LUCIANA JORGE MORAES SILVA

Eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso do ultrassom associado ou não ao instrumento adicional, avaliada através da microtomografia computadorizada

São Paulo
2013

LUCIANA JORGE MORAES SILVA

Eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso do ultrassom associado ou não ao instrumento adicional, avaliada através da microtomografia computadorizada

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Doutor, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia

Área de Concentração: Materiais Dentários

Orientador: Prof. Dr. Roberto Ruggiero Braga

São Paulo

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Silva, Luciana Jorge Moraes

Eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso do ultrassom associado ou não ao instrumento adicional, avaliada através da microtomografia computadorizada / Luciana Jorge Moraes Silva; orientador Roberto Ruggiero Braga. -- São Paulo, 2013.

97 p. : fig.; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Biomateriais e Biologia Oral. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Hidróxido de cálcio. 2. Irrigantes do canal radicular. 3. Medicação endodôntica intracanal. 4. Ultrassom. 5. Microtomografia. I. Braga, Roberto Ruggiero. II. Título.

Silva LJM. Eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso do ultrassom associado ou não ao instrumento adicional, avaliada através da microtomografia computadorizada. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Aprovado em: / /2013

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

A Deus e Pai de nosso Senhor Jesus Cristo,

"Bem-aventurado aquele que teme ao Senhor e anda nos seus caminhos! Do trabalho de tuas mãos comerás, feliz serás, e tudo te irá bem".

(SL 128:1-2)

Aos meus queridos pais Rui e Ana,

Pelo exemplo de vida e amor à mim ensinados, alicerce e refúgio nesta jornada.
Vocês são os meus maiores mestres!

Ao meu querido marido Marcelo,

Enfrentar os desafios com você é maravilhoso. O que parece impossível, torna-se real e leve. Por águas tranquilas me fazes passar, levas-me para águas de descanso. Como é grande o meu amor por você!

"O amor é paciente, é benigno.... Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta".

(1 Co 13:4, 7)

Aos meus queridos filhos Lucas e Luma,

A inocência e alegria da infância de vocês me fazem a cada dia sentir o frescor da vida e a vontade de prosseguir em busca dos meus e dos nossos objetivos.

Vocês são mais que especiais, são meus eternos amores, são meu tudo enfim...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

*Ao meu orientador **Prof. Dr. Roberto Ruggiero Braga**,*

*Agradeço a forma cordial e competente com que conduziu minha orientação, sempre
focado, eficiente e comprometido com tudo o que faz.*

Que Deus continue iluminando seus caminhos e sempre abençoe o seu lar.

Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo,

Pelo elevado padrão de ensino na formação acadêmica e pela viabilização deste curso de Doutorado Interinstitucional.

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará,

Na pessoa da Prof. Dr. Armando Chermont, pelo esforço como Diretor da Faculdade de Odontologia da UFPA, para que o Doutorado Interinstitucional se tornasse realidade.

Às Professoras Dra. Miriam Lacalle Turbino e Dra. Cecy Martins,

Coordenadoras do Dinter, pela dedicação em prol da concretização deste Curso.

Ao meu Amigo e eterno "Chefe" Prof. Dr. Oscar Faciola Pessoa,

Meu grande incentivador e mentor da carreira acadêmica. Muito obrigada pelo apoio, amizade e co-orientação ao longo desta jornada.

À Profa. Dra. Cecília Gouveia do Departamento de Anatomia da ICB-USP,

Por ter concedido o uso do microtomógrafo do Laboratório de Metabolismo Ósseo.

Obrigada por ter acreditado no meu projeto e pelo acolhimento no laboratório.

À querida Marília Bianca Grecco Teixeira do Laboratório de Metabolismo Ósseo do ICB-USP,

Pela ajuda incansável nos rastreamentos microtomográficos.

Nunca vou poder retribuir à você tudo que fez por mim, mas posso pedir à Deus que lhe conceda uma vida plena e iluminada. Muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Rafael Yagüe Ballester coordenador da Pós-Graduação de Biomateriais e Biologia Oral da FOUSP,

Pela maneira amigável, competente e prestativa com que me recebeu em todos os momentos que lhe procurei. Minha admiração e respeito a esse Mestre!

Aos Professores da Disciplina de Biomateriais e Biologia Oral Vitor Arana, Leonardo Rodrigues, Rafael Ballester, Walter Miranda, Antônio Muench, Josete Meira, Paulo César, Igor Medeiros, Paulo Capel, Carlos Francci e Fernando Nogueira,

Muito obrigada pelos ensinamentos e receptividade.

Ao Prof. Dr. Giulio Gavini,

Agradeço a maneira acolhedora com que me atendeu em todas as vezes que o procurei.

Às queridas Rosa Nogueira e Eli,

Muito obrigada por estarem sempre dispostas a ajudar, esclarecer dúvidas, enfim contribuir com a realização da pesquisa.

À Biblioteca da Faculdade de Odontologia da USP, em especial a Sra. Glauci Fidelis e equipe,

Pela colaboração na diagramação final deste trabalho.

Aos colegas do Dinter Cláudia, Noélia, Simone, Renata, Andréa, Jesuína, Max, Armando, Danielle, Ana Daniele, Roberta, Aladim, Leonardo, Newton.

O convívio feliz e amigável nas aulas foi maravilhoso. Obrigada a cada um de vocês.

Ao Ministério Público Estadual do Pará na pessoa do Subprocurador-Geral de Justiça Dr. Jorge de Mendonça Rocha,

Pelo apoio concedido em vários momentos e em especial na finalização desta pesquisa.

Às queridas Daniela Barata e Rosimara Lopes do Departamento Médico-Odontológico do Ministério Público Estadual do Pará,

Obrigada por serem sempre compreensivas com meus afastamentos do departamento necessários à realização desta pesquisa. Recebam minha gratidão.

Aos amigos Samuel e Livia Huh,

Pela forma acolhedora com que sempre me receberam, fazendo-me sentir como se estivesse no aconchego da minha casa.

Aos colegas da disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará, pelo apoio e cobertura nas minhas ausências.

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES),
Pelo suporte concedido na forma de bolsa de estudos.*

*À minha família, amigos e a todos que de alguma forma contribuíram,
incentivaram e me deram força, para a concretização desta pesquisa.*

Muito obrigada!

Sob a sombra do Altíssimo

*O que habita no esconderijo do Altíssimo
e descansa à sombra do onipotente diz ao Senhor:
meu refúgio e meu baluarte, Deus meu em quem confio.*

Pois disseste: o Senhor é o meu refúgio.

Fizeste do Altíssimo a tua morada.

Nenhum mal te sucederá, praga nenhuma chegará a tua tenda.

*Porque aos Seus anjos dará ordens a teu respeito,
para que te guardem em todos os teus caminhos.*

*Porque a Mim se apegou com amor, eu o livrarei;
pô-lo-ei a salvo, porque conhece o Meu nome.*

Ele Me invocará, e Eu lhe responderei;

Na sua angústia Eu estarei com ele, livrá-lo-ei e o glorificarei.

(Salmo 91)

RESUMO

Silva LJM. Eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso do ultrassom associado ou não ao instrumento adicional, avaliada através da microtomografia computadorizada [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2013. Versão corrigida.

Objetivos: avaliar a eficácia do uso da irrigação ultrassônica passiva (IUP), do instrumento adicional e da associação de ambos na remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio através da microtomografia computadorizada (micro-CT). **Material e métodos:** foram selecionados 32 dentes humanos unirradiculares, preparados pela técnica de instrumentação rotatória com o sistema Protaper® universal até a lima final Finishing File 4 (F4). As amostras foram preenchidas com medicação intracanal de Ca(OH)_2 associada ao propilenoglicol 400. Após 30 dias, os dentes foram divididos em quatro grupos, de acordo com a técnica de remoção da medicação. Nos grupos em que foi utilizada a IUP, esta foi realizada através da irrigação-aspiração com 5 mL de NaOCl 1%, 3 mL de EDTA 17% com agitação ultrassônica por um minuto a 2 mm do CRT e 5 mL de NaOCl 1%. O instrumento adicional utilizado foi a lima F5. No grupo controle, a remoção da medicação foi feita apenas com o instrumento final (F4) e com o uso do EDTA 17%, mantido por um minuto no interior do canal, sem ativação ultrassônica. As amostras foram avaliadas por meio da micro-CT, em três momentos distintos do procedimento endodôntico: 1) após preparo químico-cirúrgico do canal, 2) 30 dias após aplicação da medicação intracanal de Ca(OH)_2 e 3) após remoção da medicação intracanal. As imagens microtomográficas foram avaliadas utilizando o *software* CTan (SkyScan). O canal foi dividido em terços apical, médio e cervical. Os conjuntos de dados foram analisados usando a escala de cinza do *software* CTan para quantificar o volume (em mm^3) do canal após o preparo, o volume da medicação após 30 dias, o volume de resíduos de medicação e o volume do canal após remoção da medicação. A porcentagem de resíduos também foi calculada em relação ao volume do canal e ao volume de medicação após 30 dias. Finalmente, o aumento de volume do canal após a remoção também foi avaliada. Os dados foram analisados através de ANOVA de três fatores/teste de Tukey ou *Kruskal-Wallis/Student-Newman-Keuls*,

com nível global de significância de 5%. Resultados: Independentemente da região do canal, o uso do ultrassom resultou em um menor volume de resíduos de MIC, em termos absolutos e em relação ao volume do canal. Em relação ao volume de medicação após 30 dias, o uso do ultrassom foi marginalmente significativo. O uso do instrumento adicional não apresentou influência significativa sobre a eficácia da remoção da MIC. A porcentagem de resíduos foi maior na região apical, quando o ultrassom não foi utilizado. Em números absolutos, a região cervical apresentou maior volume de resíduos. Em relação ao grupo controle, o uso do ultrassom resultou em um volume final maior do canal cirúrgico no terço cervical. Em termos percentuais, todas as técnicas resultaram em aumentos estatisticamente semelhantes do volume do canal cirúrgico para os terços cervical e médio. No terço apical, o grupo controle apresentou aumento percentual estatisticamente inferior aos demais. Conclusões: houve diferenças estatisticamente significantes na eficácia de remoção da MIC entre as técnicas testadas, sendo que o uso do ultrassom resultou em um menor volume de resíduos de MIC, em todos os grupos para um dado terço.

Palavras-chave: Hidróxido de cálcio. Irrigantes do canal radicular. Ultrassom. Microtomografia por raio-X.

ABSTRACT

Silva LJM. Effectiveness of intracanal calcium hydroxide removal with the use of ultrasound with or without an additional instrument, evaluated by computed microtomography [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2013. Versão Corrigida.

Objectives: To evaluate the efficacy of passive ultrasonic activation (PUI), an additional instrument and the combination of both for removal of intracanal calcium hydroxide using computerized microtomography (micro-CT). **Methods:** 32 single-rooted human teeth were prepared using the universal Protaper[®] rotary instrumentation system, with Finishing File 4 (F4) as the final file. The samples were filled with intracanal Ca(OH)₂ plus propyleneglycol 400. After 30 days, the samples were divided into four groups according to the medication removal technique. In the groups where PUI was used, it was done by suction-irrigation with 5 mL of 1% NaOCl, 3 ml 17% EDTA with ultrasonic agitation for one minute at 2 mm from the working length and 5 ml of 1% NaOCl. The additional instrument used was the F5 file. In the control group, removal of the medication was performed only with the final instrument (F4) and using 17% EDTA, kept for one minute in the canal without ultrasonic activation. The samples were evaluated by micro-CT, at three different stages of the endodontic procedure: 1) after chemical-surgical preparation of canal 2) 30 days after application of the Ca(OH)₂ medication 3) after removal of the medication. Microtomography images were evaluated using the CTan (SkyScan) Software. The root was divided in apical, middle and cervical. Each data set was analyzed using the CTan software gray scale to determine the volume (mm³) of the canal after the preparation, the volume occupied by the medication after 30 days, the medication residue volume and the volume of the canal after medication removal. The residue percentage was also calculated in relation to the volume of the canal and the volume of medication found after 30 days. Finally, the volume increase of the canal after medication removal was also assessed. Data were analyzed using three-factor ANOVA/Tukey test or Kruskal-Wallis/Student-Newman-Keuls with overall significance level of 5% **Results:** Regardless of the region, the use of ultrasound resulted in a smaller volume of residue in absolute terms and in relation to the

volume of the canal. In relation to the volume of medication after 30 days, the use of ultrasound was only marginally significant. The use of an additional instrument showed no statistically significant influence on the effectiveness of MIC removal. The percentage of residue was higher in the apical region, when the ultrasound was not used. In absolute numbers, the cervical region showed the highest volume of residue. In relation to the control group, the use of ultrasound resulted in a higher final volume in the cervical third. All techniques resulted in statistically similar increases in the volume of the surgical canal for the cervical and middle thirds. In the apical third, the control group showed a statistically lower increase in volume than the others thirds. Conclusions: Statistically significant differences were found among the tested techniques, the use of ultrasound resulted in a smaller volume of residue in all groups for a particular third.

Keywords: Calcium Hydroxide. Root canal irrigants. Ultrasonic. X-Ray microtomography.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 - Seleção e armazenamento dos dentes. Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (A) e méso-distal (B)45
- Figura 4.2 - Armazenamento dos espécimes. Identificação do dente (A); frasco de armazenamento (B); hidratação dos espécimes em solução fisiológica estéril (C).....46
- Figura 4.3 - Instrumentação rotatória dos canais radiculares. Motor elétrico X-Smart (A); sistema Protaper[®] rotatório universal (B)46
- Figura 4.4 - Matriz de posicionamento dos espécimes confeccionada em silicone...47
- Figura 4.5 - Odontometria dos canais radiculares. Lima tipo K #15 com a guia de penetração no forame apical (A); visualização com lupa (B); diminuição de 1 mm para determinar o CRT (C)47
- Figura 4.6 - Irrigação/aspiração dos canais radiculares. NaOCl 1% (A); EDTA a 17% (B); cânulas de irrigação Endo Eze (C); seringa Ultradent[®] 5 mL (D); adaptador Luer Vacuum[®] (E); cânula de aspiração Capillary Tip (F); cones de papel absorvente # 40 (G).....48
- Figura 4.7 - Aplicação da medicação intracanal de Ca(OH)₂. Balança de precisão (A); hidróxido de cálcio P.A. (B); propilenoglicol 400 (C); pasta de Ca(OH)₂ (D); propulsor Lentulo (E).....49
- Figura 4.8 - Selamento provisório e armazenamento dos dentes por 30 dias. Material usado no selamento (A); espécime com selamento (B) frasco com esponja embebida em soro fisiológico (C); frasco pronto para armazenamento (D); estufa a 37 °C (E).....50
- Figura 4.9 - Recursos utilizados na técnica de remoção da medicação intracanal. Instrumento final F4 (A); instrumento adicional F5 (B); ponta utilizada no ultrassom com chave de fixação (C); aparelho de ultrassom (D)52
- Figura 4.10 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1174 v.2. Vista frontal do microtomógrafo (A) vista com o computador acoplado ao

microtomógrafo (B); porta de acesso ao compartimento da câmara do microtomógrafo (C); câmara e mesa do microtomógrafo (D)	53
Figura 4.11 - Espécime posicionado na mesa do microtomógrafo (A) porta-amostra (B) espécime na matriz de silicone com a face vestibular voltada para a câmera CCD (C) câmera CCD (D).....	54
Figura 4.12 - Seleção do VOI. Primeira imagem visível (A); início do VOI (B); final do VOI (C); VOI com a seleção da ROI e exclusão do contorno externo da raiz, sendo a região mais escura o canal radicular e a cinza representa parte da dentina radicular (D)	57
Figura 4.13 - Imagem 2D da amostra, com a representação esquemática da divisão da extensão total do canal em terços	58
Figura 4.14 - Arquivos de dados microtomográficos. VOI da extensão total do canal (A); VOI do terço apical (B); VOI do terço médio (C); VOI do terço cervical (D).....	58
Figura 4.15 - Histograma de distribuição de densidades. A curva à esquerda do gráfico representa o canal, a região de platô do gráfico representa a medicação intracanal e a segunda curva (à direita do gráfico) a dentina. As setas superior e inferior do gráfico representam os valores mínimo e máximo de <i>threshold</i>	59
Figura 4.16 - Histograma de densidade da dentina (A) e medicação intracanal (B) ..	60
Figura 4.17 - Execução da lista de tarefas 1 no escaneamento microtomográfico inicial. Os pixels brancos representam o volume do canal após o preparo químico-cirúrgico	62
Figura 4.18 - Execução da lista de tarefas 2 no escaneamento microtomográfico final. Os pixels brancos representam o resíduo de medicação intracanal de Ca(OH) ₂	63
Figura 4.19 - Modelos tridimensionais. Canal radicular após remoção da medicação (cor vermelha); resíduo de medicação intracanal (cor verde); modelos tridimensionais sobrepostos do canal radicular após o preparo e resíduo de medicação intracanal	64

- Figura 5.1 - Imagens 2D do terço cervical – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço cervical apresentam-se irregularmente distribuídos, como se estivessem retidos em irregularidades da parede dentinária70
- Figura 5.2 - Imagens 2D do terço médio – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço médio encontram-se irregularmente distribuídos, como se estivessem retidos em irregularidades da parede dentinária71
- Figura 5.3 -Imagens 2D do terço apical – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço apical encontram-se na forma de aglomerados71

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Formação dos grupos experimentais de acordo a técnica de remoção da medicação intracanal de Ca(OH)_2 . Instrumento adicional (I), ultrassom (U), sim (+), não (-)	51
Quadro 4.2 - Parâmetros de aquisição das imagens, utilizados no escaneamento dos dentes	55
Quadro 4.3 - Parâmetros utilizados na reconstrução tridimensional dos dentes	56
Quadro 4.4 - Densidade limite por etapa adotada para canal radicular, medicação intracanal e resíduo de medicação	60
Quadro 4.5 - Fluxograma da sequência metodológica utilizada no presente estudo..	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus centígrados
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
CAD	Comprimento aparente do dente
CDC	Limite cimento-dentina-canal
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CN	Grupo controle negativo
CRI	Comprimento real do instrumento
CRT	Comprimento real de trabalho
D	Dimensão
DNA	Ácido dextrorribonucleico
DP	Desvio padrão
EDTA	Ácido etileno diamino tetracético
EDTA-T	Ácido etileno diamino tetracético + tergentol
F1	Finishing file 1
F2	Finishing file 2
F3	Finishing file 3
F4	Finishing file 4
F5	Finishing file 5
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
g	Gramas
I	Instrumento adicional
ICB	Instituto de Ciências Biomédicas
ICB-USP	Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo
IF	Instrumento final
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KHz	Quilohertz
kV	Quilovolt
LPS	Lipopolissacarídeo

M _{30d}	Medicação intracanal após 30 dias
MIC	Medicação intracanal
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
Min	Minuto
mL	Mililitros
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro cúbico
Mp	Mega pixels
MPa	Mega Pascal
n	Número amostral
NaOCl	Hipoclorito de sódio
Nm	Newton metro
N ^o	Número
<i>p</i>	Probabilidade
P.A.	Pró-análise
PA	Pará
pH	Potencial hidrogeniônico
PQC	Preparo químico-cirúrgico
RJ	Rio de Janeiro
R _{mic}	Resíduo de medicação intracanal
ROI	Região de interesse
RPM	Rotações por minuto
S1	Shaping file 1
S2	Shaping file 2
SP	São Paulo
SX	Shaping file X
U	Ultrassom
USP	Universidade de São Paulo
v.	Versão
V _{final}	Volume do canal após o preparo químico-cirúrgico
V _{inicial}	Volume do canal cirúrgico
VOI	Volume de interesse
μA	Microampere

μm

Micrômetro

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Por cento
±	Mais ou menos
#	Número
®	Marca registrada
+	Sim
-	Não
<	Menor
°	Grau
=	Igual
>	Maior
≤	Menor ou igual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1 O HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO	28
2.2 QUESTÕES RELACIONADAS À REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL	30
2.3 IRRIGANTES UTILIZADOS NA REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL	32
2.4 USO DO INSTRUMENTO FINAL NA REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL	35
2.5 USO DO ULTRASSOM NA REMOÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$	36
2.6 MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	38
3 PROPOSIÇÃO	43
4 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	44
4.2 SELEÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS DENTES	44
4.3 ACESSO CORONÁRIO E PREPARO QUÍMICO-CIRÚRGICO DAS AMOSTRAS	45
4.4 APLICAÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$	49
4.5 DEFINIÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS SEGUNDO A TÉCNICA DE REMOÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$	50
4.6 MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	52
4.6.1 Ajustes no microtomógrafo e <i>software</i> de controle de operação do equipamento	53
4.6.2 Escaneamentos microtomográficos	54
4.6.3 Reconstrução tridimensional	56
4.6.4 Seleção do volume de interesse (VOI) e região de interesse (ROI)	56
4.6.5 Análise da região de interesse	59
4.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	65
5 RESULTADOS	66
5.1 VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO E VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS	66

5.2 VOLUME DE MIC / VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO	68
5.3 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC	68
5.4 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC / VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO	69
5.5 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC / VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS	69
5.6 VOLUME FINAL DO CANAL E VARIAÇÃO PERCENTUAL EM RELAÇÃO AO VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO	72
6 DISCUSSÃO	73
6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A TÉCNICA ENDODÔNTICA UTILIZADA	73
6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA ..	75
6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO E VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS (V_{inicial} , M_{30d} e $M_{30d} / V_{\text{inicial}}$)	76
6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O VOLUME DE RESÍDUO DE MIC (R_{mic} , $R_{\text{mic}}/V_{\text{inicial}}$ e R_{mic}/M_{30d})	78
6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O VOLUME FINAL DO CANAL E VARIAÇÃO PERCENTUAL EM RELAÇÃO AO VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO	82
7 CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS	86
ANEXO	95

1 INTRODUÇÃO

Bactérias e os produtos do seu metabolismo desempenham um papel fundamental no desenvolvimento das patologias pulpo-periapicais. Embora as técnicas de preparo químico-cirúrgico associadas ao uso de substâncias químicas auxiliares tenham melhorado consideravelmente ao longo dos anos, não é possível se obter a antissepsia completa do sistema de canais radiculares apenas com estes procedimentos, sendo necessária a antissepsia química proporcionada pela medicação intracanal¹. Entre os vários tipos de medicação de uso endodôntico, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) é a mais utilizada com o objetivo de complementar a antissepsia radicular de polpas necróticas e de periodontites apicais, bem como nos casos de apicificação²⁻⁷.

Após completar o tempo necessário de ação da medicação, o Ca(OH)_2 deve ser removido de maneira que as paredes do canal radicular recuperem a permeabilidade, importante para a adaptação do material obturador endodôntico⁸⁻¹⁰. A permanência de resíduos influencia a resistência de união à dentina⁹, comprometendo a qualidade do selamento promovido pela obturação endodôntica¹⁰, podendo também reagir quimicamente com o cimento endodôntico, reduzindo seu escoamento e tempo de trabalho¹¹.

Assim sendo, é consenso na literatura que, idealmente, a medicação intracanal de Ca(OH)_2 deve ser eficazmente removida antes da obturação do canal radicular com o intuito de se obter uma interface sem descontinuidades entre o cimento obturador e a dentina radicular^{9, 12}, haja visto que a completa impermeabilização dos canais radiculares é um dos fatores fundamentais para o sucesso da terapia endodôntica¹³. A solubilidade deste fármaco nos fluidos tissulares a longo prazo deixaria “vazios” na interface cimento obturador endodôntico/dentina radicular, podendo favorecer a proliferação bacteriana e, posteriormente, ocasionar microinfiltração no selamento obturador¹³.

Vários produtos e técnicas têm sido propostos para a remoção do hidróxido de cálcio, tais como o uso associado da irrigação com hipoclorito de sódio a agentes desmineralizantes, a recapitulação com a lima final, a utilização de instrumentos rotatórios de níquel-titânio, o uso de irrigação sônica (EndoActivator e EndoVac) ou ultrassônica^{9, 14-19}. De modo geral, a utilização da irrigação ultrassônica passiva em

conjunto com instrumentos rotatórios de níquel-titânio tem demonstrado uma maior eficácia na remoção do hidróxido de cálcio quando comparado com técnicas que utilizam irrigação convencional, não ultrassônica^{14, 20}.

A remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com a utilização de um instrumento adicional ao instrumento final foi pouco investigada pela literatura e, ainda assim, os estudos existentes não avaliaram esta técnica objetivamente em relação à quantidade de resíduos, mas sim à influência destes no selamento obturador^{10, 21}. A utilização do instrumento adicional como técnica de remoção da medicação de Ca(OH)_2 tem sido utilizada por alguns grupos acadêmicos, pois acredita-se que seu uso aumente a eficácia deste procedimento. Assim sendo, justifica-se a necessidade de novas pesquisas que abordem este assunto.

Apesar de todos os esforços para desenvolver um protocolo de remoção da medicação de Ca(OH)_2 , ainda não existem substâncias e técnicas que sejam capazes de remover satisfatoriamente os resíduos de Ca(OH)_2 , principalmente no terço apical do canal. Considerando a importância da remoção da medicação intracanal antes da obturação endodôntica e a evidente persistência de resíduos de hidróxido de cálcio mesmo após utilização das técnicas consideradas como as de melhor desempenho clínico, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar, através de microtomografia computadorizada, a eficácia do uso do ultrassom e do instrumento adicional, bem como da associação de ambas as técnicas, na remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A técnica endodôntica tem avançado com a evolução na metalurgia dos instrumentos endodônticos e técnicas rotatórias de preparo químico-cirúrgico. No entanto, as bases biológicas do tratamento endodôntico persistem. O tratamento endodôntico é essencialmente voltado para a prevenção e controle das infecções pulpares e perirradiculares. Para o reparo dos tecidos periapicais, é necessário o controle da infecção microbiana, especialmente bactérias e seus subprodutos, e das fontes de nutrientes do sistema de canais radiculares^{1, 22}, visto que dentes com canais radiculares infectados no momento da obturação endodôntica apresentam menor índice de sucesso quando comparados aos canais radiculares onde nenhuma cultura de microrganismos foi detectada^{2, 23}.

No entanto, a eliminação completa dos microrganismos somente pelo preparo químico-cirúrgico é improvável. Mesmo considerando-se que a utilização de irrigantes antimicrobianos durante a realização deste procedimento leve à diminuição da quantidade de microrganismos no canal, aproximadamente 50% dos dentes ainda abrigam um pequeno número de bactérias capazes de manter o processo infeccioso após o preparo do canal²⁴. Em parte, a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares e a presença de istmos, ramificações, deltas, canais acessórios e canais laterais tornam algumas áreas inacessíveis aos instrumentos e irrigantes^{5, 6}. Mesmo que a presença de microrganismos no canal não conduza necessariamente ao fracasso do tratamento, pode-se afirmar que a sua ausência certamente favorece a cicatrização²⁵. Por este motivo, preconiza-se a associação do preparo químico-cirúrgico com a medicação intracanal antimicrobiana entre as consultas, por um período de tempo variável antes da obturação, com o objetivo de eliminar as bactérias remanescentes no canal radicular em casos de periodontite apical^{26, 27}.

2.1 O HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO

Desde a introdução do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na Endodontia por Hermann em 1920, essa substância química é reconhecida como um dos curativos antimicrobianos mais eficazes na terapia endodôntica. O Ca(OH)_2 tem sido a medicação intracanal mais indicada nos casos de polpas necróticas e lesões periapicais crônicas por apresentar atividade antimicrobiana muito bem documentada na literatura^{2, 4, 6}. Isto também é verificado em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar e periodontite apical, e nos casos de apicificação e revascularização^{3, 7}.

O hidróxido de cálcio é uma substância que se apresenta para o uso endodôntico em forma de um pó branco inodoro, quimicamente classificado como uma base forte, possuindo pH entre 12,5 a 12,8. Quando em solução aquosa, dissocia-se em íons cálcio e íons hidroxila, exercendo assim ação antimicrobiana e indutora da deposição de tecidos mineralizados. Além disso, sua biocompatibilidade é atribuída à baixa solubilidade em água e difusão limitada, atuando como uma barreira física ao preencher o espaço do canal. Desta forma, impede a entrada de bactérias no sistema de canais radiculares, aprisiona os microrganismos remanescentes sem acesso a substratos para o crescimento e limita o espaço para a sua multiplicação²⁸.

O principal mecanismo de ação antimicrobiana do Ca(OH)_2 está relacionado ao aumento do pH verificado em virtude da alta concentração de íons hidroxila quando em ambiente aquoso²⁷. Íons hidroxila apresentam reatividade extrema com várias moléculas, resultando em um efeito letal às células bacterianas, provavelmente devido aos seguintes fatores: 1) danos à membrana citoplasmática; 2) danos ao DNA; 3) desnaturação das proteínas^{25, 27}. A interação dos íons hidroxila com bactérias gram-negativas, muito frequentes em lesões persistentes, é capaz de quebrar os ácidos graxos da parede celular e hidrolisar o lipopolissacarídeo (LPS) bacteriano^{22, 29}. Quanto à ação mineralizadora do Ca(OH)_2 , sabe-se que esta propriedade é diretamente influenciada pelo alto pH. Um meio alcalino não somente neutraliza o ácido láctico dos osteoclastos, como também pode ativar a fosfatase alcalina, a qual tem um importante papel na formação dos tecidos mineralizados.

O tipo de veículo utilizado em associação ao pó de Ca(OH)_2 influencia diretamente sua eficácia, pois determina a velocidade de dissociação iônica, promovendo diferentes taxas de absorção, tanto pelos tecidos periapicais como no interior do canal radicular²⁸. Comparado com os agentes aquosos, os veículos viscosos e oleosos prolongam a ação do hidróxido de cálcio, pois quanto mais alta for a viscosidade do veículo, mais lenta será a dissociação iônica. Um veículo com peso molecular elevado minimiza a dispersão do Ca(OH)_2 para os tecidos, mantendo a pasta na área desejada por períodos de tempo mais prolongados³⁰. Além disso, a difusão dos íons hidroxila na dentina radicular também depende do período em que o Ca(OH)_2 permanece no interior do canal, do diâmetro dos túbulos dentinários e das características da *smear layer* resultante do preparo químico-cirúrgico.

O tempo necessário para o hidróxido de cálcio atuar como medicação intracanal no sistema de canais radiculares está relacionado com a presença ou ausência de exsudação radicular, bem como com o tipo de microrganismo envolvido, localização do microrganismo no sistema de canais radiculares e com a presença ou ausência da camada de *smear layer*, podendo variar de sete a trinta dias^{25, 27}. A medicação intracanal de Ca(OH)_2 deve permanecer no interior do canal por um período de tempo que permita a difusão dos íons hidroxila através da dentina. De modo geral, o Ca(OH)_2 leva cerca de 28 dias para ser detectado na superfície externa da dentina³¹.

Especificamente no terço apical, foi verificado que íons hidroxila atingem a superfície externa do cimento após 21 dias³². Quando a medicação foi mantida por sete dias, a permanência de microrganismos no interior do canal foi observada em 34,8% dos casos³³, sugerindo que o Ca(OH)_2 deve permanecer no canal radicular por períodos mais prolongados para que se difunda para o interior da dentina e desempenhe sua ação bactericida. O tempo mínimo necessário para que o Ca(OH)_2 eleve o pH na dentina radicular externa apical está em torno de 15 a 21 dias³². Estudos mais recentes mostraram maior redução da microbiota anaeróbia e aeróbia quando da aplicação do Ca(OH)_2 por um período de 15 dias³⁴.

2.2 QUESTÕES RELACIONADAS À REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL

Usualmente, o Ca(OH)_2 utilizado como medicação intracanal é removido por meio de uma combinação de técnicas de irrigação com substâncias químicas auxiliares³⁵. Os métodos descritos na literatura incluem: 1) método convencional de irrigação apenas com o hipoclorito de sódio ou associado a agentes descalcificantes; 2) recapitulação com a lima final, utilizada manualmente ou mecanicamente; 3) uso de irrigação sônica, ultrassônica ou de dispositivos como EndoActivator e EndoVac^{9, 14, 16-20}.

Há um consenso na literatura que a medicação de Ca(OH)_2 deve ser eficazmente removida antes da obturação endodôntica, com o intuito de se obter uma interface satisfatória entre o cimento obturador e a dentina radicular^{9, 12, 36, 37}, haja visto que a completa impermeabilização dos canais radiculares é um dos fatores fundamentais para o sucesso da terapia endodôntica¹³. No entanto, a permanência intracanal de resíduos de substâncias como o hidróxido de cálcio pode interferir na qualidade do selamento radicular.

Preferencialmente, o cimento obturador deve penetrar nos túbulos dentinários, formando uma massa homogênea com os cones de guta-percha^{13, 30}. O uso crescente de cimentos endodônticos com características resinosas³⁸ requer uma adesão efetiva deste à dentina, a qual deve apresentar uma superfície livre de resíduos que possam atuar como uma barreira física à penetração dos monômeros resinosos nos túbulos dentinários. Além disso, o alto pH do Ca(OH)_2 pode atuar neutralizando a acidez do *primer* dos adesivos auto-condicionantes³⁹.

No entanto, tem sido demonstrado que a pasta de hidróxido de cálcio não é facilmente removida do canal radicular³⁵. Estudos demonstraram a permanência de resíduos nas paredes do canal^{12, 35, 40-43} e a influência negativa destes na adaptação do material obturador, na penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários e no prognóstico do tratamento⁸⁻¹⁰. Isto provavelmente está relacionado a um aumento da microinfiltração pós-obturaçã¹⁰.

Resíduos de Ca(OH)_2 também podem reduzir o escoamento e o tempo de trabalho do cimento obturador¹¹. Os resíduos de Ca(OH)_2 apresentam afinidade com o eugenol dos cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, tornando o cimento

granuloso e mecanicamente mais fraco, o que favorece a infiltração apical. Isto não ocorre quando nenhuma ou outras medicações diferentes do Ca(OH)_2 são utilizadas⁴¹. A obturação de canais laterais também é prejudicada pela presença de resíduos de Ca(OH)_2 , visto que nos casos em que a medicação intracanal não foi utilizada observou-se uma maior quantidade de canais laterais obturados⁴⁴.

Na presença de resíduos de Ca(OH)_2 , os valores de resistência de união à dentina obtidos com o sistema obturador Epiphany/Resilon (Dentsply) foram estatisticamente mais baixos nos dois grupos experimentais que utilizaram o Ca(OH)_2 antes da obturação sugerindo que os resíduos de Ca(OH)_2 interferem na adesão dos cimentos resinosos à parede do canal radicular, embora os valores de adesão obtidos estejam dentro das médias aceitáveis pela literatura⁴⁵.

A quantidade de medicação remanescente após a irrigação/aspiração parece ser pouco afetada pelo veículo ao qual o Ca(OH)_2 está associado. Diferentes veículos, tais como propilenoglicol, clorexidina a 2%, água destilada ou pasta antibiótica utilizados em associação com o Ca(OH)_2 não interferiram na quantidade de Ca(OH)_2 residual, encontrado em todos os tipos de associações independentemente das substâncias químicas irrigantes utilizadas. Dessa forma, a escolha do veículo irá depender do tempo de ação desejado para a medicação e da necessidade ou não de ação antimicrobiana adicional⁴⁶.

Clinicamente, não é possível observar se todo o Ca(OH)_2 foi removido das paredes do canal. Da mesma forma, a presença de resíduos também não pode ser identificada radiograficamente de forma clara, uma vez que estes apresentam radiopacidade semelhante à da dentina. Assim sendo, o protocolo adotado na remoção da medicação deve assegurar a máxima remoção de resíduos, uma vez que a instabilidade dimensional do Ca(OH)_2 , bem como sua alta solubilidade em meio aquoso, podem aumentar o risco de microinfiltração das obturações endodônticas no longo prazo e possibilitar o surgimento de vazios na obturação⁸.

2.3 IRRIGANTES UTILIZADOS NA REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é um irrigante endodôntico universalmente utilizado durante os procedimentos de preparo químico-cirúrgico e remoção da medicação intracanal⁴⁷. Possui efeito antibacteriano e capacidade de dissolver a matéria orgânica vital e necrótica, atuando em conjunto com o alargamento mecânico dos canais radiculares. A concentração do NaOCl usado na Endodontia é uma questão muito controversa, variando entre 0,5% e 5%. Há evidências que concentrações mais altas causam diminuição no módulo flexural da dentina humana, quando comparado com a solução salina ou com o hipoclorito de sódio a 0,5%⁴⁸. Isto ocorre provavelmente devido à ação proteolítica do NaOCl em altas concentrações sobre a matriz colágena da dentina. Por outro lado, em comparação às outras concentrações, a redução da microbiota não é muito superior quando o hipoclorito de sódio a 5% é utilizado⁴⁹. Áreas insuficientemente limpas podem ser o resultado da inabilidade da substância em alcançar fisicamente todo o sistema de canais radiculares, e não da concentração. Portanto, com base nos achados atuais, não há evidências que justifiquem o uso de soluções de NaOCl em concentrações acima de 1%, visto que sua eficácia pode ser aumentada com a utilização de soluções recém-preparadas, com o aumento do volume da solução e com o uso de agitação mecânica⁴⁸.

O hipoclorito de sódio, porém, não atua sobre a porção inorgânica da dentina e da medicação⁵⁰. Com o intuito de remover os componentes inorgânicos, agentes descalcificantes têm sido recomendados como coadjuvantes na terapia endodôntica. O ácido etileno diamino tetracético (EDTA) é o agente descalcificante mais utilizado, especialmente na concentração de 17%, embora o ácido cítrico em concentrações semelhantes demonstre eficácia ligeiramente superior⁴⁸. O EDTA tem a capacidade de quelar o íon cálcio dos resíduos de Ca(OH)_2 , tornando-os mais fáceis de serem removidos pela irrigação⁴¹, e é utilizado para alargar canais, remover o *smear layer* e aumentar a permeabilidade das paredes dentinárias, preparando-as para a adesão à materiais de obturação⁹. O tempo de permanência do EDTA não deve exceder um minuto, uma vez que períodos superiores de aplicação podem ocasionar erosão

dentinária⁵¹. Assim, para uma efetiva remoção de ambos os componentes orgânicos e inorgânicos, recomenda-se o uso do NaOCl seguido do EDTA.

Comparada com a utilização de agentes descalcificantes, a irrigação com hipoclorito de sódio é pouco eficaz na remoção do hidróxido de cálcio. Agentes descalcificante tais como o ácido cítrico a 10% ou o EDTA a 17% são mais eficazes em remover o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ intracanal do que somente o NaOCl a 1% ou a água destilada. Já a combinação entre o NaOCl a 1% e agentes descalcificante não resulta em melhora significativa na remoção do hidróxido de cálcio intracanal quando comparada à utilização somente do EDTA a 17% ou o ácido cítrico a 10%¹⁸.

A eficácia da irrigação depende não apenas da ação química das soluções utilizadas, mas também do poder de penetração do irrigante no sistema de canais radiculares. Esse contato com todas as paredes do canal e com os resíduos nele encontrados depende da capacidade de molhamento da solução. Para líquidos, esta propriedade está diretamente relacionada à sua tensão superficial, definida como sendo a força de atração entre as moléculas na sua superfície. Neste quesito, tanto o hipoclorito de sódio como o EDTA apresentam, dentre as soluções mais comumente utilizadas em endodontia, os valores mais baixos, justificando o uso de ambos como forma de favorecer a penetração e contato com a superfície dentinária⁵².

Outros fatores a serem considerados são o diâmetro e a conicidade do preparo, o tipo de agulha utilizada e a distância que esta é posicionada em relação ao comprimento de trabalho. Um bom alargamento desde a cervical, removendo obstáculos, e um preparo apical mínimo permitem que a solução flua mais facilmente para todas as regiões do canal. Além disso, a distribuição da solução pode ser afetada pelo uso de agulhas com grande calibre, pela distância entre a ponta da agulha e o término da raiz, e pelo alargamento insuficiente do conduto. Por exemplo, uma agulha número 27 posicionada a três milímetros do comprimento de trabalho em um conduto alargado apicalmente até o instrumento #30 permite a penetração do irrigante em toda extensão do canal radicular. Por outro lado, a uma distância de 9 mm do comprimento de trabalho, nenhuma agulha, independente do diâmetro final do preparo, é capaz de fazer a solução alcançar a região apical⁵³. Assim, o diâmetro da agulha deve permitir que sua ponta alcance um milímetro aquém do comprimento de trabalho, de forma a melhorar a eficácia da irrigação na região apical⁵⁴. Muito embora o uso de agulhas de baixo calibre pareça óbvio para

alcançar uma maior penetração nos canais, deve-se ressaltar que agulhas mais finas exijam uma maior pressão do êmbolo, podendo resultar em extravasamento da solução⁵⁵.

A eficácia da irrigação na remoção de resíduos está diretamente relacionada ao volume de solução que é levado para o interior dos canais radiculares. Quanto maior o volume de solução levada aos canais, maior é o fluxo produzido, o que certamente favorece a limpeza. Além disso, um grande volume de solução também permite que haja renovação do conteúdo que está nos canais, com maior potencial para as reações químicas que promovem a eliminação de resíduos e microrganismos⁵².

Dispositivos para irrigação, como o sistema EndoVac (SybronEndo, Orange, CA, EUA), parecem otimizar a ação das substâncias químicas utilizadas para a remoção da medicação intracanal do espaço endodôntico. Este sistema apresenta-se como uma nova forma de irrigação endodôntica que, ao contrário dos sistemas de pressão positiva que usam cânulas ou agulhas com saída lateral, funciona através de pressão apical negativa que remove o fluido apical por meio de sucção. A solução irrigante é aspirada ainda longe do forame apical, praticamente eliminando o risco de extravasamento. Em relação à limpeza do canal e remoção do Ca(OH)_2 intracanal, este sistema tem mostrado desempenho superior em relação aos demais métodos de irrigação.

No sistema EndoVac, uma ponta de liberação/evacuação é ligada a uma seringa de irrigação e à pressão da bomba de sucção da cadeira odontológica. A ponta de liberação/evacuação libera a solução irrigadora ao mesmo tempo que o excesso é aspirado por uma macro ou microcânula. A macrocânula apresenta diâmetro #55 (ISO) e conicidade .02. A microcânula contém 12 pequenos orifícios laterais, sendo fechada na ponta com diâmetro final #32 (ISO). À medida que a cânula entra no canal, uma pressão negativa joga a solução até a ponta e a remove por sucção. A microcânula pode ser usada até o comprimento de trabalho em um canal preparado até o instrumento #35 ou mais⁵⁶, o que, apesar da eficácia de remoção de cerca de 99%, limita sua utilização a canais alargados em calibre igual ou superior a #35 (ISO).

2.4 USO DO INSTRUMENTO FINAL NA REMOÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO INTRACANAL

Em canais retos, a associação de 15 mL de EDTA-T a 17%, recapitulação com lima final, creme de Endo-PTC e 15 mL de hipoclorito de sódio a 0,5% foi a técnica que demonstrou melhor resultado na remoção do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 36 horas após a sua inserção em todos os terços, quando comparada somente ao uso da irrigação com substâncias químicas, sem a recapitulação. Esta diferença se deveu ao resultado observado no terço apical, sendo que os demais terços apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre os grupos testados¹⁶.

Em dentes unirradiculares com raízes retas, a eficácia da utilização do instrumento final na remoção de vários tipos de pastas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ utilizadas como medicação intracanal foi avaliada através de imagens obtidas de cortes longitudinais, por terços (apical, médio e cervical). A remoção das pastas foi realizada 10 dias após a inserção, utilizando a recapitulação com a lima final e irrigação com 5 mL de NaOCl a 1%, seguido de irrigação com 5 mL de EDTA a 17% e lavagem final com 5 mL de NaOCl a 1%. Após essa etapa as amostras foram divididas em dois subgrupos, com e sem a patência (manutenção do forame apical livre de detritos) obtida com a lima tipo K #10. Nenhuma das técnicas utilizadas foi totalmente eficaz em remover a medicação intracanal. O uso da lima de patência facilitou a remoção da medicação intracanal, especialmente na região apical⁵⁷.

As técnicas de remoção do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ normalmente são eficazes no terço cervical e médio e deficientes no terço apical^{41, 57}. Dessa forma, parece existir um consenso entre os autores de que a remoção do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ no terço apical do canal é difícil de ser obtida somente com a utilização de substâncias químicas e lima final, podendo permanecer resíduos nas paredes dentinárias, nas irregularidades e nas extensões do canal⁴¹.

2.5 USO DO ULTRASSOM NA REMOÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$

A agitação mecânica do irrigante, seja através da lima endodôntica, da espiral de lentulo ou da vibração ultrassônica⁵⁸, melhora a efetividade da limpeza do canal, favorecendo a limpeza de áreas que não foram limpas mecanicamente, principalmente nas regiões do canal anatomicamente difíceis de serem alcançadas⁵⁹.

A irrigação ultrassônica passiva (IUP) foi primeiramente descrita por Weller et al.⁶⁰, sendo denominada passiva pelo fato do instrumento não ser propositadamente levado contra a parede do canal para promover ação de corte, agindo somente através da vibração. Neste método a energia é transmitida de uma lima ou ponta ultrassônica oscilando em frequências entre 25 e 30 KHz posicionada no centro do canal radicular para o irrigante, induzindo dois fenômenos físicos na solução irrigante: fluxo acústico e cavitação¹⁵. O fluxo acústico pode ser definido como um movimento rápido e intenso em forma circular ou em turbilhão, em torno do instrumento vibrante. Já a cavitação, no contexto da mecânica dos fluidos, é a criação de bolhas de vapor ou a expansão, contração e/ou distorção de bolhas pré-existentes no líquido^{15, 58, 59}.

O fluxo acústico produzido com a vibração ultrassônica é capaz de deslocar resíduos orgânicos e inorgânicos das paredes do canal¹⁵. Uma possível explicação desse efeito é o aumento da velocidade e do volume do fluxo irrigante criado no canal durante a irrigação ultrassônica⁶¹. Para tal, faz-se necessário que a solução irrigante possua boa capacidade de molhamento, alcançando assim todo o sistema de canais. Desta forma, os resíduos orgânicos e inorgânicos de tecido pulpar e/ou a *smear layer* tornam-se completamente inundados pela solução e susceptíveis a agitação ultrassônica⁵⁹.

A agitação mecânica promovida pela vibração ultrassônica ou lima rotatória em conjunto com a irrigação pode melhorar a remoção do hidróxido de cálcio. Ao utilizar métodos mecânicos para remover o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ intracanal em molares inferiores, Kenee et al. (2006)¹⁴ constataram resultados estatisticamente superiores na porcentagem de resíduos de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em relação ao volume intracanal quando a irrigação ultrassônica (3,2%) ou uso de instrumentos rotatórios (4,3%) eram

associados às substâncias químicas irrigantes, em comparação aos métodos que utilizaram somente o hipoclorito de sódio (19,4%) ou hipoclorito de sódio em combinação com EDTA (19,0%).

Há evidências na literatura acerca da maior eficácia do hipoclorito de sódio na remoção de resíduos de Ca(OH)_2 quando a irrigação é associada ao uso do ultrassom, em comparação à irrigação convencional. Por exemplo, o método de irrigação ultrassônica por três minutos associado ao hipoclorito de sódio a 2% demonstrou maior percentual de remoção da pasta de Ca(OH)_2 da região apical de raízes retas (63,3%) do que o ultrassom utilizado em associação com água (6,7%), bem como em relação a irrigação somente com hipoclorito de sódio a 2% (16,7%), utilizado com irrigação convencional²⁰.

Em outro estudo, foi observado através de cortes longitudinais de raízes que o uso do *Canal Brush* (Coltène/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, EUA) ou da irrigação ultrassônica passiva por 30 segundos para agitar o NaOCl deixou quantidades estatisticamente menores de resíduos, 24% e 26% respectivamente, em relação aos grupos que utilizaram somente o NaOCl (51%) ou o NaOCl associado ao EDTA sem nenhuma agitação mecânica (42%)⁶².

A efetividade do ultrassom em remover resíduos também é influenciada pelas características anatômicas do canal. Neste sentido, ele é mais eficiente em canais com diâmetros maiores, pois a oscilação do instrumento ocorre livremente no canal. Já em canais estreitos e curvos, o instrumento pode ter o movimento vibratório restringido ao tocar na parede, diminuindo a eficiência da limpeza. A dificuldade do irrigante em alcançar o terço apical do canal fazem com que a irrigação ativada mecanicamente tenha menos influência nessa região⁵⁹, uma vez que a oscilação da ponta do instrumento ultrassônico é restringida pelo espaço reduzido⁶³. Um tempo de ativação ultrassônica de 30 segundos a um minuto é o recomendado para proporcionar canais mais limpos. O uso por período de tempo superior dificulta a manutenção do instrumento centralizado no canal e, conseqüentemente, aumenta a possibilidade de toque nas paredes dentinárias¹⁵.

A irrigação sônica, por sua vez, é diferente da irrigação ultrassônica, pois trabalha em baixa frequência, variando de 1 a 6 KHz e, conseqüentemente, a velocidade de fluxo transmitida ao irrigante é menor¹⁵. Aparelhos de ativação sônica foram introduzidos no mercado (Endo Activator, Dentsply, York, PA, EUA) com o intuito de melhorar a fase de irrigação. No entanto, ao comparar o uso do Endo

Activator com a irrigação ultrassônica passiva na remoção do Ca(OH)_2 intracanal em molares inferiores através de microtomografias computadorizadas, foi constatado que a IUP removeu significativamente mais Ca(OH)_2 (69,5%) em comparação com a ativação sônica (48,6%)⁵⁸. Não obstante, ambas se mostraram superiores ao uso da lima Protaper e irrigação convencional, em todas as regiões do canal⁶⁴.

Uma variedade de técnicas e substâncias químicas auxiliares tem sido investigadas na remoção dos resíduos de hidróxido de cálcio após utilização como medicação intracanal. A irrigação com EDTA e recapitulação com a lima final¹⁶, assim como a utilização de instrumentos rotatórios ou pontas de ultrassom em conjunto com a irrigação, são os métodos que tem sido mais recomendados^{14, 16-18}. Entretanto, constata-se que os protocolos descritos na literatura não são totalmente eficazes em remover os resíduos de hidróxido de cálcio^{14, 20}. Isto justifica novas pesquisas que avaliem a remoção dessa substância por meio de novas técnicas, como a instrumentação com instrumento adicional ao instrumento final, com o objetivo de remover dentina radicular e assim melhorar a limpeza do canal em relação à remoção de resíduos de Ca(OH)_2 .

2.6 MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A literatura relata a avaliação dos resíduos de Ca(OH)_2 intracanal por diferentes métodos, como fotografias digitais, escaneamento de secções longitudinais associadas a *softwares* para contagem de pixels^{14, 57, 62}, visualização direta de secções longitudinais utilizando método de escores^{18, 20}, análise química pontual de íons cálcio (espectrometria por dispersão de raios-X - EDS)⁴⁶ e microscopia eletrônica de varredura^{16, 65}. Estes métodos necessitam de processamento das amostras, procedimento este que pode alterar características importantes a serem avaliadas. Por exemplo, a desidratação necessária ao processamento das amostras para as microscopias eletrônica de transmissão e de varredura pode causar contração e o surgimento de artefatos⁶⁶.

A maioria desses métodos de estudo é baseada em análises bidimensionais, não refletindo com precisão a tridimensionalidade do que está sendo estudado, além de não possibilitarem análises de uma mesma amostra em fases distintas do

tratamento. Assim sendo, pesquisas têm sido realizadas propondo novas metodologias que possibilitem avaliações mais reais do que se pretende estudar, e com a perspectiva de analisar diferentes parâmetros em uma análise tridimensional.

A microtomografia computadorizada (micro-CT) surgiu como uma opção com aplicações promissoras nas diferentes áreas da Odontologia, inclusive na investigação endodôntica⁶⁷⁻⁷⁰. É um método que permite a visualização e a mensuração de parâmetros morfológicos sem ocasionar destruição dos espécimes e que, juntamente com os avanços dos programas de monitoramento de imagens, tem permitido pesquisas com resultados encorajadores.

Em endodontia, a micro-CT tem sido usada para avaliar a morfologia dental interna e externa^{56, 71, 72}, mudanças na morfologia do canal após várias técnicas de instrumentação⁷³⁻⁷⁶, qualidade de obturações endodônticas através de reconstruções 3D, com a possibilidade de calcular o volume de espaços vazios⁷⁷⁻⁷⁹, qualidade de desobturações endodônticas⁸⁰, quantidade de *smear layer* após diferentes técnicas de irrigação⁸¹⁻⁸³ e a quantidade de resíduos de hidróxido de cálcio utilizado como medicação intracanal⁵⁸.

A partir do rastreamento microtomográfico, uma sequência de centenas de imagens bidimensionais são obtidas com resolução da ordem de micrometros. Com o auxílio de *softwares* próprios do sistema, estas imagens podem ser reconstruídas e observadas virtualmente nos três eixos (coronal, sagital e axial), gerando uma representação tridimensional do objeto de alta qualidade, com erros de medida da ordem de 1%⁶⁷. Mensurações qualitativas e quantitativas podem ser realizadas em diferentes planos e regiões diretamente na interface do *software*, através de ferramentas computacionais que podem determinar a medida real do volume ou área da região em questão, por exemplo. O *software* também permite a geração de modelos tridimensionais para posterior tratamento em *software* gráfico específico com vistas à renderização do objeto em análise⁷⁵.

Apesar de a microtomografia computadorizada ter sido introduzida para o estudo da natureza anisotrópica do tecido ósseo⁸⁴, também tem sido utilizada no estudo tridimensional do sistema de canais radiculares. Especificamente no estudo da morfologia dental, a reconstrução tridimensional, com resolução da ordem de aproximadamente 40 μm^3 (voxel: unidade de volume da imagem ou um *pixel* em três dimensões) mostrou-se capaz de reproduzir fielmente a morfologia dental interna e externa, permitindo que o volume e a área do espaço pulpar fossem medidos⁶⁷.

Essa tecnologia possui vantagens em relação aos métodos tradicionais. Por ser um método rápido e não destrutivo, fornece resultados reproduzíveis e comparáveis aos histológicos⁸⁵, permite avaliar passos sequenciais do tratamento e pode ser aplicado em dentes com anatomia complexa⁸². É possível a binarização (segmentação em cores branco e preto) da imagem do canal radicular, da medicação intracanal de Ca(OH)_2 e do respectivo resíduo de medicação, bem como a análise quantitativa de variáveis como volume, área de superfície e diâmetro do canal^{75, 83}.

A validade da micro-CT como método de pesquisa para o estudo do espaço interno do canal radicular e da área da superfície externa foi testada por Rhodes et al.⁶⁸, por meio do escaneamento de dez molares inferiores antes e após serem instrumentados. Em seguida, as raízes foram seccionadas em cinco níveis pré-determinados. Imagens das seções transversais foram digitalizadas e comparadas com as imagens obtidas através da micro-CT, em relação às áreas internas e externas do canal radicular. Foi constatada uma correlação altamente significativa entre as imagens, fazendo com que a micro-CT fosse efetivamente considerada pelos autores como uma técnica reproduzível para avaliação tridimensional e não invasiva do sistema de canais radiculares.

A precisão do método micro-CT na reprodução da morfologia do canal radicular foi avaliada com resolução de 34 μm . As áreas de superfície e os volumes da cada canal foram calculados por meio do método de triangulação e as médias determinadas. Os autores concluíram que a geometria do canal radicular foi corretamente avaliada por esta técnica e, portanto, os índices obtidos pelo método podem servir de base para a análise da anatomia do canal radicular em pesquisas laboratoriais futuras⁸⁶.

A micro-CT foi utilizada para quantificar a destruição óssea periapical nas patologias perirradiculares de ratos. Quando comparados com cortes radiográficos de 17 μm de espessura, demonstraram alta correlação, com variações da ordem de 4,1%. Portanto, mesmo em amostras com pequena dimensão, a micro-CT mostrou ser uma metodologia de imagem rápida, reproduzível, não-invasiva, cujos resultados são estreitamente comparáveis aos resultados obtidos pelos estudos histológicos⁸⁷.

Mudanças morfológicas da câmara coronária que ocorrem com o decorrer da idade são passíveis de serem avaliadas a partir da imagem tridimensional obtida com a micro-CT. Desgastes das coroas e a formação de tecido dental na câmara

pulpar foram calculados volumetricamente em dentes de diferentes grupos etários, medidas essas que não podiam ser realizadas com a histomorfometria convencional⁸⁸. Ainda, detalhes anatômicos diminutos, como canais intercondutos, istmos, canais acessórios e dois canais nas raízes mésio-vestibulares de molares superiores puderam ser detectados utilizando-se uma resolução de 12,5 μm ⁸⁹, sendo possível a segmentação, ou seja, a visualização simultânea ou isolada do esmalte, dentina e espaço pulpar, com diferentes colorações⁶⁷.

A micro-CT foi utilizada em um estudo pré-clínico para comparar duas técnicas de obturação realizadas por alunos de graduação. As falhas ficaram evidentes na reconstrução tridimensional dos canais; contudo, a definição entre cimento endodôntico e guta percha foi limitada. Assim sendo, guta percha e o cimento endodôntico foram considerados como uma única entidade no contexto da obturação⁷⁸.

O volume de debris dentinários e o volume da obturação endodôntica na área de istmo após o preparo e obturação, respectivamente, foram avaliados, realizando três escaneamentos: inicial, após o preparo e após a obturação e com uso de irrigação durante preparo químico-cirúrgico⁶⁹. A presença de espaços não obturados foi identificada e calculada pela diferença de coloração dos voxels na área antes e após a obturação, concluindo que o volume médio de material obturador foi de apenas 57,5%, considerando o volume total da área de istmo. Uma limitação foi constatada: de que os debris de tecidos mineralizados e o material de obturação podem ser facilmente visualizados, enquanto que remanescentes de tecidos moles são invisíveis nas imagens microtomográficas. Isto acontece porque o escaneamento microtomográfico é baseado em imagens radiográficas^{69, 81, 82}. Mas, teoricamente, seria possível obter uma evidência indireta da presença de resíduos orgânicos/tecidos moles no canal radicular assumindo que uma fina linha observada entre o material obturador opaco e a dentina mineralizada pode ser a indicação de debris de tecido mole que permaneceram no canal após a instrumentação/irrigação⁶⁹.

A análise por micro-CT já foi aplicada na determinação do volume de resíduos de medicação intracanal de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Com resolução de 35 μm , foram realizados três rastreamentos: 1) após o preenchimento com a medicação intracanal; 2) após remoção da medicação somente com limas rotatórias e; 3) após a irrigação que se seguiu ao uso das limas rotatórias. Duas técnicas de irrigação foram avaliadas: 1)

ativação sônica (Endo Activator) e 2) ativação ultrassônica passiva. A combinação de instrumentação rotatória e ativação ultrassônica passiva por três períodos de vinte segundos de ativação resultou em uma quantidade significativamente menor de resíduos no canal ($1,8 \text{ mm}^3$) quando comparada com a irrigação sônica ($3,3 \text{ mm}^3$)⁵⁸.

O uso da microtomografia tem limitações com respeito às aplicações *in vivo*. O escaneamento de animais é possível, mas em humanos a aplicação do método ainda não é viável⁸⁵. O tamanho das amostras a serem escaneadas é limitado e os escaneamentos microtomográficos somente detectam partículas inorgânicas de debris acumulados, e não os homólogos orgânicos⁸². Além disso, há que se considerar o alto custo de aquisição do equipamento e o elevado tempo necessário para cada escaneamento⁷².

Com base na literatura consultada, podemos chegar às seguintes constatações: as técnicas descritas evidenciam a dificuldade em se remover a medicação do terço apical do canal; nenhum trabalho utilizou metodologia que objetivasse a análise da quantidade de medicação intracanal de Ca(OH)_2 após 30 dias; utilizando como método de avaliação a micro-CT, somente um estudo⁵⁸ foi publicado com o objetivo de quantificar o volume de resíduos da medicação intracanal de Ca(OH)_2 , sendo que este estudo quantificou o volume de medicação após sete dias de aplicação; os métodos convencionais de análise não avaliaram na mesma amostra o volume de medicação após 30 dias e o respectivo volume de resíduo. Tais fatos nos motivaram a desenvolver esta pesquisa com a intenção de aprofundar a análise de assuntos que julgamos estarem em aberto, bem como avaliar questões até o momento não consideradas.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo *ex vivo* foi avaliar a eficácia de remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio com o uso da irrigação ultrassônica passiva, de um instrumento adicional ou da associação de ambos, por meio da microtomografia computadorizada. Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Volume de resíduo (em milímetros cúbicos);
- Porcentagem de resíduo em relação ao volume do canal cirúrgico;
- Porcentagem de resíduo em relação ao volume ocupado pela medicação após 30 dias.

Adicionalmente, foi verificado aumento de volume do canal cirúrgico ao final da remoção da medicação.

As hipóteses nulas testadas foram:

1. As técnicas avaliadas apresentam o mesmo grau de eficácia na remoção da medicação em toda a extensão do conduto radicular;
2. As técnicas testadas provocam alargamento semelhante do canal radicular, em cada um dos terços avaliados, em relação ao volume inicial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida no laboratório do Departamento de Biomateriais e Biologia Oral da Faculdade de Odontologia da USP e no Laboratório de Metabolismo Ósseo do Departamento de Anatomia do ICB-USP.

4.1 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Este trabalho foi conduzido de acordo com as normas descritas na resolução 196/96, versão 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, submetida à Plataforma Brasil e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (CEP/FOUSP), conforme parecer CEP Nº 317.629/2013 (Anexo A). Foram utilizados dentes humanos extraídos por motivos não relacionados à pesquisa, cuja doação foi autorizada pelos pacientes através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido de doação de dentes humanos.

4.2 SELEÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS DENTES

Foram selecionados trinta e dois dentes humanos unirradiculares, recém-extraídos, os quais se enquadravam nos critérios de inclusão da pesquisa, verificados através de lupa de dez aumentos e tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial e méso-distal (Figura 4.1).

Com base nos critérios de inclusão, os dentes deveriam apresentar um único canal radicular, ápice completamente formado e ausência de cárie radicular. Para melhor padronização da amostra, foram selecionados por meio de um paquímetro digital (Digimess, Shiko Precision Gaging Ltda, Baillagues, Suíça) dentes que apresentavam comprimento total entre 20 e 23 milímetros. Foram excluídos os

dentes com processos degenerativos do tipo calcificações e/ou reabsorções e fraturas radiculares.

Remanescentes de tecidos moles e cálculo aderidos à superfície dentária foram removidos com curetas periodontais e ultrassom. Os dentes foram mantidos em solução fisiológica estéril renovada a cada 24 horas até o início do experimento⁹⁰.

Figura 4.1 – Seleção dos dentes. Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (A) e méso-distal (B)

4.3 ACESSO CORONÁRIO E PREPARO QUÍMICO-CIRÚRGICO DAS AMOSTRAS

O acesso coronário e preparo da câmara pulpar foram feitos utilizando-se pontas diamantadas esféricas 1012 e/ou 1013 e brocas de aço cônicas Endo-Z (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça) para dar a forma de conveniência e alisamento às paredes do preparo, ambas em alta rotação e sob refrigeração.

Em seguida, os canais radiculares foram explorados e esvaziados com o emprego de limas manuais tipo K #15 (Dentsply Maillefer) em solução de hipoclorito de sódio (Fórmula e Ação Farmácia de Manipulação Ltda., São Paulo, SP) a 1% até o comprimento real do instrumento (CRI), obtido através da diminuição de três milímetros do comprimento aparente do dente (CAD) na radiografia de diagnóstico. Entre o preparo do acesso e a instrumentação, os dentes foram mantidos em frascos individuais contendo solução fisiológica estéril e numerados para identificação (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Armazenamento dos espécimes. Identificação do dente (A); frasco de armazenamento (B); hidratação dos espécimes em solução fisiológica estéril (C)

O preparo químico-cirúrgico de todos os canais radiculares foi realizado obedecendo à técnica coroa-ápice, empregando-se instrumentos do sistema Protaper® rotatório universal (Dentsply Maillefer) acionado com motor elétrico X-Smart (Dentsply Maillefer) com velocidade de 300 RPM e torque de 2 Nm (Figura 4.3). Para facilitar o preparo químico-cirúrgico, simular o alvéolo dentário e a resistência do tecido ósseo, foi confeccionada uma matriz de posicionamento individual para cada espécime em silicone (Precise, Dentsply Ind. e Com. Ltda, Petrópolis, RJ), de modo que a coroa dentária ficasse visível e a raiz inserida no silicone (Figura 4.4).

Figura 4.3 – Instrumentação rotatória dos canais radiculares. Motor elétrico X-Smart (A); sistema Protaper® rotatório universal (B)

Figura 4.4 – Matriz de posicionamento dos espécimes confeccionada em silicone

Os instrumentos rotatórios Protaper® Shaping File X (SX) e Shaping File 1 (S1) foram empregados até o limite de dois terços do canal radicular para remoção das interferências cervicais. O movimento utilizado para a retirada dos instrumentos durante o preparo foi o de pincelamento, que consiste em forçar o instrumento contra uma das paredes do canal enquanto é retirado.

Após esse preparo inicial, passou-se à determinação do comprimento de trabalho inserindo-se no canal uma lima tipo K #10 (Dentsply Maillefer) até sua ponta atingir o forame apical, conforme constatação com auxílio de uma lupa de 10 aumentos. Neste momento, o *stop* de silicone era posicionado na borda incisal ou ponta de cúspide vestibular do dente, o instrumento retirado do canal e a medida entre a ponta da lima e o *stop* de silicone anotada. Esta medida foi considerada o comprimento total do dente e o comprimento real de trabalho (CRT) foi determinado reduzindo-se um milímetro desta medida.

Figura 4.5 - Odontometria dos canais radiculares. Lima tipo K #15 com a guia de penetração no forame apical (A); visualização com lupa (B); diminuição de 1 mm para determinar o CRT (C)

Após a odontometria, realizou-se o pré-alargamento dos canais radiculares com lima tipo K #15 no comprimento de trabalho e na sequência instrumentação rotatória com os instrumentos Protaper® S1 e Shaping File 2 (S2). Posteriormente, realizou-se a instrumentação do terço apical com os instrumentos Finishing File 1 (F1), Finishing File 2 (F2), Finishing File 3 (F3) e Finishing File 4 (F4) no CRT, sendo o último considerado o instrumento final (IF). A cada cinco canais, os instrumentos rotatórios eram substituídos por um novo.

Ainda em relação à técnica, durante a instrumentação os instrumentos atuaram na presença de NaOCl a 1%. Além disso, a cada troca de instrumento, a mesma substância química auxiliar foi empregada para irrigação, utilizando-se seringa de 5 mL (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) e cânula de irrigação Endo Eze® (Ultradent), inserida passivamente no canal 2 mm aquém do CRT. Após a conclusão do preparo, foi realizada irrigação-aspiração final com 3 mL de EDTA (Fórmula e Ação Farmácia de Manipulação Ltda) a 17% por um minuto⁵¹ e nova irrigação com 5 mL de NaOCl a 1% (Figura 4.6). Ao final do preparo químico-cirúrgico, os canais foram aspirados com a cânula de aspiração *Capillary Tip* .019 (Ultradent) acoplada ao adaptador (*Luer Vacuum*, Ultradent) e secos com pontas de papel absorvente #40 (Dentsply Maillefer) (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Irrigação/aspiração dos canais radiculares. NaOCl 1% (A); EDTA a 17% (B); cânulas de irrigação Endo Eze (C); seringa Ultradent® 5 mL (D); adaptador *Luer Vacuum*® (E); cânula de aspiração *Capillary Tip* (F); cones de papel absorvente #40 (G)

4.4 APLICAÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE Ca(OH)_2

Completado o preparo químico-cirúrgico, o canal radicular foi preenchido com pasta de Ca(OH)_2 . A pasta foi preparada pela associação de 0,4 mL de veículo viscoso propilenoglicol 400 (Personale, Belém, PA), medido com seringa descartável de 1 mL (Injex, Indústria Cirúrgica Ltda, Ourinhos, SP) e 0,560 g de hidróxido de cálcio P.A.⁹¹ (Maquira Indústria de Produtos Odontológicos Ltda, Maringá, PR) pesado em balança analítica de precisão (Ohaus, Pine Brook, New Jersey, EUA). A pasta foi inserida no canal utilizando propulsor Lentulo N° 25 (Dentsply Maillefer) acionado em baixa velocidade, calibrado a 3 mm do CRT, até ser percebido o extravasamento da pasta pelo forame apical, após todo o canal ter sido preenchido (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Aplicação da medicação intracanal de Ca(OH)_2 . Balança de precisão (A); hidróxido de cálcio P.A. (B); propilenoglicol 400 (C); pasta de Ca(OH)_2 (D); propulsor Lentulo (E)

Em seguida, o vedamento coronário foi realizado com bolinha de algodão estéril e material de preenchimento provisório Coltosol® (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ). A medicação intracanal foi mantida por 30 dias e durante este período as amostras foram mantidas em um frasco com esponja saturada com soro fisiológico, em estufa a uma temperatura de 37 °C (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Selamento provisório e armazenamento dos dentes por 30 dias. Material usado no selamento (A); espécime com selamento (B) frasco com esponja embebida em soro fisiológico (C); frasco pronto para armazenamento (D); estufa a 37 °C (E)

4.5 DEFINIÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS SEGUNDO A TÉCNICA DE REMOÇÃO DA MEDICAÇÃO INTRACANAL DE Ca(OH)_2

Transcorrido o período de 30 dias, o vedamento coronário foi retirado por meio de brocas esféricas diamantadas 1012 (KG Sorensen, Cotia, SP) em alta rotação e o dente foi alocado por sorteio em um dos quatro grupos experimentais ($n=8$), segundo o protocolo a ser adotado na remoção da medicação intracanal de Ca(OH)_2 , conforme descrição a seguir (Quadro 4.1).

Grupo I⁺ U⁺:

A remoção da medicação intracanal de Ca(OH)_2 foi realizada com o uso do instrumento final (F4) e de um instrumento adicional (F5) (Figura 4.9), em associação à irrigação-aspiração com 5 mL de NaOCl 1%. Posteriormente irrigação com 3 mL de EDTA 17% em conjunto com a ativação ultrassônica passiva (CV Dent 1000, CV Dentus, São José dos Campos, SP) por um minuto na potência 80% com ponta ultrassônica intracanal (TU 13 intracanal fina 24 mm, Trinity Indústria e

Comércio Ltda., São Paulo, SP) a 2 mm do CRT, seguida de nova irrigação-aspiração com 5 mL de NaOCl 1%.

Grupo I^+U^- :

Foi realizado um procedimento semelhante ao descrito para o grupo anterior, exceto pelo fato de que o EDTA 17% permaneceu por um minuto sem ativação ultrassônica.

Grupo I^-U^+ :

A remoção da medicação intracanal de $Ca(OH)_2$ foi realizada por meio do uso do instrumento final (F4) em associação à irrigação-aspiração com 5 mL de NaOCl 1%, seguida pela irrigação-aspiração com 3 mL de EDTA 17% em conjunto com uso de aparelho ultrassônico por um minuto e, por último, nova irrigação-aspiração com 5 mL de NaOCl 1%.

Grupo controle (I^-U^-) :

Foi realizado um procedimento semelhante ao descrito para o grupo anterior (I^-U^+), exceto pelo fato de que o EDTA 17% permaneceu por um minuto sem ativação ultrassônica.

PROTOCOLO	GRUPOS			
	I^+U^+	I^+U^-	I^-U^+	I^-U^- (GRUPO CONTROLE)
Instrumento Final	+	+	+	+
Instrumento Adicional	+	+	-	-
NaOCl a 1% (5 mL)	+	+	+	+
EDTA a 17% (3 mL, 1 min)	+	+	+	+
Ultrassom	+	-	+	-

Quadro 4.1 - Formação dos grupos experimentais de acordo a técnica de remoção da medicação intracanal de $Ca(OH)_2$. Instrumento adicional (I), ultrassom (U), sim (+), não (-)

Figura 4.9 – Recursos utilizados na técnica de remoção da medicação intracanal. Instrumento final (F4) (A); instrumento adicional F5 (B); ponta utilizada no ultrassom com chave de fixação (C); aparelho de ultrassom (D)

4.6 MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Foi utilizado o microtomógrafo de raios-X SkyScan 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica) do Laboratório de Metabolismo Ósseo do Departamento de Anatomia do ICB-USP. O aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (50 kV, 800 μ A), porta-amostra com manipulador de precisão medindo 15 mm de diâmetro interno, mesa e um detector utilizando uma câmera *Charge Coupled Device* (CCD) de 1,3 Mp (1304 x 1024 pixel) conectados a um microcomputador (Dell Inc., São Paulo/SP) com sistema operacional Windows 7 de 64 bits utilizado no controle, aquisição de dados, reconstrução e análise dos atributos das imagens (Figura 4.10). O sistema permite o rastreamento de amostras com altura de até 15 mm com resolução espacial isotrópica variando de 6,7 a 30 μ m.

Figura 4.10 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1174 v.2. Vista frontal do microtomógrafo (A) vista com o computador acoplado ao microtomógrafo (B); porta de acesso ao compartimento da câmara do microtomógrafo (C); câmara e mesa do microtomógrafo (D)

4.6.1 Ajustes no microtomógrafo e *software* de controle de operação do equipamento

Um filtro de alumínio com espessura de 0,5 mm foi posicionado em frente à câmera CCD, para minimizar o aparecimento de ruído nas imagens. Com o intuito de evitar qualquer tipo de movimentação da amostra durante o processo antes da inserção desta dentro da mesa do microtomógrafo, foi confeccionada uma matriz através da adaptação de pequena quantidade de material de moldagem do tipo silicone (Precise, Dentsply) no porta-amostra do aparelho, no qual posicionou-se individualmente o dente com o acesso coronário voltado para baixo, de modo que a raiz ficasse livre para o escaneamento, e perpendicular à fonte de radiação (Figura 4.11).

Após o posicionamento do conjunto porta-amostra/dente com a face vestibular voltada para a câmera e fechamento do compartimento da câmara do microtomógrafo, a fonte de raios-X foi acionada por meio do botão de energia na barra de ferramentas do programa de controle e operação do equipamento, dando início ao processo de *aging*, no qual o tubo de raios-X é pré-aquecido e a tensão e a

corrente sobem suavemente, com o intuito de aumentar o tempo de vida do equipamento. Em seguida, a posição do espécime foi verificada com a ferramenta *video image* do programa de controle do equipamento, de modo que toda a extensão da área de interesse da amostra (raiz) ficasse enquadrada na tela do programa, assim, a coroa dentária não foi incluída na tela de visualização, portanto não foi escaneada. A amostra permaneceu na câmara de exposição do aparelho durante todo o ciclo de escaneamento.

Figura 4.11 – Espécime posicionado na mesa do microtomógrafo (A) porta-amostra (B) espécime na matriz de silicone com a face vestibular voltada para a câmera CCD (C) câmera CCD (D)

Antes do procedimento de escaneamento dos espécimes, foram adotados procedimentos de correção geométrica do campo de aquisição, recurso denominado *flat-field correction*, usando o programa de controle do equipamento. Este recurso foi utilizado todas as vezes que eram observadas imperfeições na pré-visualização da imagem. Os parâmetros de raio-X adotados nos rastreamentos foram testados e definidos previamente por meio de um estudo piloto e normalizados a 50 kV com exposição de 4.500 micro-segundos de exposição (Quadro 4.2).

4.6.2 Escaneamentos microtomográficos

Uma vez confirmados os procedimentos prévios de ajuste no programa de controle do equipamento, iniciou-se a aquisição das projeções do espécime em

diversas angulações com rotação de 180°, movimentos randomizados e passo de rotação de 0,7°. Definiu-se ainda uma quantidade total de dois quadros (*frames*) tomados em cada projeção angular com resolução de 14,36 μm . Assim sendo, o comprimento total da área rastreada da amostra foi cerca de 14 mm. Este ajuste permitiu a obtenção de uma melhor definição final de cada imagem, estabelecendo um tempo total de escaneamento de aproximadamente 1 hora, 03 minutos e 43 segundos para cada amostra, em cada etapa de escaneamento (Quadro 4.2). As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato TIFF.

Voltagem	50 kV
Amperagem	100 μA
Tamanho do pixel	14.36 μm
Rotação do eixo	180°
Passo de rotação	0,7°
Filtro de alumínio	0,5 mm
Número de quadros	2
Exposição	4.500 micro-segundos
Correção de <i>Flat Field</i>	Sim
Tempo de escaneamento	1 hora, 03 minutos e 43 segundos

Quadro 4.2 - Parâmetros de aquisição das imagens, utilizados no escaneamento dos dentes

Os exames microtomográficos dos dentes foram realizados em três momentos distintos do procedimento endodôntico: 1) escaneamento microtomográfico inicial, realizado após preparo químico-cirúrgico do canal; 2) 30 dias após aplicação da medicação intracanal de Ca(OH)_2 e 3) escaneamento microtomográfico final, após remoção da medicação intracanal.

Ao término de cada rastreamento, as amostras foram novamente colocadas em frascos contendo soro fisiológico e armazenadas em estufa a 37 °C, até a próxima etapa experimental.

4.6.3 Reconstrução tridimensional

A seguir, o *software* NRecon, versão 1.6.5 (SkyScan), foi utilizado para reconstrução das imagens a partir de secções transversais das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, resultando na completa representação da microestrutura rastreada de cada amostra.

Antes de iniciar a reconstrução das imagens, fez-se necessário alguns ajustes nas ferramentas do NRecon, visando corrigir ou reduzir artefatos presentes na imagem. Assim, os ajustes de correção consistiram em suavização (*smoothing*) no valor de 3 (em uma escala de 0 a 10), redução de artefatos em forma de anel (*ring artifact correction*) no valor de 5 (em uma escala de 0 a 20), endurecimento do feixe (*beam hardening correction*) no percentual de 20% (em uma escala de 0 a 100%) e histograma de contraste no modo logarítmico variando de 0,0035 a 0,1643, valores mínimo e máximo, respectivamente. Ao final da reconstrução, foi obtida uma média de 986 fatias por amostra (14 mm de comprimento), salvas no formato *Bitmap* (BMP). As configurações de ajuste selecionadas foram registradas e padronizadas em todas as reconstruções seguintes (Quadro 4.3).

<i>Smoothing</i>	3
<i>Ring artifact correction</i>	5
<i>Beam-hardening correction</i>	20%
Histograma de contraste	0,0035 a 0,1643
Número de cortes	± 986
Duração da reconstrução	± 4 minutos

Quadro 4.3 - Parâmetros utilizados na reconstrução tridimensional dos dentes

4.6.4 Seleção do volume de interesse (VOI) e região de interesse (ROI)

Após a reconstrução tridimensional, realizou-se a análise das imagens com o auxílio do *software* CTan versão 1.12.4.3 (SkyScan) que consistiu inicialmente em

selecionar manualmente o volume e a região de interesse do conjunto de dados. O volume de interesse refere-se à integração de todas as regiões de interesse ao longo do subconjunto de imagens selecionadas, enquanto a região de interesse refere-se à seleção da área pretendida através de ferramentas com formatos fixos ou delimitação manual em cada secção transversal.

A standardização do VOI iniciou pela seleção da primeira imagem do ápice radicular visível na função *binary images*, opção de cor preto e branco. A seguir, com a ferramenta *raw images*, subtraiu-se 35 fatias (0,5 mm) a partir da primeira imagem identificada, padronizando o início do VOI nas proximidades do limite cemento-dentina-canal (CDC) e o final do VOI definido pela subtração de 750 fatias do início, totalizando 751 fatias na composição do conjunto de dados representativo do comprimento total do canal a ser analisado (10,75 mm). A seguir, a ROI foi estabelecida em cada fatia com a ferramenta de seleção em formato elíptico, excluindo o contorno radicular externo para favorecer a binarização, uma vez que a densidade da medicação intracanal assemelha-se àquela do contorno externo. Uma vez selecionados VOI e ROI, as imagens foram salvas no módulo *regions of interest*, compondo um novo arquivo de dados (Figura 4.12).

Figura 4.12 – Seleção do VOI. Primeira imagem visível (A); início do VOI (B); final do VOI (C); VOI com a seleção da ROI e exclusão do contorno externo da raiz, sendo a região mais escura o canal radicular e a cinza representa parte da dentina radicular (D)

Em seguida, o comprimento total do VOI foi dividido em três segmentos, originando três novos arquivos de dados: terço apical (251 fatias ou 3,59 mm), terço médio (250 fatias ou 3,58 mm) e terço cervical (250 fatias ou 3,58 mm). Como resultado, quatro conjuntos de dados foram gerados por amostra a cada escaneamento microtomográfico (Figuras 4.13 e 4.14).

Figura 4.13 – Imagem 2D da amostra, com a representação esquemática da divisão da extensão total do canal em terços

Figura 4.14 – Arquivos de dados microtomográficos. VOI da extensão total do canal (A); VOI do terço apical (B); VOI do terço médio (C); VOI do terço cervical (D)

4.6.5 Análise da região de interesse

A análise do conjunto de dados fundamenta-se essencialmente na possibilidade de determinação, através do *software* CTan, de volumes internos à ROI. Isto é função, basicamente, das diferentes densidades verificadas em cada região, tecido ou substância considerada. Desta forma, na ferramenta *binary selection* através da avaliação do histograma de distribuição de densidades (Figura 4.15) do conjunto de dados, que representa a distribuição do parâmetro *Bone Mineral Density* (BMD) da amostra, determinado automaticamente pelo programa, é possível delimitar cada volume interno do material em questão.

Figura 4.15 – Histograma de distribuição de densidades. A curva à esquerda do gráfico representa o canal, a região de platô do gráfico representa a medicação intracanal e a segunda curva (à direita do gráfico) a dentina. As setas superior e inferior do gráfico representam os valores mínimo e máximo de *threshold*

Sendo assim, inicialmente foi feito o estudo dos parâmetros de densidades (BMD) limites da dentina, da medicação intracanal e do canal radicular, de acordo com o volume pretendido, em cada etapa de escaneamento (Quadro 4.4). Estes limites de densidade foram estabelecidos pela análise dos parâmetros de BMD em conjunto de dados criados exclusivamente de áreas de dentina, medicação e canal (Figura 4.16).

Figura 4.16 – Histograma de densidade da dentina (A) e medicação intracanal (B)

Etapa	Volume Pretendido	Densidade (BMD)	
		Inferior	Superior
Escaneamento 1	Canal radicular	<0,03	
Escaneamento 2	Medicação intracanal	0,03	<0,07
Escaneamento 3	Resíduo de MIC	0,03	<0,07
Escaneamento 3	Canal radicular	<0,03	

Quadro 4.4 – Densidade limite por etapa adotada para o canal radicular, medicação intracanal e resíduo de medicação

Estes limites de densidade relacionam-se a valores em uma escala de 0 a 250 no gráfico em escala de cinza padrão do *software* (Figura 4.15), denominada *threshold*. Estes valores são importantes, pois são utilizados posteriormente como referência no *custom processing* na função de binarização (*plug-in threshold*) nas rotinas de processamento customizado da amostra. Uma vez determinados estes valores limites, foi possível utilizá-los como referenciais fixos para todas as análises.

Assim, o primeiro passo para a efetiva análise de cada ROI tem como objetivo segmentar o volume pretendido para análise. Isto é realizado através do ajuste no CTan das densidades-limite já definidas para o escaneamento, de modo a evidenciar o referido volume. Em seguida, registra-se os respectivos limites inferior e superior na escala de cinza padrão para uso posterior na rotina criada.

O passo seguinte teve o objetivo de construir uma rotina de análise padronizada e automatizada a ser aplicada em cada ROI com o objetivo de determinar o volume da região delimitada na análise. Isto foi feito através da utilização da ferramenta *custom processing*, a qual permite a definição de uma lista de tarefas (*task list*), composta por uma sequência de funções (*plug-ins*) executadas automaticamente sobre a amostra pelo CTan. A ideia subjacente à construção das listas é a delimitação de uma determinada área da ROI para aplicação da função (*plug-in*) que calcula uma série de parâmetros dimensionais do objeto, dentre os quais o volume (do canal ou da medicação). O resultado foi a criação de duas listas de tarefas.

A lista de tarefas 1 foi empregada no escaneamento microtomográfico inicial e final para avaliar o volume inicial do canal (após a instrumentação) e o volume final (após a remoção da medicação). A lista de tarefas 2 foi aplicada no segundo escaneamento microtomográfico para avaliar o volume de medicação após 30 dias, e no escaneamento final para avaliar o volume de resíduo de medicação intracanal. Assim sendo, nas imagens geradas pelo escaneamento microtomográfico final foi possível avaliar o volume de resíduo de medicação e o volume do canal radicular após remoção da medicação intracanal, empregando-se sequencialmente as duas listas de tarefas, com objetivos distintos.

Abaixo estão descritos os *plug-ins* utilizados nas listas de tarefas, bem como suas respectivas funções. Na lista de tarefas 1 (Figura 4.17), temos:

- *Thresholding*: binariza a amostra com base nos valores superior e inferior da escala de cinza, determinados após a configuração dos limites de densidade, com o intuito de delimitar o volume que se pretende analisar. O resultado é a delimitação do volume (ou área, no plano bidimensional) do canal radicular;

- *Despeckle*: utilizado para remover eventuais falhas que estejam presentes no interior do volume em análise com dimensão menor que o determinado em parâmetro configurável do *plug-in*;

- *Bitwise operations*: determina que a imagem de trabalho corresponde à região de interesse, ou seja, o volume do canal;
- *3D analysis*: calcula, com base na imagem de trabalho (volume) obtida após a aplicação das ferramentas anteriores, uma série de parâmetros geométricos do objeto, dentre os quais o volume (do canal), em mm³.

Figura 4.17 – Execução da lista de tarefas 1 no escaneamento microtomográfico inicial. Os pixels brancos representam o volume do canal após o preparo químico-cirúrgico

Na lista de tarefas 2 (Figura 4.18), foram utilizadas as seguintes funções:

- *Thresholding*: binariza a amostra com base nos valores superior e inferior da escala de cinza, determinados após a configuração dos limites de densidade, com o intuito de delimitar o volume que se pretende analisar. O resultado é a delimitação do volume de medicação intracanal após 30 dias ou o volume de resíduo de medicação intracanal;
- *Morphological operations*: executado duas vezes em seguida, no espaço tridimensional, em manobra denominada “abrir e fechar”, para suavizar os contornos do objeto;
- *Despeckle*: utilizado para remover eventuais falhas que estejam presente no interior do volume em análise com dimensão menor que o determinado em parâmetro configurável do *plug-in*;

- *Morphological operations*: utilizado para suavizar, mais uma vez, o volume de trabalho, através agora do parâmetro denominado “*erosion*”;
- *Bitwise operations*: utilizado para igualar a região de interesse à imagem de trabalho;
- *3D analysis*: calcula, com base na imagem de trabalho (volume) obtida após a aplicação das ferramentas anteriores, uma série de parâmetros geométricos tridimensionais do objeto, dentre os quais o volume (da medicação intracanal ou do resíduo de medicação intracanal), em mm³.

Figura 4.18 - Execução da lista de tarefas 2 no escaneamento microtomográfico final. Os pixels brancos representam o resíduo de medicação intracanal de Ca(OH)_2

Todos os dados quantitativos gerados com as análises, incluindo o volume em mm³ obtidos no programa CTan foram armazenados em forma de texto no formato “.csv”. Os dados obtidos nas análises tridimensionais foram organizados e compilados no programa Microsoft[®] Excel for Mac versão 14.1.0.

De forma complementar, ainda no programa CTan, na ferramenta *binary images/create 3D model*, foram gerados, para fins de ilustração, modelos tridimensionais de uma amostra de cada grupo experimental por fase de escaneamento microtomográfico no formato .p3g. Estes modelos foram posteriormente visualizados no programa CTvol 2.2.2.2. Com o objetivo de facilitar a identificação dos modelos, optou-se por aplicar cores distintas. A cor vermelha foi

usada para identificar o modelo do canal radicular após remoção da medicação intracanal, enquanto a cor azul para o resíduo de medicação. Em seguida os dois modelos foram sobrepostos (Figura 4.19).

Figura 4.19 - Modelos tridimensionais. Canal radicular após remoção da MIC (cor vermelha); resíduo de medicação intracanal (cor azul); modelos tridimensionais sobrepostos, do canal radicular após o preparo e resíduo de medicação intracanal

Para facilitar a compreensão da metodologia utilizada e procedimentos experimentais adotados, um fluxograma com a representação esquemática de sequência metodológica utilizada no presente estudo é apresentado a seguir (Quadro 4.5).

Quadro 4.5 – Fluxograma da sequência metodológica utilizada no presente estudo

4.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa MINITAB 16 Statistical *software* (Minitab Inc., State College, PA, EUA) e Bioestat 5.0 (Instituto Mamirauá, Manaus, AM). Os dados de cada parâmetro avaliado foram submetidos ao teste de homocedasticidade (teste de Levene) com o objetivo de verificar a homogeneidade de variância da amostra. Constatada a homocedasticidade, os dados foram submetidos à análise de variância de três fatores (região, uso do ultrassom e uso do instrumento adicional) e teste de Tukey para contraste de médias. Para os conjuntos de dados não-homocedásticos, foi aplicado o teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis*, com contraste de médias através do teste de *Student Newman-Keuls*. Nos dois casos, o nível global de significância foi estabelecido em 5%.

5 RESULTADOS

Uma visão geral dos resultados é apresentada na tabela 5.1. Após submeter os dados ao teste de homocedasticidade (teste de Levene), observou-se que as variáveis “volume do canal cirúrgico” (V_{inicial} , $p=0,030$), “volume de MIC após 30 dias” (M_{30d} , $p=0,000$), “volume final do canal” (V_{final} , $p=0,041$) e “variação do volume do canal” ($p=0,009$) se mostraram não homocedásticas. Assim sendo, para estas variáveis empregou-se o teste estatístico não-paramétrico de *Kruskal-Wallis*, utilizando-se para comparações múltiplas o teste de *Student-Newman-Keuls*.

As variáveis “volume de MIC após 30 dias/volume do canal cirúrgico” ($M_{30d}/V_{\text{inicial}}$, $p=0,594$), “volume de resíduo de MIC” (R_{mic} , $p=0,125$), “volume de resíduo/volume do canal cirúrgico” ($R_{\text{mic}}/V_{\text{inicial}}$, $p=0,782$) e “volume de resíduo/volume de MIC após 30 dias” (R_{mic}/M_{30d} , $p=0,145$) foram homocedásticas. Desta forma, para estas variáveis foi utilizado o teste de ANOVA de três fatores (região, ultrassom e instrumento adicional como fatores principais) e comparações múltiplas pelo teste de Tukey.

5.1 VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO E VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS

Conforme apresentado na tabela 5.1, para todos os grupos o volume do canal cirúrgico em cada um dos terços foi estatisticamente semelhante. Em relação ao volume da MIC após 30 dias, para cada região foram observados valores estatisticamente semelhantes entre as quatro condições experimentais avaliadas. Os coeficientes de variação observados para essas variáveis ficaram entre 42% e 63% (volume do canal cirúrgico) e entre 26% e 76% (volume de MIC após 30 dias).

Tabela 5.1 - Médias e desvios-padrão dos dados obtidos através da micro-CT de dentes unirradiculares nas diversas fases do tratamento endodôntico, entre o final da instrumentação e o término da remoção da medicação intracanal de hidróxido de cálcio. Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes ($p>0,05$. $V_{inicial}$, M_{30d} , V_{final} , e variação no volume do canal: Kruskal-Wallis; $M_{30d} / V_{inicial}$, R_{mic} , $R_{mic} / V_{inicial}$ e R_{mic} / M_{30d} : ANOVA de três fatores)

Instrumento adicional	Ultrassom	Região	Volume do canal cirúrgico ($V_{inicial}$, mm ³)	Medicação intracanal após 30 dias (M_{30d})		Resíduo de medicação intracanal (R_{mic})			Volume final do canal (V_{final} , mm ³)	Variação do volume do canal (%)*
				mm ³	$M_{30d} / V_{inicial}$ (%)	mm ³	$R_{mic} / V_{inicial}$ (%)	R_{mic} / M_{30d} (%)		
Sim	Sim	Cervical	4,1 (2,1)AB	2,5 (1,0)AB	65,2 (22,9)ABC	0,11 (0,07)ABCD	2,9 (1,7)C	4,9 (2,8)B	4,5 (2,0)A	13,9 (11,5)ABC
		Média	2,5 (1,6)BC	1,1 (0,6)BCD	51,3 (31,6)ABC	0,07 (0,05)ABCD	3,3 (1,8)C	13,1 (17,3)B	2,7 (1,5)BC	13,5 (8,7)ABC
		Apical	1,0 (0,5)DE	0,3 (0,2)E	35,4 (27,6)BC	0,04 (0,03)CD	5,2 (3,2)ABC	26,4 (29,0)AB	1,2 (0,5)CD	27,8 (16,2)A
	Não	Cervical	4,3 (2,2)AB	3,3 (1,8)AB	71,6 (29,7)AB	0,17 (0,09)A	4,2 (2,1)BC	9,0 (9,5)B	4,5 (2,1)AB	6,6 (5,8)CD
		Média	2,3 (1,0)BC	1,5 (1,0)ABC	62,6 (28,2)ABC	0,12 (0,05)ABC	5,7 (2,1)ABC	14,8 (17,3)B	2,4 (0,9)BC	7,7 (5,6)BCD
		Apical	0,9 (0,5)DE	0,5 (0,3)DE	49,8 (22,1)ABC	0,07 (0,03)BCD	8,2 (4,2)A	21,7 (15,6)AB	1,1 (0,4)C	20,9 (19,4)AB
Não	Sim	Cervical	5,1 (2,3)A	4,2 (2,2)A	81,1 (16,4)A	0,14 (0,08)AB	3,2 (2,1)C	3,8 (2,2)B	5,7 (2,3)A	14,0 (12,3)ABC
		Média	2,3 (1,1)BC	1,2 (0,7)BC	55,1 (26,3)ABC	0,09 (0,07)ABCD	4,1 (2,3)BC	10,6 (9,1)B	2,5 (1,2)BC	12,9 (7,1)ABC
		Apical	1,0 (0,5)DE	0,4 (0,2)E	37,1 (14,5)BC	0,03 (0,02)D	3,5 (3,2)C	11,6 (11,0)B	1,1 (0,5)CD	21,4 (12,8)A
	Não (grupo controle)	Cervical	3,1 (1,7)ABC	1,9 (1,4)ABC	54,7 (22,0)ABC	0,14 (0,05)AB	4,9 (2,3)ABC	10,0 (4,5)B	3,3 (1,7)BC	6,4 (4,2)CD
		Média	1,7 (0,8)CD	0,8 (0,2)CD	53,0 (19,0)BC	0,10 (0,03)ABCD	6,6 (2,3)ABC	12,7 (2,6)B	1,8 (0,8)C	6,1 (3,3)CD
		Apical	0,7 (0,3)E	0,2 (0,1)E	26,3 (11,9)C	0,06 (0,03)BCD	8,8 (2,8)A	42,5 (35,8)A	0,8 (0,3)D	4,5 (4,7)D

*calculada como $100 \times (V_{final} - V_{inicial}) / V_{inicial}$

5.2 VOLUME DE MIC / VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO

O resultado da análise de variância indicou que apenas a interação “instrumento adicional x uso do ultrassom” foi estatisticamente significativa ($p<0,01$). A tabela 5.2 traz as médias, desvios-padrão e resultado da análise estatística para esta interação. Independentemente da região avaliada, nas condições em que o ultrassom foi utilizado, a porcentagem de medicação encontrada foi estatisticamente semelhante nos grupos que utilizaram e que não utilizaram o instrumento adicional. Entre os grupos nos quais o ultrassom não foi utilizado, aquele no qual não foi utilizado o instrumento adicional durante o procedimento de remoção da medicação (grupo controle) apresentou porcentagem estatisticamente menor de medicação do que o grupo no qual o instrumento adicional foi utilizado. O preenchimento do canal cirúrgico com a medicação após 30 dias variou entre 55% e 81% na região cervical, 53% e 63% no terço médio e 26% e 50% no terço apical.

Tabela 5.2 - Médias e desvios-padrão da porcentagem de MIC após 30 dias em relação ao volume do canal cirúrgico. Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes ($p>0,05$)

		Instrumento adicional	
		Sim	Não
Ultrassom	Sim	50,7 (29,2) AB	57,8 (26,4) AB
	Não	61,3 (27,3) A	44,7 (21,8) B

5.3 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC

A análise estatística indicou que o volume de resíduo de MIC foi influenciado somente pela região do canal ($p<0,01$) e pela utilização do ultrassom ($p<0,05$). O volume residual de MIC aumentou significativamente de apical para cervical. A região cervical apresentou volume de resíduo de $0,14 \pm 0,07 \text{ mm}^3$, maior do que o

volume de MIC no terço médio ($0,10 \pm 0,05 \text{ mm}^3$) e no terço apical ($0,05 \pm 0,03 \text{ mm}^3$). O uso do ultrassom resultou em um menor volume de resíduo de MIC ($0,08 \pm 0,07 \text{ mm}^3$), em comparação às condições experimentais nas quais ele não foi utilizado ($0,11 \pm 0,06 \text{ mm}^3$). Nenhuma das interações foi estatisticamente significativa, o mesmo tendo sido observado para a utilização do instrumento adicional.

5.4 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC / VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO

Semelhante ao que foi observado em relação ao volume de resíduo de MIC em valores absolutos, o cálculo da porcentagem de resíduo em relação ao volume do canal cirúrgico mostrou que apenas a região do canal ($p < 0,01$) e o uso do ultrassom ($p < 0,001$) foram estatisticamente significantes. Considerando-se a região do canal, somente as regiões apical e cervical apresentaram-se estatisticamente diferentes, sendo que a região apical apresentou maior volume percentual de resíduo ($6,4 \pm 3,9\%$) em comparação com a região cervical ($3,8 \pm 2,1\%$). A região média apresentou porcentagem de resíduo estatisticamente semelhante a ambas ($4,9 \pm 2,4\%$). O uso do ultrassom resultou em um menor volume de resíduo de MIC ($3,7 \pm 2,4\%$), em comparação às condições experimentais nas quais ele não foi utilizado ($6,4 \pm 3,1\%$). Nenhuma das interações foi estatisticamente significativa. O uso do instrumento adicional também não influenciou esta variável.

5.5 VOLUME DE RESÍDUO DE MIC / VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS

A análise da porcentagem de resíduo em relação ao volume de MIC após 30 dias indicou que nenhuma das interações foi estatisticamente significativa. Apenas o fator região foi responsável por diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,001$). A porcentagem de resíduo em relação ao volume de MIC encontrado após 30 dias no terço apical ($25,5 \pm 26,3\%$) foi maior do que no terço médio ($12,8 \pm 12,6\%$) e cervical ($6,9 \pm 5,9\%$), os quais foram semelhantes estatisticamente entre si. O uso do

ultrassom foi marginalmente significante ($p=0,051$), sendo que os grupos nos quais o ultrassom foi utilizado apresentaram menor porcentagem de resíduo em relação ao volume de MIC após 30 dias ($11,7 \pm 16,1\%$), em comparação àqueles nos quais o ultrassom não foi utilizado ($18,4 \pm 20,6\%$).

As figuras 5.1, 5.2 e 5.3 ilustram os resultados quanto ao volume de MIC após 30 dias e o volume de resíduos de MIC.

Figura 5.1 - Imagens 2D do terço cervical – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço cervical apresentam-se irregularmente distribuídos, como se estivessem retidos em irregularidades da parede dentinária

Figura 5.2 - Imagens 2D do terço médio – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço médio encontram-se irregularmente distribuídos, como se estivessem retidos em irregularidades da parede dentinária

Figura 5.3 - Imagens 2D do terço apical – canal cirúrgico (A); MIC após 30 dias em escala de cinza, o círculo vermelho representa a ROI a ser binarizada (B); imagem binária do volume de MIC após 30 dias (C) e do volume de resíduo de MIC (D). Os resíduos de MIC no terço apical encontram-se na forma de aglomerados

5.6 VOLUME FINAL DO CANAL E VARIAÇÃO PERCENTUAL EM RELAÇÃO AO VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO

Para os terços apical e médio, não houve diferenças estatisticamente significantes no volume final do canal entre as técnicas utilizadas. Para o terço cervical, o uso do ultrassom (independentemente do uso do instrumento adicional) resultou em um volume final maior do que na ausência do ultrassom e do instrumento adicional (grupo controle). A análise da variação percentual revelou que, de modo geral, todas as técnicas resultaram em aumentos estatisticamente semelhantes no volume do canal para um dado terço (entre 6,6% e 14%), exceto na região apical onde o grupo controle apresentou variação estatisticamente inferior aos demais.

6 DISCUSSÃO

A remoção do hidróxido de cálcio intracanal é um procedimento tecnicamente difícil de ser executado de forma eficaz. Esta dificuldade se traduz em uma busca constante por novas técnicas de irrigação, equipamentos e substâncias químicas auxiliares de tal maneira que, em conjunto, seja possível promover uma maior remoção da medicação, com o intuito de se obter paredes dentinárias limpas em toda a extensão do canal.

6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A TÉCNICA ENDODÔNTICA UTILIZADA

No presente estudo, tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial e méso-distal foram realizadas durante a seleção dos dentes com o objetivo de identificar aqueles que apresentavam canal único, semelhança morfológica e comprimento total entre 20 e 23 milímetros. Estes critérios de seleção foram considerados importantes para atenuar variações morfológicas que poderiam influenciar os resultados¹⁶.

A variabilidade morfológica do sistema de canais radiculares em um mesmo grupo dentário torna a padronização da amostra complexa. Os critérios de inclusão e exclusão adotados tentam minimizar tais diferenças anatômicas, mas ainda assim, em estudos desta natureza, esforços devem ser empreendidos no sentido de distribuir os elementos dentários entre os grupos experimentais de forma que as diferenças anatômicas sejam igualmente distribuídas, pois a morfologia do canal pode afetar a inserção e a remoção do hidróxido de cálcio¹⁰. Na presente pesquisa, a distribuição dos dentes nos grupos experimentais foi realizada utilizando-se o método de sorteio.

Os dentes selecionados eram unirradiculares, incluindo incisivos, caninos, pré-molares superiores e pré-molares inferiores, desde que se enquadrassem nos critérios de seleção. Tal abrangência se deu em virtude da dificuldade, por questões éticas, em se obter dentes humanos, agravada pela necessidade de atendimento dos critérios de inclusão/exclusão da pesquisa. Dentes unirradiculares também

foram utilizados em outras pesquisas que avaliaram a eficácia de remoção do hidróxido de cálcio^{18, 20, 35, 42-47, 57, 62} partindo da premissa de que estes dentes, principalmente os incisivos e caninos, são mais susceptíveis a lesões traumáticas, onde a pasta de Ca(OH)_2 tem frequente indicação de uso.

Os dentes foram mantidos coronados, fazendo com que a porção coronária funcionasse como um reservatório de solução irrigadora¹⁶. Assim, quando a solução irrigadora é ativada mecanicamente, uma considerável quantidade de solução mantém-se na coroa e, conseqüentemente, a pressão hidrostática do líquido irrigante é maior^{58, 64}. Contudo, muitos estudos optaram pela utilização de dentes descoronados^{14, 20, 45, 46, 47, 62, 64} sob a justificativa de padronização do comprimento das amostras.

O sistema rotatório adotado para a realização do preparo dos canais radiculares foi o Protaper[®] universal. Este sistema é amplamente utilizado na Endodontia devido a características favoráveis, como elevada flexibilidade (que possibilita uma modelagem respeitando a anatomia do canal), e sequência de instrumentos que permite uma rápida execução, com menor fadiga do operador. Esta técnica de preparo foi empregada em vários estudos^{43, 47, 69, 77, 85}. O instrumento Finishing File 4 (F4) foi considerado o instrumento final, com diâmetro suficiente para promover a modelagem dos canais, visto que a amostra foi composta por dentes unirradiculares com diâmetro anatômico dos canais relativamente elevado. Os canais foram preparados por um único operador, com experiência clínica e laboratorial no sistema utilizado. Nenhum acidente operatório, como fratura de instrumento, foi registrado durante o preparo dos espécimes.

O propilenoglicol 400 foi o veículo utilizado em associação com o pó de Ca(OH)_2 por proporcionar uma pasta viscosa e com bom escoamento. A inserção da pasta foi realizada com propulsor lentulo, método largamente utilizado por resultar em uma melhor qualidade de preenchimento, em comparação ao uso de instrumentos manuais e de técnicas de injeção^{10, 14, 17, 43, 57}.

Alguns aspectos devem ser considerados em relação ao tempo de permanência da pasta de hidróxido de cálcio. A análise da difusão dos íons hidroxila e variações de pH indicaram que o hidróxido de cálcio tem influência sobre a atividade osteoclástica e no processo de reparo por períodos de até quatro semanas³¹. O tempo ideal de permanência da medicação deve estar entre duas e três semanas para que se alcance o aumento de pH na dentina externa³² e para que

a difusão de íons cálcio da pasta no interior do canal atinja a sua concentração máxima²⁵. Considerando estes fatores e com o objetivo de se aproximar o quanto possível da realidade clínica, o tempo de permanência da pasta de Ca(OH)_2 estabelecido no presente estudo foi de trinta dias. No entanto, observa-se que a maioria dos estudos que avaliaram resíduos de Ca(OH)_2 utilizaram tempo de sete dias^{10, 17, 18, 20, 37, 42, 43, 47, 58, 62, 64, 65} ou inferior^{14, 16, 35}. São encontrados também trabalhos nos quais a medicação permaneceu por dez^{45, 57} e vinte e um dias⁴⁶.

Como o Ca(OH)_2 tem a tendência de sofrer ressecamento com o decorrer do tempo, a MIC fica impregnada na parede dentinária. Assim, é possível que quando da permanência por maiores períodos de tempo, a eficácia de remoção do Ca(OH)_2 seja afetada negativamente. No presente trabalho, esperava-se uma maior impregnação das paredes dentinárias com resíduos de Ca(OH)_2 e que o volume de resíduos seria maior em relação a dentes posteriores. De fato, observou-se que os resíduos tendem a permanecer imbricados na parede dentinária, o que pode ser justificado pelo período que a MIC foi mantida, embora o volume de resíduos desse estudo tenha sido menor do que outros trabalhos que utilizaram tempos de permanência menores.

6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

O método da micro-CT requer o ajuste preliminar de diversos parâmetros visando a aquisição de resultados fidedignos. Os cuidados na padronização dos parâmetros de escaneamento, como o ângulo de rotação, o passo de rotação, a quantidade de *frames*, o tamanho do *voxel*, bem como os parâmetros de reconstrução, processamento e análise das imagens, visam permitir que os dados obtidos sejam passíveis de comparação. Na presente pesquisa, o procedimento de escaneamento foi realizado com passo de rotação de $0,7^\circ$ e tamanho de *pixel* definido em $14\ \mu\text{m}$, determinando um tempo total de escaneamento em torno de 63 minutos. Estudos que utilizaram a micro-CT como método de avaliação de resíduos de *smear layer* utilizaram resolução de $20\ \mu\text{m}$ ^{79, 82, 83}, enquanto que no estudo que avaliou resíduos de Ca(OH)_2 a calibração foi de $34\ \mu\text{m}$ ⁵⁸. A resolução selecionada afeta o tempo de escaneamento e a visualização das partículas. Assim, quanto

menor o tamanho do *pixel*, maior é o tempo de escaneamento; em contrapartida os resultados tornam-se mais precisos, pois resíduos de Ca(OH)_2 de menor tamanho podem ser visualizados. Por isso, é mais vantajoso utilizar um tamanho de *pixel* menor, embora o tempo de escaneamento seja maior.

A maior dificuldade nas análises foi a definição do histograma de densidade, considerando-se que são utilizadas imagens radiográficas e que a densidade da dentina e da medicação intracanal na escala de cinza são muito próximas. A segmentação de diferentes objetos de análise, tecidos ou materiais parece óbvia se há uma grande diferença nas características de atenuação dos vários objetos⁸⁶. Entretanto, com o estabelecimento prévio dos parâmetros de densidade limite da dentina, da medicação intracanal e do canal radicular, foi possível a identificação de cada item analisado.

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO E VOLUME DE MIC APÓS 30 DIAS (V_{inicial} , M_{30d} e $M_{30d} / V_{\text{inicial}}$)

A padronização das amostras no que se refere ao volume do canal após o preparo químico-cirúrgico foi confirmada estatisticamente. Os resultados demonstraram que, para todos os grupos, o volume do canal cirúrgico em cada um dos terços antes da etapa de medicação dos canais radiculares foi estatisticamente semelhante, demonstrando que todos os grupos experimentais partiram de condições anatômicas próximas e que o preparo químico-cirúrgico foi padronizado (Tabela 5.1). O volume do canal cirúrgico na região cervical foi maior do que nas regiões média e apical, resultados esperados considerando-se a conicidade morfológica dos canais no sentido cérvico-apical.

O volume de medicação presente após o período de permanência pode ser resultante da contração, solubilização e qualidade do preenchimento da MIC. Os resultados estatisticamente semelhantes em todos os grupos para uma mesma região evidenciam que os canais apresentaram padrões de preenchimento com a MIC semelhantes, para todos os grupos em um dado terço.

A quantidade de medicação intracanal presente após 30 dias calculada pela soma dos volumes encontrados nas diferentes regiões foi, em média, $4,4 \text{ mm}^3$. Este

valor é resultante do fato de que no período de 30 dias as amostras foram mantidas em meio aquoso (frasco com esponja saturada em soro fisiológico), condição que favorece a solubilização da MIC via forame apical, e também pela contração que a pasta sofre com o decorrer do tempo. Outro estudo microtomográfico⁵⁸ obteve uma média de volume de MIC após sete dias de 12,3 mm³. Vale ressaltar que no referido estudo, além do período de permanência ter sido de apenas sete dias, foram analisadas raízes mesiais de molares inferiores descoronados, enquanto na presente pesquisa utilizou-se dentes unirradiculares coronados. Há que se considerar que a presença da coroa dental impõe maior dificuldade de preenchimento do canal com a MIC.

O escaneamento microtomográfico imediatamente após a inserção da medicação não foi realizado visando otimizar o tempo de utilização do microtomógrafo. Caso este tivesse sido feito, poder-se-ia verificar se o canal havia sido totalmente preenchido ou não pela MIC, não obstante tenha sido utilizada técnica de preenchimento reconhecida como eficaz pela literatura^{10, 14, 17, 43, 57}.

Os resultados da correlação volume de MIC/volume do canal cirúrgico ($M_{30d}/V_{inicial}$) indicaram que somente a interação instrumento adicional e uso de ultrassom foi estatisticamente significativa. Entre os grupos nos quais o ultrassom não foi utilizado, aquele no qual não foi utilizado o instrumento adicional durante o procedimento de remoção da MIC (grupo controle) apresentou porcentagem estatisticamente menor de MIC após 30 dias do que o outro grupo no qual o instrumento adicional foi utilizado posteriormente. Essa diferença foi inesperada uma vez que até esta etapa da técnica endodôntica não houve variação no procedimento realizado entre os grupos. Uma possível hipótese para explicar este achado seria a procedência das amostras ser variada entre pacientes jovens e idosos, o que geraria certa variabilidade anatômica em relação ao tamanho do forame apical. Com o decorrer da idade, há uma diminuição fisiológica do diâmetro do canal e, conseqüentemente, maior estreitamento apical. Assim, quanto maior o tamanho do forame apical, mais rapidamente a medicação solubilizará quando em contato com o meio.

A região apical apresentou menor volume de MIC após 30 dias em comparação com a região média e cervical, provavelmente pela dificuldade de escoamento da MIC para esta área e facilidade de solubilização da MIC devido à proximidade com o forame apical. Já na região cervical, o preenchimento foi maior

provavelmente devido à facilidade de inserção da MIC e à menor solubilização nesta região em virtude do maior distanciamento em relação ao ápice.

6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O VOLUME DE RESÍDUO DE MIC (R_{mic} , $R_{mic}/V_{inicial}$ e R_{mic}/M_{30d})

Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas para definir o protocolo mais eficaz em remover a medicação intracanal de $Ca(OH)_2$ e assim promover melhor limpeza da dentina radicular antes da etapa de obturação. Os resíduos de hidróxido de cálcio podem contribuir de maneira significativa para o surgimento de espaços no interior de canais obturados, devido à solubilização a longo prazo, favorecendo a colonização de microrganismos⁸.

Vários métodos para a remoção da medicação de $Ca(OH)_2$ intracanal têm sido propostos, sendo o mais citado a irrigação com EDTA e NaOCl^{9, 41}, embora este método não seja considerado atualmente como o mais eficaz como será discutido a seguir. As substâncias químicas auxiliares possuem ação comprovada, mas atuam somente naquelas regiões com as quais fazem contato. Dessa forma, faz-se necessário facilitar a chegada de uma quantidade maior de substância química sob um fluxo que permita a penetração em áreas de difícil acesso.

O uso de um agente quelante aparentemente melhora a remoção dos íons cálcio e debris dentinários. Contudo, para promover a limpeza das paredes, também é essencial a recapitulação com a lima final em associação com NaOCl antes da irrigação final com agentes descalcificantes¹⁶. A agitação mecânica causada pelo uso de instrumentos rotatórios e a ativação ultrassônica passiva têm demonstrado resultados superiores na remoção de resíduos em relação à irrigação convencional e uso de limas manuais^{14, 15, 42}.

Nenhum método testado na literatura foi eficaz em remover totalmente o $Ca(OH)_2$, mas os resultados sugerem que os métodos que envolvem o uso de recapitulação com a lima final, instrumentação rotatória ou ativação ultrassônica resultaram em canais mais limpos^{14, 20, 58}.

A problemática em relação à eficácia de remoção da medicação intracanal de $Ca(OH)_2$ serviu como base na escolha das técnicas de remoção utilizadas na

presente pesquisa. Foram selecionadas as técnicas referidas na literatura como as mais aceitas para compor dois dos grupos experimentais: recapitulação com a lima final rotatória, com utilização de substâncias químicas auxiliares (NaOCl a 1 % e EDTA a 17%), associada ou não à ativação ultrassônica passiva. O grupo onde foi utilizado o instrumento final sem estar associado ao ultrassom foi considerado o grupo controle. Além disso, foi avaliada uma técnica de remoção da MIC pouco investigada pela literatura, mas adotada por alguns grupos acadêmicos: o uso de um instrumento adicional ao instrumento final, com substâncias químicas auxiliares (NaOCl a 1% e EDTA a 17%), associado ou não à ativação ultrassônica passiva, com base na suposição de que o maior alargamento do canal poderia favorecer a eficácia de remoção dos resíduos de Ca(OH)_2 .

A completa remoção do Ca(OH)_2 das paredes do canal não foi obtida em nenhuma das condições experimentais, resultado que coincide com aqueles de estudos anteriores^{14, 16, 17, 20, 35, 42, 58, 64}. O volume residual de MIC foi influenciado apenas pela utilização da ativação ultrassônica passiva, além de ter variado em função da região do canal, demonstrando que as técnicas avaliadas não apresentam o mesmo grau de eficácia na remoção da medicação. Dessa maneira, a primeira hipótese nula foi rejeitada.

O uso do ultrassom promoveu resultado superior comparado com outras técnicas de irrigação. Independentemente do uso do instrumento adicional, os grupos experimentais nos quais foi utilizado o ultrassom demonstraram menor volume de resíduo de MIC em números absolutos e em valores percentuais em relação ao volume do canal cirúrgico ($R_{\text{mic}}/V_{\text{inicial}}$). O mesmo pode ser afirmado para os valores percentuais de resíduo em relação ao que foi encontrado de MIC após 30 dias ($R_{\text{mic}}/M_{30\text{d}}$), embora para esta variável o uso do ultrassom tenha sido marginalmente significativo ($p=0,051$). Possivelmente, o efeito do ultrassom poderia ter sido estatisticamente significativo caso o tamanho amostral fosse maior. Esses resultados estão de acordo com outros estudos que constataram que a solução irrigante associada à vibração ultrassônica passiva promoveu uma melhor remoção de debris orgânicos e inorgânicos das paredes do canal e paredes dentinárias mais limpas após remoção^{14, 20, 62, 64}.

O desempenho do ultrassom pode ser justificado pelo seu mecanismo de ação. A irrigação ultrassônica passiva transmite energia do instrumento ao irrigante, criando uma corrente intensa neste que vai do ápice para a cervical em função dos

fenômenos de cavitação (fluxo acústico e cavitação estável) os quais provavelmente são os responsáveis pela maior remoção do Ca(OH)_2 em comparação com métodos que não utilizam o ultrassom^{20, 58}.

O uso do instrumento adicional é uma técnica de remoção pouco investigada na literatura^{10, 21}. Além disso, os estudos que empregaram o instrumento adicional como método de remoção do Ca(OH)_2 não o avaliaram em associação à ativação ultrassônica, nem tampouco avaliaram volume de resíduos. A microinfiltração de obturações endodônticas em raízes nas quais o hidróxido de cálcio foi utilizado como MIC foi estatisticamente semelhante, independentemente do uso do instrumento adicional e significativamente maior do que aquela apresentada pelo grupo controle sem medicação¹⁰.

No presente estudo, esperava-se que o grupo no qual foi utilizado o instrumento adicional em combinação com a ativação ultrassônica passiva apresentasse melhor eficácia de remoção dos resíduos de Ca(OH)_2 . Entretanto, de modo geral observou-se somente uma tendência numérica de melhor eficácia, sem contudo essa diferença ser perceptível estatisticamente. Novamente, talvez com uma quantidade amostral maior as diferenças pudessem ficar mais evidentes.

Analisando-se os dados de R_{mic}/M_{30d} na região apical, observa-se que o grupo controle (I^-U^-) apresentou numericamente o dobro de porcentagem de resíduos em relação ao I^+U^- , enquanto que nos outros terços a diferença numérica entre esses dois grupos foi menor. Este resultado é justificável pois as limas de finalização do sistema Protaper® universal, dentre elas a F5 utilizada como instrumento adicional na presente pesquisa, possuem maior contato com a região apical. Nos casos em que o ultrassom foi utilizado, nota-se o oposto, ou seja, o grupo I^+U^+ mostrou numericamente menos resíduo do que o I^+U^- na região apical. Possivelmente, a utilização do instrumento adicional promove a formação de uma camada de *smear*, simultaneamente à remoção da medicação. Na ausência do ultrassom, esses debris provavelmente não conseguem ser removidos, tendendo a se sedimentar na ausência de um fluxo intenso do irrigante no interior do canal como o promovido pela ativação ultrassônica passiva. Assim sendo, o desgaste dentinário das paredes do canal pode melhorar a eficiência de remoção da medicação intracanal de Ca(OH)_2 . Entretanto, uma parte desses resíduos removidos juntamente com o desgaste de dentina permanecem misturados com o *smear layer* que se forma em decorrência do desgaste da dentina ou ainda no interior dos túbulos dentinários^{10, 21}.

Analisando criticamente os resultados, ao considerar o volume de resíduos em relação ao volume do canal cirúrgico ($R_{mic}/V_{inicial}$) ou ao volume de MIC após 30 dias (R_{mic}/M_{30d}) percebe-se diferenças. Pode-se supor que a relação R_{mic}/M_{30d} seja um indicador mais preciso da eficácia da remoção, ou seja, o quanto efetivamente foi removido em relação ao volume ocupado pela MIC, enquanto que a relação $R_{mic}/V_{inicial}$ envolva, além da eficácia de remoção, outros fatores como a solubilização da MIC, por exemplo. Na prática, a porcentagem de resíduo remanescente em relação ao volume do canal é a informação mais relevante, pois influenciará na etapa de obturação e, conseqüentemente, no sucesso do tratamento endodôntico.

De modo geral, em todos os grupos experimentais, os valores de resíduos observados foram inferiores àqueles relatados por um estudo prévio que utilizou a microtomografia⁵⁸. Isto pode ser justificado por diferenças na técnica endodôntica, por exemplo, no que se refere ao tipo de pasta de hidróxido de cálcio utilizada (Ultracal® XS, Ultradent), inserida com técnica de injeção a 2 mm do CRT, ao instrumento final utilizado (GT Series X, Dentsply), ao tempo de permanência da MIC (sete dias) e ao grupo dentário (molares). No referido estudo, a irrigação ultrassônica passiva em conjunto com a lima final rotatória removeu significativamente mais $Ca(OH)_2$ em comparação à irrigação sônica associada a lima final rotatória; porém, o método mais eficaz deixou cerca de 15% da superfície do canal recoberta por resíduos de $Ca(OH)_2$.

Quanto à região do canal, em termos absolutos, o terço cervical apresentou volume de resíduo de MIC maior do o terço médio e apical, provavelmente porque neste resultado não foi considerada a correlação deste com o volume do canal cirúrgico. Porém, ao correlacionar-se o volume de resíduo de MIC com o volume do canal cirúrgico, a região apical apresentou quase o dobro de volume percentual de resíduo de $Ca(OH)_2$. Isso demonstra a importância de se relatar a quantidade de resíduos em relação ao volume do canal, e não somente em valores absolutos, ou considerando o canal como um todo. A descrição dos resultados por terços expressa a realidade dos fatos, tornando a informação mais relevante do ponto de vista clínico.

De forma semelhante, ao correlacionar o volume de resíduo com o volume de MIC após 30 dias, a porcentagem de resíduos na região apical foi quatro vezes maior do que na cervical e o dobro do terço médio, sendo os dois últimos semelhantes estatisticamente. Os dados evidenciam que, de fato, a região apical

apresenta maior quantidade de resíduos de Ca(OH)_2 do que os demais terços, resultados também obtidos em outros estudos^{14, 17, 20, 35, 42}. Estes resultados podem ser justificados por três motivos: 1) o Ca(OH)_2 tende a se acumular apicalmente durante o procedimento de remoção, independentemente da técnica utilizada³⁵, principalmente se considerarmos que as amostras foram tratadas com o longo eixo da raiz na posição vertical em relação ao alvéolo simulado de silicone, e, nesta posição, pela própria ação da gravidade, há uma maior tendência de deslocamento dos resíduos em direção apical; 2) devido à inserção da cânula de irrigação e ponta ultrassônica a dois milímetros do comprimento de trabalho, deixando este segmento de recuo sem o efeito direto da ativação ultrassônica^{42, 58}; e 3) a morfologia cônica dos canais radiculares com menor diâmetro apical em relação às demais regiões do canal impõe maior dificuldade na irrigação desta área.

Embora a permanência de um plug apical de hidróxido de cálcio tenha sido defendida no passado³⁶, hoje acredita-se que é melhor remover com máxima eficácia o Ca(OH)_2 intracanal, principalmente da região apical, pois os resíduos que permanecerem nessa área podem ser solubilizados quando em contato com os fluidos teciduais e facilitar a ocorrência de microinfiltração apical^{20, 57}.

6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O VOLUME FINAL DO CANAL E VARIAÇÃO PERCENTUAL EM RELAÇÃO AO VOLUME DO CANAL CIRÚRGICO

O volume final do canal nos terços apical e médio não apresentou diferenças estatisticamente significantes entre as técnicas avaliadas, considerando-se os valores absolutos. Para o terço cervical, o uso do ultrassom (associado ou não ao instrumento adicional) resultou em um volume final maior do que o grupo controle. Assim sendo, a segunda hipótese experimental, de que as técnicas testadas provocam alargamento semelhante do canal radicular em relação ao volume inicial, foi rejeitada. Ao analisar os resultados da variação percentual entre os volumes do canal cirúrgico e o volume final do canal, a variação de volume do canal foi menor na região apical para o grupo controle.

Sabe-se que a técnica ultrassônica tem potencial para alterar a morfologia do canal caso o instrumento toque em suas paredes, embora este procedimento não

seja intencional e nem tecnicamente recomendado durante a irrigação¹⁵. A ativação ultrassônica deve ser passiva; assim, a alteração da morfologia do canal tende a ser mínima, mas ocorre, sendo mais evidente no terço cervical, provavelmente por ser a região do canal que mais tem contato com a ponta ultrassônica nas manobras de inserção e remoção.

Quando o ultrassom não foi utilizado, o uso do instrumento adicional provocou um aumento percentual no volume do canal significativamente maior no terço apical em relação ao grupo controle, enquanto que nos terços cervical e médio não houve variação significativa no volume do canal. Este resultado é justificável, pois o instrumento adicional utilizado foi o F5, o qual no sistema Protaper® é um instrumento de finalização, ou seja, de preparo apical e causa um ligeiro alargamento dessa região.

Na literatura pesquisada não foram encontrados estudos que avaliassem a influência da técnica de remoção da MIC no volume final do canal, nem tampouco em relação à variação do volume do canal, uma vez que a maioria dos trabalhos utilizou métodos de avaliação que são considerados destrutivos em relação a preservação da amostra. Mesmo os trabalhos que utilizaram como método de avaliação a tomografia computadorizada espiral^{42, 43} e a microtomografia⁵⁸ não avaliaram esta variável.

De modo geral, os resultados deste estudo demonstraram não haver correlação entre técnicas que promoveram maior aumento no volume do canal e uma melhor remoção de resíduos. Este achado ressalta a importância de métodos que favoreçam a agitação do irrigante e a manutenção das partículas em suspensão no meio para facilitar a posterior remoção com a manobra de irrigação/aspiração.

Os resultados encontrados pelos estudos aqui discutidos e os resultados da presente pesquisa são importantes para a decisão da conduta clínica em endodontia. Entretanto, as variáveis e as possibilidades envolvidas são inúmeras. Clinicamente, existe uma particularidade em cada caso, principalmente relacionada ao grupo dentário pesquisado, ao operador, ao paciente e às suas respostas à terapia endodôntica. Portanto, mesmo que seja possível afirmar a superioridade de uma determinada técnica, qualquer inferência clínica mais abrangente é precipitada.

Faz-se necessário novas pesquisas que avaliem a influência clínica dos resíduos de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ no tratamento endodôntico em longo prazo e que investiguem o que ocorre de fato com esses resíduos e suas consequências. Não há relatos de

estudos científicos na literatura com esse enfoque. Com a ampliação do uso de aparelhos microtomográficos para uso *in vivo* em animais, novas pesquisas são possíveis com avaliações distintas em diferentes fases do tratamento endodôntico e, assim, abrem-se novas perspectivas de estudos científicos nesse âmbito.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que:

1. Houve diferenças estatisticamente significantes na eficácia de remoção da MIC entre as técnicas testadas. Independentemente da região do canal, o uso do ultrassom resultou em um menor volume de resíduos de MIC, em termos absolutos e em relação ao volume do canal. Em relação ao volume de medicação após 30 dias, o uso do ultrassom foi marginalmente significativo. O uso do instrumento adicional não apresentou influência significativa sobre a eficácia da remoção da MIC.

Além disso, a porcentagem de resíduos foi maior na região apical. Em números absolutos, a região cervical apresentou maior volume de resíduos. Portanto, a primeira hipótese nula foi rejeitada.

2. Em relação ao volume do canal, o uso apenas do ultrassom resultou em um volume final do canal cirúrgico no terço cervical maior do que aqueles em que a irrigação ultrassônica não foi utilizada. Em termos percentuais, todas as técnicas resultaram em aumentos estatisticamente semelhantes do volume do canal cirúrgico para os terços cervical e médio. No terço apical, o grupo controle apresentou aumento percentual estatisticamente inferior aos demais. Portanto, a segunda hipótese nula foi rejeitada.

REFERÊNCIAS¹

- 1 Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006 Apr;39(4):249-81.
- 2 Law A, Messer H. An evidence-based analysis of the antibacterial effectiveness of intracanal medicaments. *J Endod*. 2004 Oct;30(10):689-94.
- 3 Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol*. [Review]. 2005 Feb;21(1):1-8.
- 4 Leonardo MR, Hernandez ME, Silva LA, Tanomaru-Filho M. Effect of a calcium hydroxide-based root canal dressing on periapical repair in dogs: a histological study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006 Nov;102(5):680-5.
- 5 Wu MK, Dummer PM, Wesselink PR. Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection. *Int Endod J*. 2006 May;39(5):343-56.
- 6 Siqueira JF, Jr., Magalhaes KM, Rocas IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. *J Endod*. 2007 Jun;33(6):667-72.
- 7 Wigler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N, Hazan-Molina H, Torneck CD. Revascularization: a treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):319-26.
- 8 Ricucci D, Langeland K. Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report. *Int Endod J*. 1997 Nov;30(6):418-21.
- 9 Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*. 1999 Jun;25(6):431-3.
- 10 Kim SK, Kim YO. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J*. 2002 Jul;35(7):623-8.
- 11 Hosoya N, Kurayama H, Iino F, Arai T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. *Int Endod J*. 2004 Mar;37(3):178-84.

¹ De acordo com o estilo Vancouver

12 Pashley DH, Kalathoor S, Burnham D. The effects of calcium hydroxide on dentin permeability. *J Dent Res*. 1986 Mar;65(3):417-20.

13 Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*. 2006 Apr;32(4):281-90.

14 Kenee DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *J Endod*. 2006 Jun;32(6):563-5.

15 van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*. 2007 Jun;40(6):415-26.

16 Salgado RJ, Moura-Netto C, Yamazaki AK, Cardoso LN, de Moura AA, Prokopowitsch I. Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Apr;107(4):580-4.

17 Balvedi RP, Versiani MA, Manna FF, Biffi JC. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J*. 2010 Sep;43(9):763-8.

18 Rodig T, Vogel S, Zapf A, Hulsmann M. Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J*. 2010 Jun;43(6):519-27.

19 Goode N, Khan S, Eid AA, Niu LN, Gosier J, Susin LF, et al. Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. *J Dent*. 2013 Jul;41(7):636-41.

20 van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *Int Endod J*. 2007 Jan;40(1):52-7.

21 Holland R, Alexandre AC, Murata SS, dos Santos CA, Dezan Junior E. Apical leakage following root canal dressing with calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol*. 1995 Dec;11(6):261-3.

22 Kawashima N, Wadachi R, Suda H, Yeng T, Parashos P. Root canal medicaments. *Int Dent J*. 2009 Feb;59(1):5-11.

23 Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Santos SR, Lima KC, Magalhaes FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod*. 2002 Mar;28(3):181-4.

24 Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*. 1981 Aug;89(4):321-8.

25 Gomes BPFA, Ferraz CCR, Garrido FD, Rosalen PL, Zaia AA, Teixeira FB, et al. Microbial Susceptibility to Calcium Hydroxide Pastes and Their Vehicles. *J Endod*. 2002 Nov;28(11):758-61.

26 Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1997 Sep;30(5):297-306.

27 Siqueira JF, Jr., Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J*. 1999 Sep;32(5):361-9.

28 Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J*. 2007 Mar;52(1 Suppl):S64-82.

29 Baik JE, Jang KS, Kang SS, Yun CH, Lee K, Kim BG, et al. Calcium hydroxide inactivates lipoteichoic acid from *Enterococcus faecalis* through deacylation of the lipid moiety. *J Endod*. 2011 Feb;37(2):191-6.

30 Mohammadi Z, Dummer PM. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J*. 2011 Aug;44(8):697-730.

31 Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod*. 1981 Jan;7(1):17-21.

32 Nerwich A, Figdor D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod*. 1993 Jun;19(6):302-6.

33 Orstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J*. 1991 Jan;24(1):1-7.

34 Soares JA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA, Ito IY. Residual antibacterial activity of chlorhexidine digluconate and camphorated p-monochlorophenol in calcium hydroxide-based root canal dressings. *Braz Dent J*. 2007 Jul;18(1):8-15.

35 Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *J Endod*. 1999 Feb;25(2):85-8.

36 Holland GR. Periapical response to apical plugs of dentin and calcium hydroxide in ferret canines. *J Endod*. 1984 Feb;10(2):71-4.

37 Arslan H, Topcuoglu HS, Karatas E, Barutcigil C, Aladag H, Topcu KM. Effect of the smear layer in the removal of calcium hydroxide from root canal walls. *J Conserv Dent*. 2012 Apr;15(2):113-7.

38 Orstavik DAG. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod*. 2005;12(1):25-38.

39 Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod*. 2006 Dec;32(12):1125-34.

40 Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*. 1981 Nov;46(5):531-7.

41 Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G. Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod*. 1997 Jan;23(1):43-8.

42 Nandini S, Velmurugan N, Kandaswamy D. Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *J Endod*. 2006 Nov;32(11):1097-101.

43 Ballal NV, Kumar SR, Laxmikanth HK, Saraswathi MV. Comparative evaluation of different chelators in removal of calcium hydroxide preparations from root canals. *Aust Dent J*. 2012 Sep;57(3):344-8.

44 Goldberg F, Artaza LP, De S. Influence of calcium hydroxide dressing on the obturation of simulated lateral canals. *J Endod*. 2002 Feb;28(2):99-101.

45 Barbizam JV, Trope M, Teixeira EC, Tanomaru-Filho M, Teixeira FB. Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. *Braz Dent J*. 2008 Sep;19(3):224-7.

46 Silva JM, Andrade Junior CV, Zaia AA, Pessoa OF. Microscopic cleanliness evaluation of the apical root canal after using calcium hydroxide mixed with chlorhexidine, propylene glycol, or antibiotic paste. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 Feb;111(2):260-4.

47 Bodrumlu E, Avsar A, Hazar Bodrumlu E, Cicek E. The effects of calcium hydroxide removal methods on bond strength of Epiphany SE with two irrigation protocols. *Acta Odontol Scand*. 2013 May-Jul;71(3-4):989-93.

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

49 Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol*. 1985 Oct;1(5):170-5.

50 Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*. 2010 Jan;43(1):2-15.

51 Çalt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*. 2002 Jan;28(1):17-9.

52 Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J*. 2008 Jan;41(1):60-71.

53 Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J*. 2007 Jan;40(1):11-7.

54 Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod*. 2005 Oct;31(10):742-5.

55 Boutsoukias C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J*. 2007 Jul;40(7):504-13.

56 Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*. 2007 May;33(5):611-5.

57 Lambrianidis T, Kosti E, Boutsoukias C, Mazinis M. Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *Int Endod J*. 2006 Jan;39(1):55-61.

58 Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod*. 2011 Feb;37(2):235-8.

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

60 Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*. 1980 Sep;6(9):740-3.

61 Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J*. 2004 Sep;37(9):607-12.

62 Tasdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yesilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J*. 2011 Jun;44(6):505-9.

63 Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 2002 Jul;35(7):582-9.

64 Khaleel HY, Al-Ashaw AJ, Yang Y, Pang AH, Ma JZ. Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, ultrasonic and ProTaper file agitation

techniques: an in vitro study. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci. 2013 Feb;33(1):142-5.

65 Silva JM, Silveira A, Santos E, Prado L, Pessoa OF. Efficacy of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid and phosphoric acid in calcium hydroxide removal from the root canal: a microscopic cleanliness evaluation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Dec;112(6):820-4.

66 Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. Adv Dent Res. 1997 Nov;11(4):453-61.

67 Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: An advanced system for detailed endodontic research. J Endod. 1995 Nov;21(11):561-8.

68 Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. Int Endod J. 1999 May;32(3):165-70.

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

70 Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. Int J Oral Sci. 2009 Dec;1(4):177-88.

71 Villas-Boas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, Del Carpio-Perochena A, de Moraes IG, et al. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. J Endod. 2011 Dec;37(12):1682-6.

72 Li J, Li L, Pan Y. Anatomic study of the buccal root with furcation groove and associated root canal shape in maxillary first premolars by using micro-computed tomography. J Endod. 2013 Feb;39(2):265-8.

73 Freire LG, Gavini G, Branco-Barletta F, Sanches-Cunha R, dos Santos M. Microscopic computerized tomographic evaluation of root canal transportation prepared with twisted or ground nickel-titanium rotary instruments. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Dec;112(6):143-8.

- 74 Solomonov M, Paque F, Fan B, Eilat Y, Berman LH. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):209-14.
- 75 Moura-Netto C, Palo RM, Camargo CH, Pameijer CH, Bardauil MR. Micro-CT assessment of two different endodontic preparation systems. *Braz Oral Res.* 2013 Jan-Feb;27(1):26-30.
- 76 Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):385-8.
- 77 Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):541-4.
- 78 Mirfendereski M, Roth K, Fan B, Dubrowski A, Carnahan H, Azarpazhooh A, et al. Technique acquisition in the use of two thermoplasticized root filling methods by inexperienced dental students: a microcomputed tomography analysis. *J Endod.* 2009 Nov;35(11):1512-7.
- 79 Zaslansky P, Fratzl P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *Int Endod J.* 2011 May;44(5):395-401.
- 80 Rodig T, Hausdorfer T, Konietzschke F, Dullin C, Hahn W, Hulsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2012 Jun;45(6):580-9.
- 81 Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1044-7.
- 82 Paque F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J.* 2011 Feb;44(2):148-53.
- 83 Paque F, Rechenberg DK, Zehnder M. Reduction of Hard-tissue Debris Accumulation during Rotary Root Canal Instrumentation by Etidronic Acid in a Sodium Hypochlorite Irrigant. *J Endod.* 2012 May;38(5):692-5.

84 Elliott JC, Dover SD. X-ray microtomography. *J Microsc.* 1982 May;126(Pt 2):211-3.

85 Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* 2005 Sep;38(9):617-26.

86 Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000 Jun;79(6):1405-9.

87 Balto K, Muller R, Carrington DC, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res.* 2000 Jan;79(1):35-40.

88 Davis GR, Wong FS. X-ray microtomography of bones and teeth. *Physiol Meas.* 1996 Aug;17(3):121-46.

89 Mannocci F, Peru M, Sherrieff M, Cook R, Pitt Ford TR. The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J.* 2005 Aug;38(8):558-63.

90 Nassif AC, Tieri F, da Ana PA, Botta SB, Imparato JC. Structuralization of a human teeth bank. *Pesqui Odontol Bras.* 2003 May;17 Suppl 1:70-4.

91 Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, et al. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Sep;108(3):450-7.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Avaliação da eficácia de remoção da medicação intra-canal de hidróxido de cálcio com uso do ultrassom e/ou instrumento adicional através de microtomografia computadorizada

Pesquisador: Luciana Jorge Moraes Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 14372113.6.0000.0075

Instituição Proponente: FUNDACAO PARA O DESENVOLVIMENTO CIENT E TEC ODONTOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 317.629

Data da Relatoria: 26/06/2013

Apresentação do Projeto:

O presente projeto visa comparar quatro técnicas de remoção da pasta de Ca(OH)_2 usada como medicação intracanal através da microtomografia computadorizada. Para isso, serão selecionados 32 dentes humanos unirradiculares, que serão instrumentados pela técnica de instrumentação rotatória e posteriormente, divididos em 5 grupos de acordo com a técnica de remoção do material, dentre eles uso de instrumentos manuais, associados ou não com agitação ultrassônica. Apenas um dos grupos não receberá o material de obturação e servirá como controle. Os espécimes serão analisados por microtomografia em diferentes momentos do procedimento 1) após o preparo do canal, 2) 30 dias após a aplicação da medicação intracanal, 3) após a remoção da medicação intracanal e as imagens microtomográficas serão avaliadas em software apropriado para quantificar o volume do canal após o preparo, o volume da medicação após 30 dias, o volume residual de hidróxido de cálcio e o volume do canal após remoção da medicação. As amostras a serem utilizadas nessa pesquisa serão provenientes de outra pesquisa, já aprovada por outro CEP.

Objetivo da Pesquisa:

Comparar quatro técnicas de remoção da pasta de Ca(OH)_2 usada como medicação intracanal em dentes extraídos preparados endodonticamente e tratados com esse material.

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

**FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 317.629

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não existem riscos e benefícios diretos advindos da pesquisa, pois são utilizados dentes extraídos, segundo o pesquisador, com finalidade terapêutica. Os pesquisadores mencionam que os dentes já foram coletados e utilizados em outro estudo e, nesse momento, apenas serão acrescentadas novas análises das mesmas amostras.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O cronograma apresentado no presente momento corresponde a uma etapa adicional realizada com a mesma amostra utilizada em um estudo prévio já aprovado em outro CEP

(CAEE: 0227.0.073.017-11). No protocolo vigente, os pesquisadores informam adequadamente as etapas do cronograma a cumprir e o mesmo prevê o início do estudo após a aprovação neste CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os dentes a serem utilizados nesse estudo faziam parte de um protocolo prévio aprovado pelo CEP da Universidade Federal do Pará (CAEE: 0227.0.073.017-11). O termo de aprovação pelo referido CEP foi anexado ao processo e as etapas adicionais de análise dessas amostras estão adequadamente contempladas nesse protocolo.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O protocolo apresenta-se dentro dos preceitos éticos e passível de ser aceito por este CEP. Após a aprovação, tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 317.629

SAO PAULO, 26 de Junho de 2013

Assinador por:
Maria Gabriela Haye Biazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br