

Lim et al. (2003) avaliaram a efetividade do Glyde File Prep utilizado em conjunto com a irrigação com hipoclorito de sódio na remoção da *smear layer*. Trinta e nove dentes humanos extraídos unirradiculares foram utilizados, divididos em 3 grupos de 13 dentes cada: 1) 0,5 mL de hipoclorito de sódio a 1% após cada lima, e uma irrigação final com 10 mL de hipoclorito de sódio a 1%; 2) 0,5 mL 0,5 mL de hipoclorito de sódio a 1% após cada lima, e uma irrigação final com 10 mL de EDTA a 17%; 3) Glyde File Prep associado a cada lima utilizada, irrigado a cada troca de instrumento com hipoclorito de sódio a 1% e irrigação final com 10 mL de hipoclorito de sódio a 1%. Os dentes foram seccionados longitudinalmente e avaliados por MEV. Os canais radiculares tratados com Glyde File Prep ou EDTA apresentaram-se mais limpos que aqueles tratados apenas com hipoclorito de sódio. A região apical normalmente apresentou maior quantidade de *debris*, entretanto com diferença não significativa.

Torabinejad et al. (2003) investigaram a associação da tetraciclina, um ácido e detergente (MTAD) como agente irrigante final em dentes preparados endodonticamente. Quarenta e oito dentes humanos unirradiculares extraídos tiveram seus canais radiculares preparados, utilizando-se como solução irrigante água destilada ou hipoclorito de sódio a 5,25%. Como solução irrigadora final, foram utilizadas as seguintes substâncias: água destilada, hipoclorito de sódio a 5,25%, EDTA a 17%, ou o MTAD. A presença de *smear*

layer e erosões nas superfícies do canal radicular nos terços cervical, médio e apical foram examinadas por meio de MEV. Os resultados demonstraram que o MTAD é uma solução efetiva na remoção da *smear layer*, não havendo alterações significantes de estrutura nos túbulos dentinários quando se utilizou o hipoclorito de sódio e MTAD na irrigação dos canais radiculares.

Foschi et al. (2004) compararam dois instrumentos rotatórios de níquel-titânio no preparo de canais radiculares. Vinte e quatro dentes humanos extraídos foram divididos em dois grupos: Mtwo e ProTaper. A irrigação foi realizada com hipoclorito de sódio a 5%, peróxido de hidrogênio a 3% e EDTA a 17% após troca de cada instrumento. Os três terços (cervical, médio e apical) do canal radicular foram analisados por meio de MEV. Não houve diferença estatística entre os instrumentos utilizados; o terço apical apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos terços cervical e médio.

Scelza et al. (2004) avaliaram o efeito do EDTA-T, EDTA a 17% e ácido cítrico a 10% na remoção da *smear layer* presente nos canais radiculares após irrigação final por 3, 10 ou 15 minutos. Noventa dentes humanos extraídos unirradiculares foram divididos em 9 grupos, variando a solução irrigadora e o tempo de irrigação final. Ao final da irrigação, os dentes foram seccionados e analisados por MEV para determinar o número de túbulos dentinários abertos. Houve melhores resultados quando a irrigação foi realizada com ácido cítrico a 10% por 3 minutos comparados a 10 ou 15 minutos, e quando se utilizou EDTA por 3 minutos quando comparado a 15 minutos. Em todos os casos, a irrigação por 3 minutos apresentou o maior número de túbulos abertos, sendo todas as soluções irrigadoras eficazes.

Crumpton et al. (2005) investigaram o volume de EDTA a 17% necessário para remover eficientemente a *smear layer* após instrumentação rotatória dos canais radiculares, e se a irrigação final tem algum efeito adicional na remoção de debris. Quarenta dentes unirradiculares foram preparados com instrumentos Profile GT, e os grupos experimentais irrigados com 1, 3 ou 10 mL de EDTA a 17% por 1 minuto, seguido de irrigação final com 3 mL de hipoclorito de sódio a 5,25%. As amostras foram analisadas por MEV. Não houve diferença estatística entre os grupos no que diz respeito à remoção de debris ou *smear layer*. Um volume maior do que 1 mL de EDTA não melhorou a remoção de debris. A remoção eficiente de *smear layer* foi obtida pela irrigação com EDTA a 17% seguida por 3 mL de hipoclorito de sódio a 5,25%.

Teixeira et al. (2005) verificaram, por meio de MEV, a influência do tempo de irrigação com EDTA e hipoclorito de sódio na remoção da *smear layer* intracanal. Vinte e um dentes humanos permanentes extraídos unirradiculares foram instrumentados e, ao final do preparo, irrigados com 3 mL de EDTA a 15% por 1 minuto (grupo 1), 3 minutos (grupo 2) e 5 minutos (grupo 3). Os dentes do grupo 4 (controle) não receberam irrigação final. Os dentes foram seccionados longitudinalmente e analisados em seus terços cervical, médio e apical. Todos os dentes dos grupos experimentais tiveram a *smear layer* dos terços cervical e médio completamente removida, sendo que no terço apical a superfície dentinária apresentava-se parcialmente coberta, principalmente no grupo 1. Entretanto, esta diferença entre os grupos experimentais não foi significativa estatisticamente.

Parez-Heredia et al. (2006) analisaram a capacidade de limpeza de três soluções irrigadoras ácidas após o preparo manual e automatizado dos canais radiculares. Oitenta dentes humanos foram divididos em 8 grupos. Quatro grupos foram preparados com instrumentos manuais e os outros quatro com instrumentos Protaper. As soluções irrigadoras testadas foram: ácido cítrico a 15% associado a hipoclorito de sódio a 2,5%; EDTA a 15% associado ao hipoclorito de sódio a 2,5%; ácido ortofosfórico a 5% associado ao hipoclorito de sódio a 2,5%; e hipoclorito de sódio a 2,5% apenas como controle. As paredes dos canais radiculares foram analisadas por MEV, nos terços cervical, médio e apical. As soluções ácidas associadas ao hipoclorito de sódio foram eficazes em eliminar a *smear layer*, e não houve diferença entre técnicas de preparo. Entretanto, o hipoclorito de sódio apenas não foi capaz de remover debris presentes nas paredes radiculares.

Khademi et al. (2006) estudaram o limite de instrumentação mínimo necessário para uma penetração adequada das soluções irrigantes e eliminação de debris e *smear layer* no terço apical dos canais radiculares. Os canais méso-vestibulares de 40 molares inferiores humanos recém-extraídos foram preparados pela técnica cervico-apical. Os dentes foram divididos em 4 grupos experimentais de acordo com a lima memória (n^{os} 20, 25, 30 e 35), e dois grupos controle. Após a irrigação final, a remoção de debris e *smear layer* do terço apical foi determinada por meio de MEV. De acordo com os resultados, a instrumentação mínima necessária para penetração de soluções irrigadoras é um instrumento de número 30.

Tinaz et al. (2006) compararam a capacidade de remoção da *smear layer* pelo EDTA aplicado com ultra-som ou ativado por instrumento endodôntico. Doze dentes unirradiculares humanos extraídos foram preparados até instrumento nº 40, divididos em 4 grupos de acordo com a irrigação final: A) EDTA agitado com instrumento manual por 1 minuto; B) EDTA aplicado com ultra-som por 1 minuto; C) irrigação de EDTA associado ao hipoclorito de sódio (grupo controle negativo); D) irrigação com água destilada (grupo controle negativo). Os dentes foram seccionados longitudinalmente e avaliados por MEV. A utilização do EDTA, agitado tanto por instrumento manual quanto por ultra-som, obteve sucesso na remoção da *smear layer*, sem diferenças estatísticas significantes.

Marques et al. (2006) estudaram, por meio de MEV, a remoção de *smear layer* e quantificaram, por espectrofotometria de absorção atômica, a quantidade de íons cálcio presentes nas soluções quelantes após seu uso. Dezesesseis caninos extraídos foram instrumentados pela técnica escalonada e divididos em 3 grupos de acordo com a solução irrigadora utilizada: G1) 1 mL de EDTAC a 17% entre cada instrumento; G2) 1 mL de CDTA a 17%; G3) 1 mL de EGTA a 17%. As soluções foram coletadas logo após o uso, e os dentes clivados longitudinalmente, e avaliados por MEV. A análise estatística demonstrou que os grupos 1 e 2 apresentaram menor quantidade de *smear layer* que o grupo 3 ($p < 0,01$). A análise das soluções coletadas mostrou uma quantidade maior de íons cálcio nas soluções EDTAC e CDTA que no EGTA.

Lui et al. (2007) compararam a eficácia *in vitro* do *smear layer* Clear (solução de EDTA a 17% com surfactantes) e o EDTA a 17%, com e sem o uso

do ultra-som, na remoção da *smear layer*. Foram preparados 75 dentes extraídos, distribuídos em 5 grupos, com instrumentos Profile e submetidos a diferentes tipos de irrigação final: A - hipoclorito de sódio a 1%; B - EDTA a 17%; C - EDTA a 17% com ultra-som; D - Smear Clear; E - Smear Clear com ultra-som. A remoção de debris e *smear layer* foi analisada por MEV. A análise estatística demonstrou que os grupos D e E não obtiveram melhores resultados que os grupos B e C. A adição de surfactantes ao EDTA não melhorou suas propriedades de remoção de debris, entretanto a associação do EDTA ao ultra-som aumentou a remoção de *smear layer*.

Naaman et al. (2007) avaliaram a capacidade de eliminação de debris e *smear layer* do hipoclorito de sódio a 5,25% após a remoção do hidróxido de cálcio do canal radicular, e determinar se o EDTA e ácido cítrico têm ação adicional. Trinta e seis dentes unirradulares foram divididos em 3 grupos, de acordo com a solução irrigadora empregada: hipoclorito de sódio a 5,25% apenas; hipoclorito de sódio a 5,25% associado ao EDTA a 17%; e hipoclorito de sódio a 5,25% e ácido cítrico a 50%. Todos os canais radiculares foram instrumentados com sistema Protaper, até instrumento nº 30, seccionados longitudinalmente e analisados por MEV. A associação do hipoclorito de sódio ao EDTA demonstrou os melhores resultados quando se considerou o canal radicular em sua totalidade.



PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência de soluções irrigadoras na limpeza e alteração estrutural da superfície dentinária radicular por meio de microscopia eletrônica de varredura.



MATERIAL E MÉTODO

4.1. Delineamento Experimental

O presente estudo foi desenvolvido utilizando-se de dezoito incisivos centrais superiores humanos obtidos do banco dentes do Centro de Ensino e Pesquisa Odontológica do Brasil (CEPOBRAS, Goiânia, GO, Brasil).

Para a seleção dos dentes, utilizou-se do exame visual para a verificação da qualidade da morfologia externa, por meio de estereomicroscópio® (IN AHL, México, México) com aumento de 10 vezes e adequada fonte de iluminação. As amostras incluídas foram aquelas que estavam com a estrutura de cemento intacta. Os aspectos anatômicos internos foram analisados por meio de exame radiográfico, sendo incluídos os dentes com canal radicular único e reto, ausência de tratamento endodôntico prévio, e rizogênese completa.

Os dentes, armazenados em solução de timol a 0,2% sob refrigeração, foram aleatoriamente distribuídos em quatro grupos experimentais (n = 12) e dois grupos controles (n = 6), de acordo com agentes irrigantes testados, descritos no Quadro 1. A seguir, procedeu-se a abertura coronária e o preparo do terço cervical com brocas Gates-Glidden de números 3 e 4 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues Switzerland). Os canais foram instrumentados até a lima de número 45 (K-File, Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland), obedecendo 1 mm aquém do forame apical, de acordo com o avanço progressivo em sentido cérvico-apical (ESTRELA et al., 1992). Após cada troca de instrumento, três mililitros de cada solução irrigante foram utilizados, distribuídos nos seguintes grupos: 1 – hipoclorito de sódio na concentração de 2,5%; 2 - digluconato de

clorexidina gel em concentração de 2%, associado com irrigação final com 3 mL de água destilada esterilizada; 3 - vinagre de maçã; 4 – solução de EDTA a 17% (trissódico, pH 7,2). Os grupos controles foram separados em controle positivo (n=3) (preparo do canal radicular empregando água destilada esterilizada como solução irrigante; e controle negativo (n=3) – os canais radiculares não foram preparados, apenas irrigados com 3 mL de solução de EDTA a 17% (trissódico, pH 7,2). Nos grupos 1 a 3, após a irrigação final com EDTA, os dentes foram novamente secados e preenchidos com as referidas soluções testes por 3 minutos, dos quais durante 2 minutos foi realizada uma agitação mecânica com o instrumento o último instrumento usado no preparo do canal radicular.

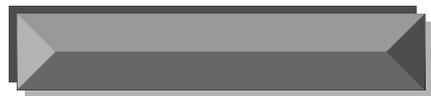
Posterior à finalização do preparo dos canais radiculares, todos os dentes foram novamente secados com pontas de papel absorvente e seccionados ao longo eixo axial, na direção vestibulolingual. As amostras foram submetidas à preparação metalográfica para avaliação por MEV (MEV, JEOL JSM, 5800 LV, Tóquio, Japão). Fotomicrografias foram obtidas após a mensuração dos terços do canal radicular e divididos igualmente em cervical, médio e apical. Áreas representativas foram fotografadas com aumento de 500X. Três fotografias foram obtidas da região central (quadrante) de cada terço do dente e, em seqüência, analisadas por três endodontistas, que foram previamente calibrados.

A limpeza e as alterações estruturais (relativas à presença de erosão) da superfície das paredes dos canais radiculares foram analisadas, considerando os seguintes scores: 1 = poucas áreas cobertas por *smear layer*, com muitos

túbulos dentinários visivelmente abertos e presença de erosão; 2 = ausência de *smear layer* e presença de erosão na superfície dentinária; 3 = poucas áreas cobertas por *smear layer*, com muitos túbulos dentinários visivelmente abertos e ausência de erosão; 4 = ausência de *smear layer* e de erosão na superfície dentinária. A análise estatística foi desenvolvida por meio do teste de Kruskal Wallis, para as comparações entre os irrigantes e para os terços dos canais radiculares. O nível de significância adotado foi de 5%.

Quadro 1 – Agentes irrigantes analisados

Agentes irrigantes	Procedências
Hipoclorito de sódio 2,5% + EDTA	(NaOCl, Fitofarma, Lt. 20442, Goiânia, GO, Brasil)
Clorexidina 2% + EDTA	(Endogel, Endosupport, Itapetininga, SP, Brasil)
Vinagre de maçã + EDTA	(Toscano®, São Paulo, SP, Brasil)
EDTA	(trissódico, pH 7,2, Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil)



RESULTADOS

Os resultados estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

As frequências dos escores obtidos nas leituras dos examinadores, de acordo com terço avaliado e tipo de material para irrigação encontram-se descritas na Tabela 1. A qualidade da limpeza dos canais radiculares foi semelhante para os terços analisados (cervical, médio e apical) ($p < 0,001$). Considerando as soluções irrigadoras testadas, nas amostras investigadas não foram observadas alterações estruturais, como as presenças de erosões.

Tabela 1 - Frequência dos escores obtidos nas interpretações das imagens.

Agentes Irrigantes	Terços		
	Cervical	Médio	Apical
Hipoclorito de sódio 2,5% + EDTA	4, 4, 3	4, 3, 4	4, 3, 4
Clorexidina 2% + EDTA	4, 3, 4	4, 4, 3	4, 3, 3
Vinagre de maçã + EDTA	4, 4, 4	4, 4, 4	4, 3, 4
Solução de EDTA	4, 4, 3	4, 3, 3	4, 3, 4

Tabela 2 – Comparação entre as soluções irrigantes e os terços dos canais radiculares (Kruskal-Wallis).

Agentes Irrigantes	n	Posto médio	Terço	n	Posto médio
Hipoclorito de sódio 2,5% + EDTA	9	19,00	Cervical	12	20,50
Clorexidina 2% + EDTA	9	17,00	Médio	12	19,00
Vinagre de maçã + EDTA	9	23,00	Apical	12	16,00
Solução de EDTA	9	15,00	Total	36	
		p=0,251			p=0,441



DISCUSSÃO

O controle de microrganismos em dentes com infecções endodônticas é destinado ao processo de sanificação efetivado durante o preparo do canal radicular. Esta fase se desenvolve a partir da associação entre o esvaziamento e o alargamento do canal radicular, por meio de ação mecânica dos instrumentos e química das substâncias irrigadoras. Além destes recursos, a manutenção da medicação intracanal contribui significativamente no sucesso do tratamento endodôntico (BYSTRÖM et al., 1983, 1985, 1987; ESTRELA et al., 2001b, ESTRELA et al., 2007a,b).

Para se chegar aos objetivos descritos, várias substâncias irrigantes têm sido estudadas, entre as quais se destacam o hipoclorito de sódio, a clorexidina, os detergentes, o ácido etileno diaminotetraacético (EDTA), o MTAD, o vinagre de maçã (Substância ESP), e várias associações (BAUMGARTNER & CUENIN, 1992; PÉCORA et al., 1993; AYHAN et al., 1999; BUCK et al., 1999; SILVA, 1999; TORABINEJAD et al., 2003; PÉCORA & ESTRELA, 2004; ZEHNDER, 2006; WILLIAMS et al., 2006, ESTRELA et al., 2004, 2007a,b).

O objetivo do presente estudo foi verificar as alterações estruturais da superfície dos canais radiculares durante a instrumentação, auxiliada pelo hipoclorito de sódio a 2,5% e EDTA, clorexidina a 2% e EDTA, vinagre de maçã e EDTA e EDTA isoladamente, valendo-se de análise por meio de MEV. Os resultados do presente estudo demonstraram que nas freqüências dos escores obtidos nas análises dos examinadores frente a qualidade da limpeza e alteração estrutural dos canais radiculares houve semelhança para os terços investigados (cervical, médio e apical) ($p < 0,001$). Considerando as soluções

irrigadoras testadas, nas amostras investigadas não foram observadas alterações estruturais, como a presença de erosões.

Este trabalho foi estruturado tomando-se como referencial a necessidade de se certificar possíveis alterações, como o aparecimento de erosões, desenvolvidas durante o processo de irrigação dos canais radiculares. Um destaque especial relacionou ao emprego de compostos halogenados em concentrações elevadas (como o hipoclorito de sódio a 2,5%), de ácidos como o vinagre de maçã (com um pH com valor de 2,9), e o EDTA (agente complexante com propriedade de remover matéria inorgânica). Um questionamento envolvendo a limpeza da superfície das paredes dos canais radiculares promovida por estas substâncias foi anteriormente estudado por Estrela et al. (2007c). Contudo, restou ainda analisar uma possível alteração da estrutura orgânica, posterior ao emprego destas soluções irrigantes.

A preocupação com a estrutura dentinária também foi alvo de outras investigações prévias, em que foram analisados outros materiais, valendo-se de distintas metodologias (TORABNEJAD et al., 2003 a,b; RAMIREZ-BOMMER et al., 2007). Torabinejad et al., (2003) analisaram a associação da tetraciclina, um ácido e detergente (MTAD) como agente irrigante final em dentes preparados endodonticamente. As soluções irrigadoras finais utilizadas após o preparo incluíram a água destilada, hipoclorito de sódio a 5,25%, EDTA a 17%, ou o MTAD. A presença de *smear layer* e erosões nas superfícies do canal radicular nos terços cervical, médio e apical foram examinadas por meio de MEV. Os resultados demonstraram que o MTAD é uma solução efetiva na remoção da *smear layer*, não havendo alterações significantes de estrutura nos

túbulos dentinários quando se utilizou o hipoclorito de sódio e MTAD na irrigação dos canais radiculares. Ramirez-Bommer et al. (2007) estudaram a influência do hipoclorito de sódio e EDTA na composição química da dentina. Os resultados mostraram que o hipoclorito de sódio a 2,5% atua esvaziando o conteúdo orgânico da estrutura dentinária, e o EDTA na estrutura inorgânica, sem, contudo, alterá-la. Os resultados do presente estudo estão concordes com estes, mesmo valendo-se de metodologias diferentes.

O controle de qualidade das substâncias irrigantes para os vários empregos clínicos deve ser considerado essencial, o que merece constantes investigações.

O hipoclorito de sódio é a substância irrigadora auxiliar do preparo do canal radicular mais estudada e utilizada por profissionais do mundo inteiro. Destacam-se nesta substância, diferentes propriedades, entre as quais: atividade antimicrobiana, capacidade de dissolução tecidual, capacidade de limpeza e tolerância tecidual (BYSTRÖM & SUNDQVIST, 1983, 1985, 1987; SYDNEY et al., 1996; PÉCORA & ESTRELA, 2004).

O mecanismo de ação antimicrobiano do hipoclorito de sódio foi discutido por Estrela *et al.* (2002a), baseando-se em suas propriedades. Entre as reações químicas que se desenvolvem entre o tecido orgânico e o hipoclorito de sódio, verifica-se a reação de saponificação, reação de neutralização de aminoácidos e reação de cloraminação. O hipoclorito de sódio também expressa sua efetividade antimicrobiana a partir do alto pH da solução (ação de íons hidroxila). O alto pH do hipoclorito de sódio interfere na integridade da membrana citoplasmática, alterações biosintéticas no

metabolismo celular e degradação fosfolipídica observada com a peroxidação lipídica. A dissolução de tecidos orgânicos pode ser verificada na reação de saponificação quando o hipoclorito de sódio degrada ácidos graxos e lipídios resultando em sabão e glicerol. Observa-se que o hipoclorito de sódio atua como solvente de matéria orgânica e de gordura, transformando esses ácidos graxos (óleos e gorduras) em sais de ácidos graxos (sabão) e glicerol (álcool), o que reduz a tensão superficial da solução remanescente (explicada na reação de Saponificação). O hipoclorito de sódio (hidróxido de sódio) neutraliza aminoácidos formando água e sal (interpretada na Reação de Neutralização de Aminoácidos) e degrada ácidos graxos. Com a saída dos íons hidroxila ocorre a redução do pH da solução remanescente. O ácido hipocloroso, quando em contato com a matéria orgânica age como solvente, libera cloro nascente que em contato com proteínas do grupo amina forma as cloraminas (reação de cloraminação). O ácido hipocloroso (HOCl) e os íons hipoclorito (OCl^-) tem a capacidade de hidrolisar e degradar aminoácidos. A reação de cloraminação entre o cloro e o grupamento amina (NH_2) dos aminoácidos, com a formação de cloraminas interfere no metabolismo celular. O cloro (oxidante forte) apresenta ação antimicrobiana através da inibição enzimática bacteriana, a partir de uma oxidação irreversível dos grupos SH (grupo sulfidril) de enzimas bacterianas essenciais.

A clorexidina tem sido testada e indicada para a aplicação sobre diferentes microrganismos endodontopatogênicos, o que oportuniza a verificação das soluções disponíveis no mercado nacional. A clorexidina é um agente antimicrobiano muito estudado. Este irrigante tem sido indicado para

controlar diferentes microrganismos endodontopatogênicos. A clorexidina é um agente catiônico (grupo biguanida; 4-clorofenil radical), a qual apresenta atividade antibacteriana. A natureza catiônica do composto promove conexão com o grupo aniônico do composto na superfície bacteriana (grupos fosfatos), sendo capaz de alterar sua integridade. Uma concentração apropriada de clorexidina altera a permeabilidade da membrana citoplasmática, promove precipitação de proteínas o que altera o balanço osmótico da célula, interfere no metabolismo, crescimento e divisão celular, inibe a enzima ATPase e o processo anaeróbio (ROLLA & MELSEN, 1975; JENKINS et al., 1988; HUGO & RUSSEL, 1992; DENTON, 1991; JEANSONNE et al., 1994; ESTRELA et al., 2003).

Dentre as novas alternativas de irrigantes endodônticos que vem sendo investigadas, destaca-se a substância experimental à base de vinagre de maçã (ESTRELA et al., 2004a,b, 2005, 2007). Estrela et al. (2004a) analisaram a efetividade antimicrobiana de vinagres de diferentes fontes (maçã, vinho branco, vinho tinto e arroz) e a microdureza radicular das soluções de EDTAC, líquido de Dakin e vinagre de maçã. Os resultados mostraram que todas soluções testadas foram efetivas sobre o *E. faecalis* nos períodos experimentais de 24, 48, 72 horas e 7 dias. Quando do emprego de uma suspensão mista de microrganismos, o melhor resultado foi observado com o vinagre de maçã. Em todos os períodos experimentais. Frente ao teste de microdureza radicular, as soluções de EDTAC e vinagre de maçã reduziram a microdureza dentinária, não apresentando diferença estatística significativa. Estrela et al. (2004a) estudaram a influência de diferentes irrigantes no

potencial antimicrobiano da pasta de hidróxido de cálcio em dentes de cães com periodontite apical. As soluções irrigantes testadas foram: o hipoclorito de sódio a 2,5%; a clorexidina a 2%, o vinagre de maçã. Uma pasta de hidróxido de cálcio foi mantida no canal radicular durante 21 dias. Os resultados mostraram que em todos os grupos experimentais houve crescimento microbiano, decorridos 21 dias, em diferentes percentagens: 30%; 30% e 40% das amostras, respectivamente. Todos os materiais testados apresentaram potencial antimicrobiano. Estrela et al. (2005) verificaram a capacidade de dissolução tecidual e a tensão superficial do vinagre de maçã, de soluções de hipoclorito de sódio a 1% e 2,5% e clorexidina a 2%. Os resultados demonstraram que a capacidade de dissolução de polpas dentárias bovinas foi verificada no intervalo estudado (até 1 hora) na solução de hipoclorito de sódio a 1% e 2,5%, não sendo observada no vinagre de maçã nem tampouco na solução de clorexidina a 2%. No teste de tensão superficial e pH, observaram-se os seguintes valores: vinagre de maçã - 62,87 dinas/cm, pH 2,9; hipoclorito de sódio 1% - 75,00 dinas/cm, pH 12,5; hipoclorito de sódio 2,5% - 73,00 dinas/cm, pH 12,3; clorexidina 2% - 55,50 dinas/cm, pH 5,9. Estrela et al. (2007) compararam a capacidade de limpeza das superfícies de canais radiculares promovida pelo vinagre de maçã, hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina 2% e EDTA, por meio de MEV. Na comparação total das soluções irrigantes o melhor resultado foi obtido pela combinação vinagre de maçã associado ao EDTA.

O EDTA, introduzido na endodontia por Østby (1957), tem sido aplicado com o objetivo de se remover a *smear layer*, que é composta por componentes

orgânicos e inorgânicos, desprendidos das paredes dos canais radiculares durante a instrumentação dos mesmos. A combinação entre o hipoclorito de sódio e o EDTA têm sido as substâncias irrigantes mais indicadas durante o processo de limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares, uma vez que contemplam propriedades desejáveis, como capacidade de dissolução tecidual, atividade antimicrobiana e remoção de *smear layer*.

Pécora et al. (1993), estudando a permeabilidade da dentina radicular, verificaram que a mistura da solução de Dakin com o EDTA, ou o uso alternado dessas duas soluções promovia aumento da permeabilidade, comparado ao emprego isolado da solução de Dakin, e da solução de EDTA. Todavia, o emprego associado reduz sua capacidade solvente.

A reação de complexação do EDTA com os íons metálicos presentes na estrutura inorgânica da *smear layer* o destaca como um agente eficaz e complementar à limpeza de superfícies das paredes do canal radicular.

Certamente, confirma-se o bom desempenho do EDTA quanto à habilidade de remoção da *smear layer*. Contudo, os resultados da presente investigação sinalizam que o vinagre de maçã pode ser uma alternativa viável para a limpeza da superfície das paredes do canal radicular, além de não permitir a ocorrência de alterações nas suas estruturas, como o aparecimento de erosões.

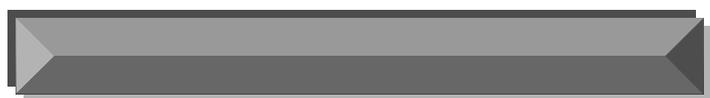
Novos estudos devem ser desenvolvidos em busca de respostas a novos questionamentos e de melhores alternativas para as soluções irrigantes. Uma possível alternativa para a limpeza dos canais radiculares pode sinalizar a indicação clínica do vinagre de maçã.



CONCLUSÃO

Considerando a metodologia apresentada, pode-se concluir que:

A solução de EDTA, isolada ou em combinação com as soluções irrigadoras - hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina a 2% e vinagre de maçã, promoveram uma adequada limpeza da superfície das paredes dos canais radiculares observados por meio de MEV, com ausência de alterações em suas estruturas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKTENER, B.O.; BILKAY, U. *Smear layer* removal with different concentration of EDTA - Ethylenediame maixturer, **J. Endod.**, v.19, p.228-231, 1993.
2. AYHAN H, SULTAN N, ÇIRAK M, RUHI MZ, BODUR H. Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms, **Int Endodo J.**, v.32, p.99-102, 1999.
3. BAKER NA. Scanning electron microscopic study of various irrigation solutions, **J Endod.**, v.1, p.127-35, 1975.
4. BAUMGARTNER, J.C.; BROWN, C.M.; MADER, C.L.; PETERS, D.D.; SHULMAM, J.D. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid, **J. Endod.**, v.10, p.525-31, 1984.
5. BAUMGARTNER, J.C.; CUENIN, P.R. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation, **J. Endod.**, v.18, p.605-12, 1992.
6. BAUMGARTNER, J.C.; MADER, C.L. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens, **J. Endod.**, v.13, p.147-57, 1987.
7. BERTRAND, M.F.; PIZZARDINI, P.; MULLER, M.; MEDIONI, E.; ROCCA, J.P. The removal of the *smear layer* using the Quantec system. A study using the scanning electron microscope, **Inter. Endod. Jornal.**, v. 32, p. 217-24, 1999.

8. BERUTTI, E.; MARINI, R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures, **J. Endod.**, v.22, p.467-70, 1996.
9. BLUM, J.Y.; ABADIE, M.J. Study of the Nd:YAG laser. Effect on canal cleanliness, **J. Endod.**, v.23, p.669-75, 1997.
10. BOLANOS, O.R.; JENSEN, J.R. Scanning electron microscope comparisons of the efficacy of various methods of root canal preparation, **J. Endod.**, v. 6, p.815-22, 1980.
11. BONINI, A. **Estudo *in vitro* da capacidade de limpeza do canal radicular por diferentes técnicas de instrumentação - avaliação histológica e análise morfométrica.** (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2000, 66 p.
12. Braguetto, C.A.; Souza-Neto, M.D.; Cruz-Filho, A.M.; Silva, R.G, Saquy, P.C.; Pécora, J.D. Ação da solução de EDTA e da solução de Dakin, utilizadas isoladamente, misturadas ou alternadas na limpeza do canal radicular, *Ver Odontol USP.*, v.11, p.67-70, 1997.
13. BRANCINI, M.R.; BRAMANTE, C.M.; BERBET, A. Poder de limpeza de algumas soluções irrigadoras analisado pelo microscópio, **Rev. paul. Endodont.**, v.4, p.116-23, 1983.
14. BROSCO, H.B.; PRATES, A V.; NISHIYAMA, C.K.; ALBERTO, C. Análise comparativa do preparo biomecânico biescalonado isolado ou coadjuvado por ultrasonificação na limpeza dos canais radiculares, **R.G.O.**, v. 48, p. 21-25, 1991.
15. BUCK, R.A.; CAI, J.; ELEASER, P.D.; STAAT, R.H. In vitro disinfection of dentinal tubules by various endodontics irrigants, **J Endod.**, v.25, p. 786-788, 1999.

16. BUCK, R.A.; CAI, J.; ELEASER, P.D.; STAAT, R.H., SCHEETZ, J.P. Effectiveness of Three Endodontic Irrigants at Various Tubular Depths in Human Dentin, **J Endod.**, v.27, p. 206-208, 2001.
17. BUCK, R.A.; CAI, J.; ELEASER, P.D.; STAAT, R.H.; HURST, H.E. Detoxification of endotoxin by endodontic irrigants and calcium hydroxide, **J Endod.**, v.26, p.325-27, 2000.
18. BYSTRÖM A, SUNDQVIST G. Bacteriologic evaluation of the effects of 0,5% sodium hypochlorite in endodontic therapy, **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.**, v.55, p.307-12, 1983.
19. BYSTRÖM, A.; HAPPONEN, R.P.; SJÖGREN, U.; SUNDQVIST, G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. **Endod Dent Traumatol.**, v.3, p. 58-63, 1987.
20. BYSTRÖM, A.; SUNDQVIST, G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy, **Int Endod J.**, v.18, p. 35-40, 1985.
21. ÇALT, S.; SERPER, A. *Smear layer* removal by EGTA, **J. Endod.**, v.26, p.459-61, 2000.
22. CHAVES, M. **Avaliação, por meio de MEV, da presença de detritos nos canais radiculares instrumentados com os géis de clorexidina e de mamona.** (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2002.
23. CIUCCHI, B.; KHETTABI, M.; HOLZ, J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the *smear-layer*: a scanning electron microscopic study, **Int. Endod. J.**, v.22, p.21-8, 1989.

24. COSTA, W. F.; ANTONIAZZI, J. H.; ROBAZZA, C. R. C.; PÉCOR, J. D.; COSTA, L. F. Avaliação da capacidade de limpeza da instrumentação ultrassônica realizada aquém ou no comprimento de trabalho, **Rev. Odontol. Univ. São Paulo.**, v.8, p.187-9, 1994.
25. CRUMPTON, B.J.; GOODELL, G.G.; MCCLANAHAN. S.B. Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation, **J Endod.**, v.31, p. 536-8, 2005.
26. CUNNINGHAM, W.T.; MARTIN, H.; FORREST, W.R. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system, **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol.**, v.53, p.401-4, 1982.
27. DAUTEL-MORAZIN, A.; VULCAIN, J.M.; BONNAURE-MALLET, M. An ultrastructural study of *smear layer*: comparative aspects using secondary electron image and backscattered electron image, **J. Endod.**, v.20, p.531-4, 1994.
28. DENTON, G.W. Chlorhexedine. In: **Disinfection, sterilization and preservation**. Block SS. 4^a Ed. Philadelphia: Lea, Febiger; 274-89, 1991.
29. ESTRELA, C.; CÉSAR, O.V.S.; LELES, C.R.; PIMENTA, F.C.; ALENCAR, A.H.G. Avaliação em estudos longitudinais da eficácia do hidróxido de cálcio sobre o *Enterococcus faecalis* em infecções endodônticas - Revisão Sistemática, **Rev Bras Odontol.** 2007a; (no prelo).
30. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; BAMMANN, L.L.; PÉCOR, J.D. Two methods to evaluate the antimicrobial action of calcium hydroxide paste. **J Endod.**, v.27, p.720-3, 2001b.
31. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; BARBIN, E.L.; SPANÓ, J.C.E, MARCHESAN, M.A.; PÉCOR, J.D. Mechanism of Action of sodium hypochlorite, **Braz Dent J.**, v.13, p.113-117. 2002a

32. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; CRUZ-FILHO, A.M.; PÉCOR, J.D. Substância Esp: opção na terapêutica endodôntica, **J Bras Endod.**, v.5, p.273-9, 2005.
33. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; DECURCIO, D.A.; HOLLANDA, A.C.B.; SILVA, J.A. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals, **Int Endod J.**, v.40, p.85-93, 2007b.
34. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; GUIMARÃES, L.F.; SILVA, R.S.; PÉCOR, J.D. Surface tension or calcium hydroxide associated with different substances, **J Appl Oral Sci.**, v.13, p.152-6, 2005a.
35. ESTRELA, C.; ESTRELA, C.R.A.; PÉCOR, J.D.; AMORIM, L.F.G.; TOLEDO, O.A. Eficácia antimicrobiana de formulações de digluconato de clorexidina de concentrações e procedências diferentes, **ROBRAC.**v.13, p.10-13, 2004a.
36. ESTRELA, C.; HOLLAND, R.; BERNABÉ, P.F.E.; SOUZA, V.; ESTRELA, C.R.A. Antimicrobial potential of medicaments used in healing process in dog's teeth with apical periodontitis, **Braz Dent J.**, v.15, p.181-183, 2004b.
37. ESTRELA, C.; HOLLANDA, A.C.B.; DECURCIO, D.A.; GUEDES, O.A.; PÉCOR, J.D. Substância Esp: análise da dissolução tecidual superficial – Parte 1, **ROBRAC.**, v.14, p.11-18, 2005b.
38. ESTRELA, C.; LOPES, H.P.; ELIAS, C.N.; LELES, C.R.; PÉCOR, J.D. Limpeza da superfície do canal radicular pelo vinagre de maçã, hipoclorito de sódio, clorexidina e EDTA, **Rev APCD.**, v.61, p.117-22, 2007c.
39. ESTRELA, C.; RIBEIRO, R.G.; ESTRELA, C.R.A.; PÉCOR, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Antimicrobial effect to 2% sodium hypochlorite and 2%

- chlorhexidine tested by different methods, **Braz Dent J.**,v.14, p.58-62, 2003a.
40. ESTRELA, C.R.A.; ESTRELA, C.; REIS, C.; BAMMANN, L.L.; PÉCORÁ, J.D. Control of microorganisms in vitro by endodontic irrigants, **Braz Dent J.**, v.14, p.187-192, 2003b.
41. FERRER LUQUE, C.M.; GONZÁLES LÓPES, S.; NAVAJAS RODRIGUES De MONDELO, J.M. Mechanical instrumentation of the root canals. A study using SEM and computerized image analysis, **Bull Group Int. Rech. Sei. Stomatol. Odontol.**, v.39, p.111-7, 1996.
42. FOSCHI, F.; NUCCI, C.; MONTEBUGNOLI, L.; MARCHIONNI, S., BRESCHI, L.; MALAGNINO, V. A.; PRATI, C. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments, **Int. Endod. J.**, v.37, p.832–839, 2004.
43. GARBEROLIO, R.; BECCE, C. *Smear layer* removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study, **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v.78, p.359-67, 1994.
44. GENGIZ, T.; AKTENER, B.O.; PISKIN, B. The effect of dentinal tubules orientation on the removal of *smear-layer* by root canal irrigant. A scanning electron microscopic study, **Int. Endod. J.**, v.23, p.163-71, 1990.
45. GOLDBERG, F.; MASSONE, E.J.; SPIELBERG, C. Estudio comparativo de la acción del EDTAC y el Salvizol sobre la pared del conducto radicular instrumentado, **Rev. Esp. Endod.**, v.2, p.17-20, 1984.
46. GOLDBERG, F.; SPIELBERG, C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy, **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v.53, p.74-7, 1982.

47. HARASHIMA, T.; TAKEDA, F. H.; ZHANG, C.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls, **Endod. Dent. Traumat.**, v.14, p.26-30, 1998.
48. HARASHIMA, T.; TAKEDA, F.H.; KIMERA, Y.; MATSUMOTO, K. Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and *smear layer* in extracted human teeth, **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v.15, p.131-5, 1997.
49. HEARD, F.; WALTON, R. E. Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canal, **J. Endod.**, v.30, p.323-31, 1997.
50. HOLLANDA PINTO, S.A.; BRAMANT, C.M.; BERBERT, A. Avaliação da limpeza de canais radiculares obtida pelas técnicas de instrumentação manual, ultra-sônica e combinação de ambas, **Rev. Bras. Odontol.**, v.48, p. 2-12, 1991
51. HUGO, W.B.; RUSSEL, A.D. **Pharmaceutical Microbiology**. 5^a Ed. Oxford: Blackwell, p.245-99, 1992.
52. HÜLSMANN, M.; RÜMMELIN, C.; SCHÄFERS, F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: A comparative SEM investigation, **J. Endod.**, v.23, p.301-6, 1997.
53. JEANSONNE, M.J.; WHITE, R.R. A comparison of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigant, **J Endod.**, v.20, p. 276-78, 1994.
54. JENKINS, S.; ADDY, M.; WADE, W. The mechanism of action of chlorhexidine, **J Clin Periodontol.**, v.15, p.415-24, 1988.

55. KATAIA, M.A; EZZAT, K.M.; el SAYED, J.M.; SEIF, R.E. Effectiveness of two rotary instrumentation techniques for cleaning the root canal, **Egypt Dent.**, v.41, p.113-9, 1995.
56. KHADEMI, A.; YAZDIZADEH, M.; FEIZIANFARD, M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems, **J Endod.**, v.32, p.417-20, 2006.
57. LIM, T. S.; WEE, T. Y.; CHOI, M. Y.; KOH, W. C.; SAE-LIM, V. Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde™ File Prep in smear layer removal, **Int. Endod. J.**, v.36, p. 336-343, 2003.
58. LIOLIOS, E.; ECONOMIDES, N.; PARISSIS-MESSIMERIS, S.; BOUTSIUKIS, A. The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation, **Int. Endod. J.**, v.30, p.51-7, 1997.
59. LUI, J.N.; KUAH, H.G.; CHEN, N.N. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer, **J Endod.**, v.33, p.472-5, 2007
60. LUMLEY, P.J.; WALMSLEY, AD.; WALTON, R.E.; RIPPIN, J.W. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation, **J. Endod.**, v.19, p.453-7, 1993.
61. MADER, C.L.; BAUMGARTNER, J.C.; PETERS, D.D. Scanning electron microscopic investigation of the *smear layer* on root canal walls, **J. Endod.**, v.10, p.477-83, 1984.
62. MANDEL, E.; MACHTOU, P.; FRIEDMAN, S. Scanning electron microscope observation of canal cleanliness, **J. Endod.**, v.16, p.279-83, 1990.

63. MARCHESAN, M.A. **Estudo, por meio da microscopia óptica, do efeito da irradiação do laser er:yag sobre a limpeza dos canais radiculares.** (Dissertação de Mestrado) Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2002.
64. MARQUES, A.A.; MARCHESAN, M.A.; SOUSA-FILHO, C.B.; SILVA-SOUSA, Y.T.; SOUSA-NETO, M.D.; CRUZ-FILHO, A.M. *Smear layer removal and chelated calcium ion quantification of three irrigating solutions, Braz Dent J.*, v.17, p.306-9, 2006
65. McCOMB, D.; SMITH, D.C. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures, **J. Endod.**, v.1, p.238-42, 1975.
66. McCOMB, D.; SMITH, D.C.; BEAGRIE, G.S. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation – a scanning electron microscopic study, **J. Brit. End. Soc.**, v.9, p.11-8, 1976.
67. NAAMAN, A.; KALOUSTIAN, H.; OUNSI, H.F.; NAAMAN-BOU ABBOUD, N.; RICCI, C.; MEDIONI, E. A scanning electron microscopic evaluation of root canal wall cleanliness after calcium hydroxide removal using three irrigation regimens, **J Contemp Dent Pract.**, v.18, p.11-8, 2007.
68. NISHIYAMA, C.K.; GARCIA, R.B. Estudo comparativo entre as técnicas de instrumentação escalonada regressiva, oregon modificada, sistema canal finder e canal máster, **Rev. Odont. Univ. São Paulo.**, v.7, p.173-9, 1993.
69. O'CONNELL, M.S.; MORGAN, L.A.; BEELER, W.J.; BAUMGARTNER, J.C. A comparative study of *smear layer* removal using different salts of EDTA, **J. Endod.**, v.26, p.739-43, 2000.
70. ØSTBY, N.B. Chelation in root canal therapy, **OdontologiskTidskrift.**, v. 65, p.3-11, 1957.

71. PAREZ-HEREDIA, M.; FERRER-LUQUE, C.M.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, M.P. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation, **J Endod.**, v.32, p.993-7, 2006.
72. PÉCORA, J.D.; ESTRELA, C. Hipoclorito de sódio. In: Estrela, C. **Ciência Endodôntica**. São Paulo: Artes Médicas; 2004. p.415-55.
73. PÉCORA, J.D.; SOUSA-NETO, M.D.; SAQUY, P.C.; SILVA, R.G.; CRUZ-FILHO A.M. Effect of Dakin's and EDTA solutions on dentin permeability of root canals, **Braz Dent J.**, v.4, p.79-84, 1993.
74. RAMIREZ-BOMMER, C.; GULABIVALA, K.; FIGUEIREDO, J.A.P. The influence of sodium hypochlorite and EDTA on chemical composition of dentine, **Int Endod J.**, v.40, p.404-405, 2007.
75. ROLLA, G.; MELSEN, B. On the mechanism of the plaque inhibition by chlorhexedine, **J Dent Res.**, v.54, p.57-62, 1975.
76. SCELZA, M.F.; PIERRO, V.; SCELZA, P.; PEREIRA, M. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on *smear layer* removal, **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v.98, p.499-503, 2004.
77. SCELZA, M.F.Z.; ANTONIAZZI, J.H.; SCELZA, P. Efficacy of final irrigation - a scanning electron microscopic evaluation, **J. Endod.**, v.26, p.355-8, 2000.
78. SILVA CAG. **Efetividade antimicrobiana do hipoclorito de sódio e clorexidina como irrigantes endodônticos**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Odontologia da Universidade Luterana do Brasil, 1999. 101p.

79. SIQUEIRA, J.F.; ARAÚJO, M.C.; GARCIA, P.F.; FRAGA, R.C.; DANTAS, C.J. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals, **J. Endod.**, v.23, p.499-502, 1997.
80. SPRATT, D.A.; PRATTEN, J.; WILSON, M.; GULABIVALA, K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates, **Int Endod J.**, v.34, p.300-7, 2001.
81. SYDNEY, G.B.; BATISTA, A.; ESTRELA, C.; PESCE, H.F.; DE MELO, L.L. SEM analysis of *smear layer* removal after manual and automated handpiece root canal preparation, **Braz Dent J.**, v.7, p.19-26, 1996.
82. TAKEDA, F.H.; HARASHIMA, T.; ETO, J.N.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal wall of human teeth: an SEM study, **Endodont. Dent. Traumat.**, v.14, p.270-73, 1998a.
83. TAKEDA, F.H.; HARASHIMA, T.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. A comparative study of the removal of *smear layer* by three endodontic irrigants and two types of laser, **Intern. Endod. Journal.**, v.32, p.32-39, 1999.
84. TAKEDA, F.H.; HARASHIMA, T.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Comparative study about the removal of *smear layer* by three types of laser devices, **J. Clinical Laser Med. Surg.**, v.16, p.117-122, 1998b.
85. TEIXEIRA, C.S.; FELIPPE, M.C.; FELIPPE, W.T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal *smear layer* removal: an SEM analysis, **Int Endod J.**, v.38, p.285-90. 2005
86. TINAZ, A.C.; KARADAG, L.S.; ALAÇAM, T.; MIHÇIOĞLU, T. Evaluation of the *smear layer* removal effectiveness of EDTA using two techniques: an SEM study, **J Contemp Dent Pract.**, v.157, p.9-16, 2006.

87. TORABINEJAD, M.; KHADEMI, A.A.; BABAGOLI, J.; CHO, Y.; JOHNSON W.B.; BOZHILOV, K.; KIM, J.; SHABAHANG, S. A New Solution for the Removal of the *Smear Layer*, **J Endod.**, v. 29, p.170-75, 2003a.
88. TORABINEJAD, M.; SHABAHANG, S.; APRECIO, R.M.; KETTERING, J.D. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation, **J Endod.**, v.29, p.400-3, 2003b.
89. VALLI, K.S.; LATA, D.A.; JAGDISH, S. An "in vitro" SEM comparative study of debridement ability of K-Files and Canal Master, **Indian J. Dent. Res.**, v.7, p.128-34, 1996.
90. WALTON R.E. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space, **J Endod.**, v.2, p.304-11, 1976.
91. WILLIAMS J.M, TROPE M, CAPLAN D.J, SHUGARS D.C. Detection and quantitation of *Enterococcus faecalis* by real-time PCR (qPCR), reverse transcription-PCR (RT-PCR), and cultivation during endodontic treatment. **J Endod.**, v.32, p.715-21, 2006.
92. WU, W.K.; WESSELINK, P.R. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals, **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol. Endod.**, v.79, p.492-6, 1995.
93. YAMADA, R.S.; ARMAS, A.; GOLDMAN, M.; LIN, S.P. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions. Part 3, **J. Endod.**, v.9, p.137-42, 1983.
94. ZEHNDER, M. Root canal irrigants, **J Endod.**, v.32, p.389-398, 2006.