

ANTONIO BATISTA

**ANÁLISE "IN VITRO" COMPARATIVA DA EFETIVIDADE DO
PREPARO DO CANAL RADICULAR REALIZADO MANUALMENTE E
COM O SISTEMA AUTOMATIZADO DE ROTAÇÃO ALTERNADA COM
DIFERENTES INSTRUMENTOS**

**UNIVERSIDADE CAMILO CASTELO BRANCO
CENTRO DE PÓS - GRADUAÇÃO
CAMPINAS
2002**

ANTONIO BATISTA

**ANÁLISE "IN VITRO" COMPARATIVA DA EFETIVIDADE DO
PREPARO DO CANAL RADICULAR REALIZADO MANUALMENTE E
COM O SISTEMA AUTOMATIZADO DE ROTAÇÃO ALTERNADA COM
DIFERENTES INSTRUMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Camilo
Castelo Branco – Centro de Pós-Graduação,
para obtenção do grau de Mestre em
Odontologia.

Área de Concentração: Endodontia

CAMPINAS

2002

ANTONIO BATISTA

ANÁLISE "IN VITRO" COMPARATIVA DA EFETIVIDADE DO
PREPARO DO CANAL RADICULAR REALIZADO MANUALMENTE E
COM O SISTEMA AUTOMATIZADO DE ROTAÇÃO ALTERNADA COM
DIFERENTES INSTRUMENTOS

Dissertação apresentada à Universidade Camilo
Castelo Branco – Centro de Pós-Graduação,
para obtenção do grau de Mestre em
Odontologia.

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Manoel Eduardo de Lima
Machado

CAMPINAS

2002

Apresentação da Dissertação ao Curso de Mestrado em Odontologia, área de concentração de Endodontia em 03 de Abril de 2002, à comissão examinadora constituída pelos Professores Doutores:



Prof. Dr. Manoel Eduardo de Lima Machado



Prof. Dr. Arlindo Di Spagna Souza



Prof. Dr. Gilson Blitzkow Sydney

Agradecimentos,

Ao **Dr. Mário Capriglione**, grande incentivador e responsável por despertar em mim o interesse pela Endodontia, meu eterno agradecimento.

Ao **Prof. Dr. Manoel Eduardo de Lima Machado**, pela sua dedicação ao ensino e à Endodontia.

Ao **Prof. Natanael Henrique Ribeiro Matos**, amigo e companheiro, minha grata satisfação por ter conhecido.

Aos colegas de Mestrado, **Alexandre, Ana Paula, Luis Carlos, Márcio, Massaro, Nilton e Raul**, pela amizade conquistada.

À **Profª. Rita de Cássia Lopes**, colega da Disciplina de Endodontia B do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná.

A **Profª. Neusa Rosa Moro**, Coordenadora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, pela sua dedicação e interesse ao curso de Odontologia.

Ao **Prof. Joel Bley Sobrinho**, Chefe do Departamento de Odontologia Restauradora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná.

Ao **Prof. Dr. Carlos Aurélio Nadal**, do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio e elaboração do programa de computação.

A todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para a concretização desta dissertação.

Agradecimentos especiais,

Ao Prof. Dr. Gilson Blitzkow Sydney,

Fazer amigos é fácil, mantê-los é extremamente difícil. Se nada acontece por acaso, não foi ao acaso que tive a oportunidade de conhecê-lo, admirá-lo e segui-lo. Obrigado por confiar em mim e pelo auxílio para vencer mais esta etapa de minha carreira.

Ao Prof. Dr. Luciano Loureiro de Melo,

A vida é uma eterna escola, que por mais que se viva, ainda não teremos tempo suficiente para saber todas as coisas, mas dentro do tempo que esta permite, viver e aprender da melhor maneira possível. E muitas coisas que tenho aprendido foram por conviver profissionalmente e pessoalmente, adquirindo ensinamentos para a endodontia e para o correto jeito de ser. Gostaria que esta amizade conquistada fosse perpetuada e se tornasse cada vez mais sólida. Se poucas palavras podem ser suficientes para expressar o meu sentimento por você, elas são: muito obrigado.

*Há uma teoria que diz que todo mundo tem cem pontos.
Cem é a soma dos pontos das características que cada um tem.
Por exemplo, oito em alegria, sete em disciplina, dez em inteligência, e assim por
diante.
Se você tem menos pontos no item experiência, é porque deve ter mais pontos
no item capacidade de se surpreender.
Se tem menos no quesito falar, com certeza vai ter mais no quesito ouvir.
E por aí vai.
É isso que faz a personalidade de cada um ser única e especial.
E é isso que faz todas as pessoas ter a sua beleza própria.
Segundo os direitos humanos, todo mundo é igual.
Só que na verdade, todo mundo é também muito diferente.
Mas todo mundo tem cem pontos.*

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	10
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
LISTA DE NOTAÇÕES.....	15
RESUMO.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1. Quanto à técnica manual.....	21
2.2. Quanto às peças automatizadas.....	71
3. PROPOSIÇÃO.....	81
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	82
4.1. Material.....	82
4.2. Métodos.....	85
4.2.1. Seleção dos grupos.....	88
4.2.2. Preparo do canal radicular.....	93
4.2.3. Metodologia estatística.....	97
5. RESULTADOS.....	102
6. DISCUSSÃO.....	112
6.1. Quanto à metodologia.....	113
6.2. Quanto aos resultados.....	126
6.3. Considerações finais.....	138
7. CONCLUSÕES.....	140
ABSTRACT.....	142

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
---------------------------------	-----

ANEXOS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática da raiz méso-vestibular do molar superior, do instrumento rastreando o canal radicular, o sistema de coordenadas cartesianas x,y , a reta tangente à curvatura apical, os pontos $T(x_1,y_1)$, $I(x_2,y_2)$, $T_1(x_2,y_2)$, o ângulo θ , as distâncias Δ_x e Δ_y , e o raio da curvatura (R).....	92
Figura 2 - Plataforma Radiográfica acoplada à extremidade do cilindro de Raios-X, o bloco de resina com o dente e o filme radiográfico em posição.....	98
Figura 3 - Contra-ângulo Endo-Gripper.....	98
Figura 4 - Micromotor elétrico e contra-ângulo Endo-Gripper.....	98
Figura 5 - Lima Flex-R.....	99
Figura 6 - Lima Ônix-R.....	99
Figura 7 - Lima inserida na cabeça do contra-ângulo Endo-Gripper.....	99
Figura 8 - Dente nº 32 do grupo 1 sem desvio apical.....	100

Figura 9 - Dente nº 09 do grupo 1 com desvio apical.....	100
Figura 10 - Dente nº 41 do grupo 2 sem desvio apical.....	100
Figura 11 - Dente nº 11 do grupo 2 sem desvio apical.....	100
Figura 12 - Dente nº 22 do grupo 3 com desvio apical.....	101
Figura 13 - Dente nº 19 do grupo 3 sem desvio apical.....	101
Figura 14 - Dente nº 30 do grupo 4 sem desvio apical.....	101
Figura 15 - Dente nº 36 do grupo 4 sem desvio apical.....	101
Quadro 1 – Dados gerais das limas em estudo.....	104
Gráfico 1 – Calibre do primeiro instrumento a adaptar-se no comprimento de trabalho após alargamento reverso – Técnica Manual.....	105
Gráfico 2 - Calibre do primeiro instrumento a adaptar-se no comprimento de trabalho após alargamento reverso – Técnica Endo-Gripper.....	105

Gráfico 3 – Fratura de instrumentos.....	106
Gráfico 4 – Desvio apical.....	106
Quadro 2 – Estatística descritiva dos dados em estudo.....	108
Quadro 3 – Resultados dos testes estatísticos aplicados nas técnicas utilizadas em relação à comparação das limas Flex-R com Ônix-R.....	109
Gráfico 5 – Tempo (minutos e segundos) dispendido para o preparo.....	110
Quadro 4 – Resultados dos testes estatísticos aplicados nas limas em relação à comparação das técnicas manual com Endo-Gripper.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos dentes em grupos acorde o valor do raio de curvatura expresso em milímetros. Raio médio de 7,70 mm.....	159
Tabela 2 - Resultados do preparo manual utilizando limas Flex-R (Grupo 1).....	160
Tabela 3 - Resultados do preparo manual utilizando limas Ônix-R (Grupo 2).....	161
Tabela 4 - Resultados do preparo com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper utilizando limas Flex-R (Grupo 3).....	162
Tabela 5 - Resultados do preparo com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper utilizando limas Ônix-R (Grupo 4).....	163

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI/ADA- American National Standards Institute/American Dental Association

cm - centímetros

FIG. - Figura

G.G. - Gates-Glidden

GRAF. - Gráfico

ISO - International Standart Organization

.jpeg - join photographic experts group

K - Kerr

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

M-D - Mésio-Distal

MLA - Máxima Lima Apical

ml - mililitros

mm - milímetros

n - não

NiTi - Níquel-Titânio

nº - número

NS - Não Significativo

p - proporção

rpm - rotações por minuto

s - sim

seg - segundos

TAB. - Tabela

V-L - Vestíbulo-Lingual

LISTA DE NOTAÇÕES

#	- calibre
°	- graus
x	- vezes
%	- percentual
Δ	- delta
θ	- teta
'	- minutos
"	- segundos

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar *in vitro* comparativamente a efetividade do preparo do canal radicular realizado manualmente e com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper com diferentes tipos de instrumentos. Utilizou-se da raiz méso-vestibular de 48 dentes molares superiores humanos, divididos em quatro grupos de 12 dentes acorde o raio da curvatura. Os dentes do grupo 1 foram preparados com técnica manual e limas Flex-R, os do grupo 2 com técnica manual e limas Ônix-R, os do grupo 3 com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper e limas Flex-R, e os do grupo 4 com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper e limas Ônix-R. O preparo do canal radicular foi realizado com técnica de ampliação reversa. A avaliação consistiu em verificar a capacidade de manter a curvatura original do canal radicular em nível apical, ao calibre do primeiro instrumento que se adaptava à área apical quando da fase de alargamento reverso, ao tempo necessário para o preparo e ao índice de fratura dos instrumentos. Para a avaliação da formação de desvio apical foi empregada a plataforma radiográfica com dupla exposição do filme aos Raios-X. A análise dos resultados permitiu verificar que nos grupos em que se aplicaram as limas Ônix-R não houve a formação de desvio apical em nenhum caso, independente de ter trabalhado com técnica manual ou com o sistema automatizado Endo-Gripper. Nos grupos em que foi utilizada as limas Flex-R tanto manual quanto com o sistema automatizado Endo-Gripper, houve dois desvios apicais em doze amostras para cada grupo, sem diferenças estatísticas significativas. Quanto ao calibre do primeiro instrumento que se adaptou à área apical após a fase de alargamento reverso, pôde-se verificar que houve predominância do instrumento #25 (58,3%, 58,4%, 58,3% e 66,7% respectivamente para a técnica manual e Endo-Gripper com limas

Flex-R, técnica manual e Endo-Gripper com limas Ônix-R). Com relação ao tempo de preparo, verificou-se que a técnica manual, independente do tipo de lima utilizada, dispendeu menor tempo em relação ao sistema Endo-Gripper, sem diferenças estatísticas significativas. Quanto ao índice de fraturas dos instrumentos, verificou-se somente em dois casos no grupo da técnica de preparo manual com limas Ônix-R, sem diferenças estatísticas significativas.

1. INTRODUÇÃO

A moderna Endodontia, beneficiada por procedimentos técnicos, tipos de instrumentos, e a liga com que são confeccionados, visa permitir aumento da qualidade dos tratamentos e longevidade aos dentes acometidos por patologias pulpares e periapicais. Embora tenha observado ao longo dos anos diferenças nas técnicas de instrumentação, os princípios que regem o preparo mantêm-se inalterados - limpeza e modelagem.

Para que estes objetivos sejam alcançados, faz-se necessária ação do binômio instrumentos endodônticos e solução química auxiliar. Desta maneira, o tecido pulpar vivo, ou decomposto, e os possíveis microorganismos devem ser eliminados, confeccionando-se forma única para cada canal radicular, de modo a permitir condição de um hermético selamento através da obturação. Embora definidos isoladamente, torna-se difícil determinar o momento em que termina a limpeza e inicia a modelagem, visto serem objetivos alcançados conjuntamente.

A partir do momento em que conclui-se a cavidade de acesso, ao empunhar e inserir o instrumento no interior do canal radicular, inicia-se uma fase na qual o sentido tátil prevalece sobre o visual. Conseguir dar correta ação aos instrumentos através dos movimentos dos dedos para se obter limpeza e modelagem, fazendo do canal cirúrgico o anatômico ampliado, ausente de defeitos, mantendo uma forma cônica contínua entre o terço cervical e o nível apical, não é tarefa fácil. Depende não somente de uma técnica de preparo, mas de instrumentos com características que permitam vencer as curvaturas existentes nos múltiplos planos dos canais radiculares.

Com a estandardização dos instrumentos endodônticos e a afirmação da técnica seriada, a Endodontia iniciou uma fase de grande progresso. Esta técnica em canais retos, se bem conduzida, produz poucos defeitos apicais, mas apresenta deficiências na capacidade de limpeza do tecido pulpar ao longo das paredes dos canais radiculares.

A introdução das técnicas escalonadas, conseguiu melhorar muitas das deficiências encontradas nas tradicionais técnicas seriadas, permitindo aumento da limpeza por promover maior contacto dos instrumentos com as paredes dos canais radiculares. Mesmo assim, quanto maior a complexidade dos canais radiculares, como curvaturas e atresias, maior será a exigência do domínio técnico do profissional.

Importante auxiliar ao preparo dos canais radiculares foram os instrumentos rotatórios, representados pelas brocas Gates-Glidden, criando condições para o aumento da limpeza. Estas permitiram modificação na técnica de preparo, introduzindo a manobra de acesso radicular, fazendo a Endodontia iniciar uma fase de grandes mudanças.

Não só as técnicas de preparo foram importantes, mas também as cinemáticas impostas aos instrumentos. Quando existiam limas e alargadores, desenvolvia-se cinemática própria para cada instrumento, limagem e alargamento. Com a melhoria da qualidade do metal de fabricação dos instrumentos, estas cinemáticas passaram a ser realizadas somente com as limas.

Utilizar a mesma cinemática para preparar toda a extensão das paredes dos canais radiculares tem sido demonstrado ineficaz, em que muitas paredes deixarão de ser trabalhadas, não permitindo que o resultado final seja o canal cirúrgico contido no canal anatômico.

A partir da modificação da ponta dos instrumentos, reintroduziu-se os movimentos baseados na ação de alargamento, fundamentado em leis físicas, denominado "Força Balanceada". Com a introdução da liga de níquel-titânio para a confecção de instrumentos com maior flexibilidade, recomenda que a cinemática de força balanceada seja realizada com instrumentos com este tipo de metal .

A constante busca pela qualidade do preparo transicionou para o mecanizado, o qual apresentou-se de forma variada. Dentre os sistemas, destacou-se os que utilizavam rotação alternada de $\frac{1}{4}$ de volta, como o Giromatic e o Endo-Angle, e os com rotação alternada de $\frac{1}{4}$ de volta associado a movimentos de vai-vém, como o W e H, Dynatrak e o Endolift.

Constatou-se que se obtinha, na maioria das vezes, somente diminuição do tempo de trabalho, ficando a limpeza e a homogeneidade de preparo com qualidade inferior ao do preparo manual. Poucos trabalhos demonstraram excelentes resultados empregando o sistema Giromatic, mostrando que o domínio das peças automatizadas é possível se houver treinamento prévio.

Recentemente, reintroduziu-se a mecanização, agora com contra-ângulos e instrumentos mais adequados, como o sistema *Safety M4* (Kerr), o *Endo-Gripper* (Moyco-Union Broach), o *TEP-10R* (NSK) e o *Duratec* (Kavo), podendo ser utilizado com qualquer tipo de lima manual, tornando-os uma excelente alternativa de auxiliar ao preparo do canal radicular.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Quanto a técnica manual

O resultado final do tratamento endodôntico, representado pela obturação hermética e tridimensional de todo o espaço do canal radicular, depende dentre outros fatores, da qualidade da limpeza e modelagem.

Na busca destes objetivos, variáveis como as múltiplas curvaturas radiculares, o tipo de instrumento utilizado e a interação destes com as paredes dos canais radiculares são os grandes obstáculos. Neste aspecto, o conhecimento da anatomia interna merece especial consideração, a qual pode alterar-se como consequência da reação de defesa do tecido pulpar frente a perda tecidual.

Em dentes hígidos, poderia-se esperar que a anatomia interna não apresentasse modificação. Em 1961, PHILIPPAS analisou a influência do desgaste oclusal e da idade na formação de dentina e na alteração do tamanho da câmara pulpar. Utilizou 168 dentes molares permanentes apresentando graus variados de desgaste oclusal em indivíduos de ambos os sexos cuja idade era conhecida. Os dentes foram examinados, radiografados, analisados, e os resultados encontrados permitiram concluir que:

1. Não havia mudança significativa na dentina do teto da câmara pulpar com o aumento da idade e desgaste oclusal;
2. A dentina do assoalho da câmara pulpar mostrava um aumento definido na espessura com o aumento da idade, sendo a responsável pela redução da câmara pulpar no sentido oclusogengival;
3. As paredes dentinárias mesial e distal aumentam em espessura com o aumento da idade, causando redução da câmara pulpar mesio-distalmente;

4. Ambas, altura e largura da câmara pulpar, mostraram um aumento definido com o avanço da idade, indiferente da presença de desgaste oclusal.

Assim como o conhecimento da anatomia interna torna-se importante para o profissional, também o é a qualidade do preparo do canal radicular conseguido com diferentes tipos de instrumentos e cinemáticas. Neste aspecto, VESSEY (1969), analisou a qualidade da modelagem dos canais radiculares preparados com cinemática de limagem e de alargamento, utilizando 33 incisivos centrais e laterais extraídos, instrumentados até se obter dentina clara aderida aos instrumentos. Alargadores com ação de alargamento, limas com ação de alargamento, e limas com ação de limagem foram utilizadas para o preparo, sendo então realizadas secções transversais a 2, 3, 4 e 5mm do ápice, fotografados e analisados nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual. Os resultados mostraram que, canais preparados com cinemática de alargamento apresentaram qualidade de modelagem superior em relação aos preparados com cinemática de limagem nos 5mm finais independente do tipo de instrumento utilizado, e a cinemática de limagem produziu melhor debridamento na porção coronária. Sugere ser a ação de alargamento a de eleição no preparo da área apical.

SCHNEIDER (1971) realizou trabalho com objetivo similar, verificando a frequência que preparos circulares podem ser produzidos pela instrumentação manual no terço apical de canais retos e curvos. Foram utilizados 29 dentes, sendo 27 caninos superiores e inferiores, um incisivo lateral e um primeiro pré-molar, empregando metodologia para determinar a curvatura radicular, que consiste nos seguintes passos: uma linha reta é traçada passando pelo longo eixo do canal radicular, seguido de outra iniciando no forame apical até interceptar a primeira no ponto em que o canal começa a desviar do longo eixo do dente. O ângulo formado

pela intersecção destas duas retas é considerado o ângulo da curvatura radicular. Em seguida os dentes foram divididos em três grupos, sendo: 10 dentes com canais retos (5° ou menos de curvatura), 10 com curvatura moderada (10° a 20°), e 9 com curvatura severa (25° a 70°). Os canais foram instrumentados com lima tipo K (Kerr) com ação de alargamento e técnica seriada. Após o preparo, secções transversais a 1mm e 5mm do ápice radicular foram realizadas e examinadas em microscópio com aumento de 25x. Os resultados mostraram que canais retos apresentaram preparos mais circulares que os curvos, sendo encontrado com forma circular em 51% dos casos no nível de 1mm, e somente em 17% no nível de 5mm.

Durante o ato de preparar o canal radicular, busca-se a limpeza de todo o conteúdo pulpar, podendo apresentar variação conforme a técnica empregada. COFFAE & BRILLIANT (1975) compararam as técnicas de preparo seriado e escalonado quanto à capacidade de remoção do tecido pulpar das paredes dos canais radiculares. Utilizaram 56 molares inferiores divididos em três grupos. O grupo 1 (26 dentes) foi preparado com técnica seriada até lima #30 ou #35, sendo que, em 5 dentes (10 canais) utilizou-se água como solução irrigadora e em 21 dentes (42 canais) hipoclorito de sódio a 5,25%. O grupo 2 com 25 dentes (50 canais) foi preparado da lima #10 até #30 ou #35, e em seguida, recuando-se progressivamente 1mm do comprimento de trabalho, escalonou-se até a lima #60. O preparo foi complementado com brocas Gates-Glidden (G.G.) #2 e #3 utilizadas em medidas de 15-17mm e 13-15mm respectivamente. A solução irrigadora empregada foi água em 5 dentes (10 canais) e hipoclorito de sódio à 5,25% em 20 dentes (40 canais). O grupo 3 contendo 5 dentes não foi instrumentado, constituindo-se no grupo controle. As raízes foram seccionadas transversalmente a 1, 3 e 5mm do ápice, e os canais examinados em microscópio avaliando-se quantitativamente o

tecido pulpar remanescente. Os resultados mostraram que a técnica escalonada foi mais efetiva que a técnica seriada em todos os níveis avaliados, e quando foi observado o istmo entre os canais vestibulares e linguais, não houve diferenças significativas na capacidade de limpeza.

Com objetivo similar, WALTON (1976) analisou através de cortes histológicos, a qualidade de diferentes métodos de preparo do canal radicular em pacientes que apresentavam dentes comprometidos periodontalmente que seriam extraídos. Noventa e um canais retos e curvos em 52 dentes foram preparados com técnica seriada e ação de limagem, seriada com ação de alargamento e técnica escalonada com ação de limagem. Os canais foram preparados até a verificação de dentina clara aderida as lâminas dos instrumentos e constatasse paredes lisas. Os dentes foram extraídos, preparados para exame histológico através de secções transversais e analisados em microscópio. Os resultados mostraram que: a técnica escalonada foi significativamente o método mais eficiente na remoção de *debris* e dentina das paredes dos canais radiculares; as paredes foram melhor planificadas em canais retos que em canais curvos; não houve relação entre a aparência das raspas de dentina com a quantidade de dentina removida da parede do canal radicular.

KEREKES & TRONSTAD (1977) analisaram a morfologia e determinaram medidas do diâmetro da parte apical dos canais radiculares de dentes molares humanos para avaliar a efetividade de uma técnica de preparo unificada. Foram utilizados 40 dentes molares, sendo 20 superiores e 20 inferiores, seccionados transversalmente a 1, 2, 3, 4 e 5mm aquém do ápice e determinados os maiores e menores diâmetros através de análise em microscópio com aumento de 35x. Os resultados mostraram que, devido a variação anatômica do diâmetro dos canais, é

muito difícil produzir preparos bem circulares no nível de 1mm aquém do vértice dental com instrumentos de pequeno diâmetro.

A preocupação com a qualidade do preparo do canal radicular sempre esteve presente, principalmente quando existem curvaturas acentuadas, pois os instrumentos endodônticos, por maior que seja a flexibilidade, tendem a cortar a dentina de maneira desordenada. Para evitar corte em áreas de menor espessura radicular dos dentes molares, ABOU-RASS et al. (1980) enfatizaram a necessidade de direcionamento do corte dos instrumentos para as regiões mais volumosas das raízes dentárias, denominado de limagem em anticurvatura.

Em 1982, ABOU-RASS & JASTRAB verificaram a influência da utilização de instrumentos rotatórios na qualidade do preparo do canal radicular. Utilizaram 100 dentes molares, divididos em 4 grupos de 25 dentes, instrumentados com as seguintes técnicas. Grupo 1, técnica manual com lima tipo K até #30 ou #35; Grupo 2, preparo com lima tipo K até #25, seguido do uso da broca Peeso #1 e término do preparo até #30 ou #35; Grupo 3, semelhante ao grupo 2 somente que, em vez da broca Peeso, utilizaram broca G.G. #1; Grupo 4, preparo com sistema Giromatic e Giroalargadores. Os canais distais e palatinos dos molares superiores tiveram como máxima lima apical o #55, e para os outros canais, se retos até instrumento #40 e se curvo até #30 ou #35. Material de moldagem foi injetado nos canais, desmineralizando-os, e submetendo-os à análise subjetiva da qualidade dos preparos. Os resultados apontaram para um preparo mais refinado quando se associou ao preparo manual a utilização de instrumento rotatório, reduzindo o tempo do preparo e as possibilidades de erros. O sistema Giromatic produziu os piores resultados apesar de ter apresentado o menor tempo de preparo.

GOERING et al. (1982) propuseram importante modificação nos conceitos vigentes nas tradicionais técnicas de instrumentação que consiste em dividir o preparo do canal radicular em três fases: acesso coronário, acesso radicular (*step down*), e preparo da região apical (*step back*). O acesso radicular é realizado com limas Hedström de números #15, #20 e #25, introduzidas no interior do canal radicular a uma profundidade entre 16 e 18mm, ou até estas encontrarem resistência nas paredes do canal radicular a qual está aproximadamente na junção do terço médio e apical da raiz. Em canais atrésicos ou calcificados, antes do uso das limas Hedström o terço apical deverá ser explorado com limas tipo K #8 e #10 para facilitar seqüencialmente a introdução das limas Hedström e estabelecer a patência do canal. Através de limagem em anticurvatura, utilizar limas Hedström #15, #20 e #25, recuando-se aproximadamente 0,5mm à medida que aumenta o diâmetro das limas, com copiosa irrigação a cada troca de instrumentos. Isto alarga o canal suficientemente para a introdução das brocas de G.G.. A broca G.G. #2 é utilizada em uma profundidade de 14 a 16mm da referência oclusal com leve pressão apical, e a broca de G.G. #3 entre 11 e 13mm, ambas em anticurvatura. Em canais amplos a broca de G.G. #4 poderá ser utilizada. O preparo do terço apical é iniciado com limas tipo K #15 e #20 até o forame apical e a matriz apical estabelecida com limas K #25 entre 0,5 e 1mm aquém do forame apical. A parte curva do terço apical deverá ser instrumentada utilizando-se técnica *step back* com diminuição do comprimento de trabalho em 0,5 a 1mm a medida em que se utiliza lima de maior diâmetro. Após o término do preparo do terço apical, recapitula-se com lima K #25, permitindo que a matriz apical possa ser melhor definida com um instrumento K #30 ou #35.

No trabalho de GOERING et al. (1982) a etapa mais importante introduzida foi o acesso radicular, permitindo melhor condição de acessar a área

apical. LEEB (1983) confirmou a importância desta manobra ao analisar o efeito do alargamento do orifício de entrada dos canais previamente ao preparo da região apical, utilizando dentes molares, superiores e inferiores extraídos, que apresentavam raízes curvas e ápice fechado. Para tal, injetou tinta nanquim no interior dos canais radiculares e introduziu limas tipo K até sentir o momento em que esta encontrava resistência. As limas eram removidas e os locais que apresentavam impregnações de tinta nanquim analisados. Em seguida, o orifício de entrada dos canais foi alargado com brocas G.G. #2, #3 e #4, ou com brocas de Peeso #1, #2 e #3. As limas eram novamente introduzidas até encontrar resistência, sendo analisados os locais com impregnações de tinta nanquim. Os resultados evidenciaram que, quando o alargamento do orifício de entrada dos canais não foi realizado, as impregnações estavam aderidas distantemente da ponta das limas. Quando o alargamento com brocas G.G. e brocas Peeso foi utilizado, as impregnações foram observadas somente na ponta destas, necessitando de lima de maior diâmetro para sentir resistência ao penetrar.

Tradicionalmente, a determinação da curvatura do canal radicular é realizada pelo método de SCHNEIDER (1971), mas WEINE (1982) descreve uma variação deste método. Cita que deva ser traçada uma reta iniciando pela entrada do canal radicular extendendo-se pelos terços cervical e médio da raiz, e outra saindo do ápice radicular extendendo-se retilineamente pelo terço apical. A intersecção destas formam quatro ângulos, sendo o interior desta intersecção o ângulo da curvatura do canal radicular.

Como todo uso de instrumento rotatório tende a promover maior desgaste que instrumentos manuais, KESSLER et al. (1983) compararam os riscos de perfuração nos canais mesiais dos molares inferiores quando do uso de quatro

métodos de preparo cervical. Foi utilizada a raiz mesial dos 60 primeiros e segundos molares inferiores, preparados a 1mm aquém do forame apical, dividido-os em 3 grupos de 20 dentes cada. No grupo 1 foi utilizada técnica seriada até a lima #35 em um canal, e em outro não foi realizado nenhum preparo. No grupo 2 todos os canais foram instrumentados utilizando técnica seriada até lima #35. Escalonamento foi realizado até lima #60 com recuo de 0,5mm. A porção cervical foi ampliada com lima Hedström #60 na mesma medida da última lima utilizada no escalonamento. Nos canais do grupo 2 o movimento utilizado foi limagem circunferencial e limagem anticurvatura. O grupo 3 foi preparado de maneira similar ao grupo 2, somente que na região cervical utilizou-se brocas G.G. #2 e #3 e brocas esféricas #2 e #4, ambas com direcionamento anticurvatura. Os dentes foram incluídos em resina e realizados 4 cortes seccionais transversais perpendiculares ao longo eixo do dente, iniciando-se a 2mm acima da bifurcação das raízes, seguindo para a região cervical com diferenças de 2mm entre os segmentos. Através de análise em microscópio mensurou-se a menor distância entre o espaço do canal até a região externa da raiz. Os resultados mostraram que a instrumentação manual realizada com movimento anticurvatura mostrou significativamente menor risco de perfuração. Não houve diferença significativa na possibilidade de perfuração entre as técnicas que utilizaram instrumentos rotatórios com as da instrumentação manual.

Para avaliar a efetividade de técnica de trabalho *crow-down* sem pressão apical, MORGAN & MONTGOMERY (1984), utilizaram 45 dentes unirradiculares extraídos, apresentando curvatura radicular entre 10° e 35° e instrumentados em condições similares aos empregados na clínica. Vinte dentes foram instrumentados utilizando a técnica *crow-down* sem pressão apical, vinte dentes com técnica de limagem circunferencial, e cinco dentes serviram como controle. Após o preparo os

canais foram preenchidos com material de moldagem e os dentes diafanizados. Todos os espécimes foram observados por cinco examinadores independentes, utilizando parâmetros de instrumentação desejável e indesejável nos quais se fez uma avaliação total da eficácia. A análise estatística mostrou uma diferença significativa somente na avaliação final. A técnica *crow-down* sem pressão apical recebeu significativamente mais avaliação excelente, enquanto que a técnica convencional recebeu significativamente mais avaliação pobre. Verificou-se que a técnica *crow-down* sem pressão apical mostrou ser um método efetivo na instrumentação de canais curvos.

Como objetivo de examinar instrumentos endodônticos que apresentavam distorções e fraturas, ROANE & SABALA (1984) determinaram a direção de rotação que causa menor possibilidade de danos físicos. Para tal utilizaram 493 limas tipo K entre #08 e #60, coletadas de um endodontista que as utilizava em movimentos rotacionais horário e anti-horários. Todos os instrumentos apresentavam algum tipo de dano, sendo que, os que não apresentavam defeitos por razões não torcionais eram descartados. Os instrumentos foram colocados em uma lupa de aumento e os defeitos analisados para determinar a natureza e extensão do dano. Testes laboratoriais foram realizados para produzir defeitos no sentido horário e anti-horário, utilizando-os como controle e comparando-os com os encontrados nas limas. Os defeitos foram divididos em grupos pela natureza ou pela extensão do dano exibido, a saber: fratura por rotação anti-horária, fratura por rotação horária, parcialmente fraturada por rotação horária, danos por rotação anti-horária, e danos por rotação horária. A análise dos resultados mostrou que a rotação no sentido anti-horário de lima tipo K apresenta menor possibilidade de causar danos em sua estrutura. A rotação no sentido horário respondeu por 33,3% do total de fraturas. Os resultados

permitiram concluir que, quando se tenta rotacionar uma lima tipo K, a probabilidade de causar dano físico é menor quando esta é utilizada com rotação no sentido anti-horário.

ROANE et al. (1985) propuseram cinemática baseada numa associação de movimentos rotacionais a direita e esquerda, denominando de “força balanceada”. A base para a introdução deste conceito teve origem na lei da física, a qual afirma que toda ação teria reação de mesma intensidade, mas em sentido contrário. Assim, uma vez o instrumento inserido no interior do canal radicular e aplicando movimentos rotacionais a direita e esquerda, criaria-se uma interação de forças entre este e as paredes dentinárias, tendendo a manter o instrumento centralizado no eixo do canal radicular, anulando a força de restauração da curvatura do canal sobre o instrumento. Propõem a utilização de instrumentos de secção transversal triangular por serem mais flexíveis em 37,5% em relação aos de secção quadrangular, gerando menor tensão deste na parede do canal radicular. Importante modificação na forma dos instrumentos foi a remoção das arestas cortantes da guia de penetração com a finalidade de anular a força gerada na ponta do instrumento, diminuindo virtualmente a possibilidade de deformações na área apical.

Em 1985, ELDEEB & BORAAS avaliaram o efeito de cinco diferentes tipos de limas na qualidade final da modelagem de canais com curvaturas severas na extrusão de debrís e no tempo requerido para instrumentação. Para tal, utilizaram 100 canais simulados preparados com técnica seriada e ação de limagem com limas tipo K Kerr, K Unitek, Flexofile Star, Hedström Union Broach e K Union Broach. Avaliações foram realizadas com limas #25, #30 e #35. O maior tempo de instrumentação ocorreu com as limas Hedström, a qual tendeu a não compactar

debris no ápice quando comparado com todos os outros instrumentos. As limas Hedström e Flexofile apresentaram significativamente menor quantidade de zip que as limas K Union Broach até a lima #25. Nas limas #30 e #35 não houve diferenças significativas entre as limas. Indiferentemente do tipo da lima, o transporte do canal aumentou significativamente com o aumento do tamanho da lima, especialmente da lima #30 para a #35.

MONTGOMERY (1985) analisou a espessura da parede distal após o preparo com diferentes técnicas utilizando 30 raízes mesiais de molares inferiores extraídos num total de 60 canais. Após a realização da cavidade de acesso, os dentes foram montados em formas e divididos em três grupos. No grupo A, utilizou limas tipo K #08 e #10 para explorar o canal radicular, instrumentando com limagem circunferencial a 0,5mm aquém do forame apical. O preparo dos terços médio e cervical foi realizado utilizando-se lima Hedström um número maior que a última lima utilizada no preparo do terço apical. No grupo B, limas tipo K #08 e #10, exploraram os canais até o forame apical, e limas #15, #20 e #25, foram introduzidas até o início da curvatura (entre 13 e 15mm) e prepararam os canais através de limagem circunferencial. Em seguida uma broca de Peeso #1 foi utilizada até o início da curvatura e o restante do canal preparado da mesma maneira que no grupo A, exceto que não foi utilizada lima Hedström para preparar os terço médio e cervical. Os dentes do grupo C serviram de controle, nos quais nenhum preparo foi realizado. Os dentes foram incluídos em resina e seccionados horizontalmente em 4 níveis, iniciando-se a 8,5mm da ponta da cúspide. Realizou-se a análise através de uma lupa estereoscópica determinando-se a espessura dentinária da parede distal do canal. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas na espessura da parede distal nas várias secções entre as duas maneiras de preparar os canais,

embora, no grupo em que a broca de Peeso foi utilizada, tenha sido observada uma maior eficiência dos instrumentos e melhor acesso no preparo da região apical, além de melhorar a capacidade de irrigação.

MISERENDINO et al. (1985) testaram a eficiência de corte, em osso bovino e em canais artificiais, sete diferentes tipos de limas e alargadores montados no sistema Giromatic, objetivando analisar e correlacionar ângulo e comprimento da guia de penetração. Os resultados mostraram na maior parte dos instrumentos testados, a ponta apresentava significativamente mais influência na capacidade de corte que as lâminas laterais, constatando haver importante influência na configuração final do terço apical do canal radicular.

Dentro da proposta de ROANE et al. (1985) não somente introduziu-se nova cinemática, mas também instrumentos com ponta inativa para evitar o transporte do canal radicular, sendo ressaltado por MISERENDINO et al. (1985) mostrando que estas apresentam grande potencial de corte. Neste aspecto, POWELL et al. (1986) compararam o efeito de limas com e sem modificação da ponta ativa na qualidade do preparo da região apical. Foram utilizados 40 canais simulados confeccionados em resina apresentando 30° de curvatura. Injetou-se corante no interior dos canais, foram fotografados no sentido méso-distal e vestibulo-lingual, divididos em 5 grupos e instrumentados com as seguintes técnicas: automatizada com o sistema Dynatrak, Força Balanceada, alargamento e imagem seriada e técnica escalonada. Utilizou limas tipo K de secção triangular com pontas convencionais e modificadas para as técnicas de instrumentação manual e sistema Dynatrak. Para a técnica escalonada o alargamento apical foi até lima #35 entre 0,5 mm e 1mm do forame apical, com recuo de 0,5mm para as limas #40 e #45. Nas outras técnicas foi utilizada lima #45 entre 0,5mm e 1mm aquém do forame apical.

Em nenhuma técnica foi utilizado instrumento rotatório auxiliar. Após a instrumentação os canais foram fotografados novamente nas mesmas posições, e através de sobreposição das imagens determinou-se o desvio do canal original. A análise estatística mostrou que a instrumentação manual com limas de ponta modificada foi significativamente melhor que as não modificadas. Não havia diferenças significativas no preparo dos canais entre limas com ponta modificada e não modificada no sistema automatizado. Em todos os grupos houve alteração da anatomia original dos canais.

STADLER et al. (1986) avaliaram a qualidade do preparo do canal radicular através de duas técnicas, utilizando cinemática de alargamento e de limagem. Os tratamentos foram realizados por estudantes de graduação, e compreenderam dentes incisivos laterais superiores, raízes mesiais dos molares inferiores e raízes méso-vestibulares dos molares superiores, com curvaturas entre 5° e 35°, num total de 520 raízes em 439 pacientes. Nos dentes que foram preparados com movimentos de alargamento, utilizou alargadores para preparar a região apical e limas Hedström para preparar a região cervical. Nos dentes que foram preparados com movimentos de limagem utilizaram somente limas Hedström. Os resultados indicaram que as complicações do tratamento endodôntico crescem com o aumento do grau de curvatura dos dentes molares. Fraturas de instrumentos e desvios laterais da curvatura original dos canais foram mais frequentes com técnica de alargamento, enquanto que sobreinstrumentação e perfuração radicular com a técnica de limagem. Perda do comprimento de trabalho ocorreu em ambas as técnicas. Isto sugere que as complicações mais frequentes durante a instrumentação dos canais radiculares curvos podem ser diminuídas se

limas forem utilizadas para o alargamento dos canais e alargadores para modelagem final da parte apical.

Avaliando o risco de perfuração em canais curvos, LIM & STOCK (1987) utilizaram técnica de preparo anticurvatura comparando com técnica *step back*. Foram utilizados 30 canais mesiais dos primeiros e segundos molares inferiores, instrumentados com técnica anticurvatura *step back* utilizando limas tipo K pré-curvadas. A técnica *step back* foi realizada até o instrumento #25 a 1mm do vértice e escalonamento até a lima #60 com recuos de 1mm a cada instrumento. Os dentes foram seccionados a 5mm e 8mm do ápice e determinado à espessura mínima remanescente na parede mesial e distal para cada canal. A imagem anticurvatura mostrou reduzir o risco de perfuração da superfície da furca, sendo que este foi maior no nível de 8mm que no nível de 5mm do ápice.

BRAMANTE et al. (1987) desenvolveram metodologia para poder avaliar a qualidade do preparo do canal radicular, a qual consiste em montar o dente em um bloco de resina, incluí-lo em um sistema de mufla, e em seguida realizar cortes transversais com discos de pequena espessura em três níveis (cervical, médio e apical). Tal sistema permite que se obtenha a imagem do canal radicular anatômico, reposicione os fragmentos na posição original, realize-se o preparo e analise a qualidade do canal cirúrgico, obtendo-se desta maneira, a imagem do canal radicular antes e após o preparo.

A manutenção da curvatura original do canal radicular é um objetivo difícil de ser conseguido. Com esta finalidade, SOUTHARD et al. (1987) investigaram a capacidade de manter o canal radicular em sua posição original quantificando a ocorrência de desvio. Foram utilizados canais méso-vestibulares dos molares superiores e canais mesiais dos molares inferiores de molares extraídos, divididos

em dois grupos: O grupo A consistiu de 25 canais que apresentavam curvatura unidirecional de 15° no sentido mésio-distal e o grupo B 25 canais com curvaturas nos planos mésio-distal e vestibulo-lingual. Os dentes foram incluídos em blocos de resina e os canais explorados com lima tipo K #08 até o forame apical. Um dispositivo que permitia a obtenção de radiografias na mesma posição foi confeccionado, radiografando-se nos dois planos com os instrumentos #10 e #15. Os canais foram preparados com técnica proposta por ROANE et al. (1985) utilizando limas tipo K Unitek sem pré-curvaturas. Brocas de G.G. #2 a #6 foram utilizadas após a lima #35 para auxiliar o preparo da parte reta do canal radicular. Radiografias com instrumentos #20 a #45 foram realizadas e comparadas com as iniciais. Os resultados mostraram que a utilização da lima #45 manteve a posição do canal sem alteração em 40% dos casos, entretanto com a lima #40 foi mantido em 80%. Com estes resultados, sugere-se que uma instrumentação efetiva de canais curvos pode ser realizada com instrumentos de grandes números sem pré-curvatura, não apresentando diferenças significativas na alteração da posição original do canal radicular.

SABALA et al. (1988) compararam a qualidade do preparo realizado com instrumentos de ponta modificada ou não, de mesma procedência, em canais artificiais curvos instrumentados por estudantes com técnica de força balanceada. As avaliações da qualidade dos preparos foram realizadas através do grau de transporte apical e do possível desgaste que ocorria na parte interna da curvatura. Os resultados mostraram que existia significativa diferença no preparo com a utilização dos instrumentos de ponta modificada Flex-R, exibindo menor transporte apical, bem como maior quantidade de preparo na região interna da curvatura quando comparado com os de ponta ativa.

CALHOUN & MONTGOMERY (1988) utilizaram canais mesiais de 24 primeiros e segundos molares inferiores, e analisaram a capacidade de manter o canal radicular centralizado em relação à posição original, a quantidade de dentina removida, a direção e quantidade de transporte do canal e a forma final da modelagem de quatro técnicas de instrumentação. Montaram os dentes em sistema de mufla proposto por BRAMANTE et al. (1987), seccionando-os transversalmente em 3 níveis (apical, médio e cervical) divididos em 3 grupos. O grupo A foi instrumentado com limas K-Flex e movimentos circunferenciais até a lima #30, nas quais foram eliminadas as espiras do lado oposto da curvatura. O escalonamento foi realizado até a lima #45, e uma lima Hedström #50 foi utilizada para preparar o terço médio e cervical através de movimentos circunferenciais. O grupo B foi instrumentado com limas Flex-R e movimentos de força balanceada. Após a exploração do canal com lima #15 até o forame apical, broca G.G. #2 foi utilizada para preparar a entrada do canal. A região apical foi preparada até a lima #35 no forame apical, e limas #40, #45, #50 e #55 com recuos a cada 0,5mm do forame apical. O grupo C foi instrumentado utilizando o sistema ultra-sônico Enac com limas Flex-R até a lima #40 aquém do forame apical e escalonamento até a lima #50 com recuos de 0,5mm. O grupo D foi preparado de maneira similar ao grupo C, exceto que limas Zipperer foram utilizadas em substituição às limas Flex-R. Os dentes foram analisados através de fotografias pré e pós-instrumentação. Os resultados mostraram que a técnica que utilizou a Força Balanceada manteve os canais mais centrados, mas com diferenças não significantes em relação à técnica escalonada, à lima Flex-R e à lima Zipperer no sistema ultra-sônico. Havia menor quantidade de dentina removida com a técnica escalonada. Com todas as técnicas, o canal original foi transportado na mesma direção em todos os níveis. A maioria dos canais do

grupo da técnica da Força Balanceada apresentou-se circular, ao passo que nos outros grupos apresentaram canais ovais.

CIMIS et al. (1988) compararam o efeito de três tipos de limas (quadrangular Tipo K Kerr, triangular Flex-O-File Star, Losangular K-Flex Kerr), na capacidade de produzir transporte apical em canais com curvaturas entre 45° e 60°. Foram utilizados 63 canais mesio-linguais de molares inferiores extraídos, os quais foram explorados e preparados inicialmente com lima #15, realizando-se o acesso radicular com brocas G.G. #2, #3 e #4. Todos os canais foram preparados com técnica de imagem anticurvatura e instrumentos pré-curvados até a lima #35. Radiografias foram realizadas inicialmente, durante e após a instrumentação nos sentidos mesio-distal e vestibulo-lingual. As radiografias foram analisadas com aumento de 25X por endodontistas, determinando a presença e grau de transporte apical. Os resultados mostraram que os canais foram transportados em 46% dos casos (menos que ¼ de mm), entretanto, em muitos casos foram somente de pequena intensidade; 6% foram transportes moderados (entre ¼ de mm e ½ mm). Não havia diferenças significativas na quantidade de transporte apical entre os três tipos de limas testadas.

Utilizando 40 canais simulados com curvatura aproximada de 30°, POWEL et al. (1988) comparam o efeito de instrumentos com ponta modificada ou convencional na qualidade do preparo da área apical. Foram divididos em 4 grupos de 10 canais cada, instrumentados com as seguintes técnicas: força balanceada e imagem com limas tipo K e limas Flex-R (Union Broach) até o instrumento #45, sem o auxílio de qualquer instrumento rotatório. Imagens pré e pós-operatórias foram tomadas, sobrepostas e o desvio dos canais em nível apical analisados. Os

resultados mostraram que as limas Flex-R, independente da técnica utilizada, produziram os melhores resultados.

A liga metálica para a confecção dos instrumentos endodônticos iniciou com o aço carbono, aumentando a qualidade com a utilização do aço inoxidável, sendo corrosão e flexibilidade as grandes melhorias ocorridas. Mesmo com a flexibilidade aumentada, curvaturas acentuadas ainda continuam difíceis de serem vencidas, pois quanto maior o alargamento da área apical, maior será a possibilidade de ocorrer desvio. Constatando que a liga de níquel-titânio (NiTi) utilizada em ortodontia é maleável e flexível, WALIA et al. (1988), em trabalho pioneiro de introdução desta liga metálica em endodontia, investigou as propriedades de torção e flexibilidade da liga nitinol, confeccionando protótipos de limas com secção triangular #15, comparando com limas tipo K confeccionadas de mesma forma, calibre e secção transversal. Estas foram avaliadas em testes mecânicos de flexibilidade e resistência à torção no sentido horário e anti-horário. Avaliações em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) também foram realizadas para verificar os efeitos do processo de fabricação sobre a superfície e a morfologia destes locais após fratura por torção. Os resultados mostraram que as limas NiTi são de 2 a 3 vezes mais flexíveis que as limas de aço-inoxidável, bem como apresentam superior resistência a fratura em movimentos de torção nos sentidos horário e anti-horário. Observou-se também que a extraordinária flexibilidade destas limas é resultado do baixo módulo de elasticidade da liga nitinol em tensão e cisalhamento. A superior resistência à fratura foi atribuída a ductibilidade da liga NiTi observada no movimento horário e na análise da superfície através da MEV.

Em 1989, SEPIC et al. compararam através de técnica de dupla exposição radiográfica, a quantidade de transporte apical que ocorre quando do

emprego de técnica *step back* utilizando limas tipo K e força balanceada com o emprego de limas Flex-R. Em ambos os casos, utilizaram brocas G.G. #2 e #3, sendo que, a máxima lima apical para a técnica *step back* foi a # 30 e para a Força Balanceada a #35. Foram utilizados 80 canais méso-vestibulares de molares com curvaturas entre 30° e 73°, divididos em dois grupos de 40 dentes. A posição da lima na visão proximal e clínica com a lima #15 e com a última utilizada foi analisada através de digitalização computadorizada das imagens. A análise estatística mostrou **significativamente menor transporte apical com a utilização da técnica de força balanceada quando comparada com técnica *step back* em canais exibindo curvatura maior ou menor que 45°**. Na visão clínica a técnica *step back* transportou nos 3mm apicais o equivalente a 0,232mm, e 0,141mm na visão proximal e a técnica de força balanceada transportou 0,05mm e 0,049mm nas visões clínica e proximal respectivamente.

Comparando a modelagem do canal radicular utilizando técnica com movimentos de limagem e com movimentos rotacionais, CIUCCHI et al. (1990), utilizaram 40 dentes molares inferiores preparados por duas técnicas com cinemática de limagem (seriada com limas tipo K, e escalonada com limas Flexofile), e duas técnicas com cinemática de alargamento (força balanceada com limas Flex-R, e técnica experimental com movimentos de alargamento somente no sentido horário com limas Flexofile). Em nenhuma técnica foi utilizado instrumento rotatório auxiliar para preparar o terço cervical. O limite apical de alargamento para a técnica seriada e escalonada foi instrumentos #30 e #35, força balanceada instrumentos entre #40 e #60, e para técnica experimental instrumentos entre #35 e #40. A análise foi realizada através de radiografias pré e pós-operatórias e também com MEV em hemisecções longitudinais das raízes. Cada preparo foi analisado

qualitativamente no que respeita à centralização, conicidade, desenho apical e aparência da superfície da parede do canal. A técnica escalonada apresentou o melhor afunilamento, desenho do *stop* apical e paredes sem ranhuras. A técnica seriada promoveu a melhor centralização e definição do preparo apical. As técnicas com movimentos rotacionais produziram os resultados menos confiáveis. Com exceção de alguns espécimes que foram retificados, a técnica de força balanceada provou ser efetiva para a modelagem de canais com curvaturas moderadas. A falta de afunilamento assim como a ausência de matriz apical foi comum na técnica da força balanceada. A técnica experimental com preparo rotacional somente à direita mostrou pouca precisão apesar de propiciar melhor afunilamento e desenho apical, mas com ranhuras visíveis nas paredes.

FIGUEIREDO (1990) estudou comparativamente a formação do desvio apical quando dos preparos realizado pela técnica seriada e escalonada, utilizando 50 canais artificiais com curvatura de 40°, divididos em dois grupos. No grupo 1 os canais foram preparados com técnica manual convencional seriada, e no grupo 2, técnica escalonada. Os resultados apontaram para uma maior incidência de desvio apical quando do preparo pela técnica convencional seriada.

Comparação da resistência à fratura de limas confeccionadas por torção (Flexofile) com as usinadas (Flex-R) do #10 ao #40, através de testes para torção nos sentidos horário e anti-horário foi realizado por SETO et al. (1990). Os resultados mostraram que limas torcidas suportaram significativamente maior rotação até fratura nas direções horárias e anti-horárias quando comparadas às limas usinadas. Ambos os tipos de limas suportaram significativamente maior rotação até fratura no sentido horário que anti-horário. Limas usinadas mostraram

menores deformações antes de fraturar em ambas as direções que as limas torsidas, podendo ser mais suscetível clinicamente a fraturas por torção.

Em 1991, MORAES et al. analisaram a presença de desvio apical em função do tipo, diâmetro e do número de uso de quatro tipos de instrumentos endodônticos (limas tipo K, K-Flex, Tri-File e Flexofile) no preparo de canais mésio-vestibulares de molares superiores. Utilizaram técnica seriada do instrumento #15 ao #35 com ação de imagem anticurvatura. Aparato padronizador de angulação foi utilizado, sendo que durante o preparo, radiografias com as limas #20, #25, #30 e #35 foram realizadas e comparadas com uma da lima #15. Os resultados mostraram que limas tipo K provocaram mais desvio que as demais e existia uma relação entre, deformação iatrogênica e o aumento do calibre do instrumento com a presença de desvio apical e instrumentos de primeiro uso promoveram mais desvio, sem contudo, apresentar diferenças significativas.

Com o objetivo de avaliar se o momento na realização do acesso radicular influencia o transporte apical, SWINDLE et al. (1991) utilizaram 66 dentes molares inferiores extraídos, apresentando curvaturas entre 20° e 65°, incluindo em resina e divididos em dois grupos. Os canais foram explorados com limas #10 e #15, e uma radiografia com instrumento #15 foi tomada para cada dente através de dispositivo que permitia padronização. No primeiro grupo, após esvaziamento do canal com limas Flex-R #10, #15 e #20, utilizou-se brocas G.G. #2, #3 e #4 para realizar o acesso radicular até o início da curvatura. A seguir, o preparo da região apical foi realizada com lima Flex-R da #20 até #40. O segundo grupo foi preparado somente com limas Flex-R da #20 até #40 sem realização do acesso radicular. Após a utilização da lima #40, uma segunda radiografia foi tomada, obtendo-se assim dupla exposição radiográfica. Após digitalização das imagens radiográficas mediu-se a

distância entre a ponta do instrumento inicial e final (#15 com #40). Os resultados mostraram não haver diferenças significativas entre os dois grupos no transporte apical em ambas as visões méso-distal (M-D) e vestibulo-lingual (V-L), embora no grupo em que foi realizado o acesso radicular houvesse uma facilidade muito grande em preparar a região apical por haver uma redução da resistência do instrumento na região cervical.

Em 1992, SAUNDERS & SAUNDERS analisaram o efeito dos instrumentos com ponta inativa na qualidade do preparo do canal radicular utilizando técnica de duplo escalonamento modificada. Para tal utilizaram 51 dentes molares inferiores extraídos, instrumentados com técnica *double-flared* modificada com limas Flex-R, *step-back* com limas Flex-R, e *step-back* com limas K-Flex. Em todas as técnicas utilizou o preparo cervical com brocas G.G. #2 e #3, e a máxima lima apical variou para os grupos 1 e 2 entre as limas #40 e #45, e no grupo 3 entre #30 e #40. Os canais foram preenchidos com material de moldagem e os dentes diafanizados. Os resultados mostraram que os canais preparados com técnica de duplo escalonamento e limas de ponta inativa apresentaram melhores resultados que aqueles realizados com limas de ponta ativa, sendo considerado um método efetivo no preparo de canais curvos.

Comparando através de radiografias a capacidade de duas técnicas de instrumentação em promover desvio do canal original, BACKMAN et al. (1992) utilizaram os canais méso-vestibulares dos molares superiores e os mesiais dos molares inferiores de 50 dentes extraídos, apresentando curvaturas unidirecionais e bidirecionais. Um grupo foi instrumentado com técnica denominada de alargamento progressivo utilizando limas Hedström e limas tipo K, e outro grupo utilizando técnica de força balanceada com limas modificadas especialmente para este

experimento. Radiografias com as máximas limas apicais, #30 e #35 para a técnica de alargamento progressivo, e #45 para a força balanceada foram projetadas em um anteparo, comparando-se com a posição inicial da lima #15. Os resultados mostraram ser ambas as técnicas igualmente capazes de instrumentar canais curvos de pequeno calibre, entretanto, as máximas limas apicais utilizadas na técnica de força balanceada produziram significativo menor desvio do centro do canal original quando comparada com limas de diâmetros similares com a técnica de alargamento progressivo.

AL-OMARI et al. (1992a) avaliaram e compararam a eficiência de seis tipos de limas durante a modelagem de canais simulados. Um total de 300 canais foi utilizado, os quais apresentavam ângulos e posições de curvaturas variadas em que limas tipo K, K-Flex, Flexofile, Flex-R, Hedström e Unifiles realizaram o preparo através de técnica escalonada com movimentos de limagem anticurvatura. Analisou-se a eficiência das limas no que tange ao tempo destinado ao preparo, deformações nos instrumentos, perda do comprimento de trabalho e perda de peso dos blocos. A análise de variância confirmou que existia diferença significativa para cada parâmetro entre os instrumentos, entre os tipos de canais, e numa interação entre os tipos de instrumentos e os tipos de canais. O preparo com lima Hedström foi significativamente mais rápido que qualquer outro tipo de lima e com limas tipo K e K-Flex mais demorado. Fraturas e deformações dos instrumentos foi menor para limas Flex-R e Hedström e maior para limas Unifiles. Perda do comprimento de trabalho ocorreu com todos os tipos de limas, mas foi maior em canais preparados com limas tipo K. Limas Unifiles e Hedström foram responsáveis por significativa perda de peso que com outras limas, embora limas tipo K produzissem menor perda de peso. Canais com paredes irregulares foram criados mais frequentemente com

limas Hedström e Unifiles. Verificaram que as limas Flexofile, Flex-R e Hedström apresentaram ser substancialmente mais efetivas que limas tipo K, K-Flex e Unifiles.

Numa segunda etapa, AL-OMARI et al. (1992b) analisaram a ocorrência de aberrações no preparo, a quantidade e direção do transporte e a qualidade final da modelagem dos canais. Canais com forma de ampulheta foram encontrados em 4,5%, a maioria produzida pelas limas tipo K e K-Flex. Perfurações ocorreram em 6,3%, a maioria pelas limas Flex-R e tipo K. Excessiva remoção de material da parte interna da curvatura ocorreu em 10,4% dos canais, sendo a maioria produzida pelas limas Hedström. O transporte dos canais foi um achado constante com todos os instrumentos. A análise dos resultados revelou diferenças no transporte entre os instrumentos, entre os tipos de canais e por uma interação entre os instrumentos e os tipos de canais. Em geral, o transporte foi em direção da curva externa até o limite final do preparo, e *zip* e *elbow* mais em direção a parte interna no início da curvatura. Concluíram que a modelagem dos canais realizada com limas Flexofile e Flex-R aparentou-se superior ao da lima tipo K, K-Flex, Hedström e Unifile.

A importância do conhecimento da anatomia interna dentária tem sido demonstrada por diversos autores com diferentes maneiras. CUNNINGHAM & SENIA (1992) verificaram através de radiografias nos sentidos M-D e V-L de 100 dentes, as curvaturas que ocorrem nos canais dos primeiros e segundos molares inferiores. Após realizar um corte em nível de câmara pulpar, introduziram lima K #08 nos canais mesiais e radiografaram. Verificaram que em 100% dos espécimes havia curvatura em ambos sentidos e uma segunda curvatura pôde ser observada no sentido V-L oposta à principal, em nível apical no canal méso-vestibular. Na visão proximal, ou seja, M-D, os canais mostraram curvaturas mais acentuadas em 38% que aquelas vistas no sentido M-D. Quando o acesso radicular foi realizado

com instrumentos rotatórios Canal Master, as curvaturas, em ambos os sentidos foram minimizadas.

O comportamento de diferentes instrumentos disponíveis no mercado relativamente ao transporte apical foi verificado por SYDNEY (1993) em 60 dentes, primeiros e segundos molares superiores humanos, extraídos e montados em blocos de resina. Todos os dentes foram preparados com técnica escalonada e recuo anatômico e analisados através de plataforma radiográfica. Seis tipos de instrumentos foram empregados: Grupo 1 – limas K (Maillefer) com ponta ativa; Grupo 2 – limas Flexofile (Maillefer) com ponta inativa; Grupo 3 - limas K-Flex (Kerr) com ponta ativa; Grupo 4 – limas Tri-File (Kerr) com ponta ativa; Grupo 5 – limas Flex-R (Union Broach) com ponta inativa e Grupo 6 – limas Flexicut (Dental Werk) com ponta inativa. Os resultados mostraram menor frequência de desvio apical para as limas Flexo-File e, para as limas Flex-R empregadas no movimento convencional de modelagem, índice foi igual àquele proporcionado pelas limas tipo K de secção quadrangular, o que aponta para este tipo de instrumento a necessidade de cinemática própria.

Com o objetivo de verificar a presença de desvio apical em função do número do instrumento memória, ESTRELA et al. (1993), utilizaram 75 canais artificiais confeccionados com resina epóxica com curvatura de 40°. O preparo do canal foi realizado com limas K-Flex pré-curvada, renovada após o preparo de três canais. Os canais foram divididos em três grupos, variando-se o diâmetro do instrumento memória empregado, a saber: Grupo 1, #25; Grupo 2, #30 e Grupo 3, #35. Verificaram que quanto maior o número do instrumento memória maior a incidência de desvios, cujos percentuais foram de 32%, 56% e 76% respectivamente para os grupos 1, 2 e 3.

MACHADO (1993) avaliou comparativamente em canais artificiais com auxílio da análise computadorizada, duas técnicas para o preparo do canal radicular, seriada e com preparo cervical auxiliado pelas brocas G.G. Neste, recomenda a que após utilização de brocas de G.G. de calibres crescentes, retorne a calibres inferiores das brocas G.G. para permitir um preparo mais adequado. Os resultados mostraram que na técnica em que utilizou as brocas G.G. houve superioridade de qualidade do preparo.

Metodologia para a quantificação e localização das curvaturas radiculares foi proposto por BERBERT & NISHIYAMA em 1994. Utilizaram 31 raízes mesio-vestibulares de molares superiores e 19 mesiais de molares inferiores que foram analisadas e tiveram determinadas angulação e a localização das curvaturas. Para isto, traça-se uma reta perpendicular a entrada do canal radicular em direção apical, e outra a partir do ápice passando pelo canal radicular até interceptar a primeira. Nestas retas determinasse dois pontos a alguns milímetros a partir da entrada do canal radicular para a reta que iniciasse em nível cervical e a partir do ápice para a que iniciasse neste nível. A intersecção destas retas determinava o ângulo da curvatura radicular. A partir desta junção até os pontos que foram estipulados no início das retas determinasse segmentos de retas que tinham as grandezas divididas, e acorde os valores, era possível estabelecer a localização da curvatura, se em nível cervical, médio ou apical. Os resultados obtidos permitiram concluir que as curvaturas radiculares e os locais onde estas iniciam são semelhantes para os molares superiores e inferiores, sendo portanto, possível empregá-los na elaboração de trabalhos científicos em grupos isoladamente ou de forma mista.

Avaliação da relação existente entre o número e a dureza de três limas de níquel-titânio com secções transversais triangular, quadrangular e triangular

modificada foi realizada por CAMPS & PERTOT (1995a). Todos os instrumentos foram testados do #15 ao #40 ou #60, acorde a especificação nº28 da ANSI/ADA para avaliação do momento de flexão. Os resultados mostraram haver diferenças estatísticas significativas entre os três grupos: as limas de secção quadrangular apresentaram maior momento de flexão que as limas de secção triangular, enquanto que estas apresentaram maior momento de flexão que as limas de secção transversal triangular modificada. Como os instrumentos de aço inoxidável, havia uma relação exponencial entre os números das limas e o momento de flexão para limas de secção transversal triangular e quadrangular, mas uma relação linear entre o número da lima e o momento de flexão para limas com secção transversal triangular modificada.

Na seqüência de trabalhos, CAMPS & PERTOT (1995b) compararam *"in vitro"* a eficiência de corte de quatro marcas de limas NiTi (Brasseler, JS Dental, McSpadden, Maillefer) e duas marcas de limas de aço inoxidável (Maillefer - Tipo K e Flexofile). Instrumentos do #15 ao #40 foram testados em movimentos lineares simulando os movimentos em trabalhos clínicos. A ponta das limas e a carga aplicada ficavam em contacto com o bloco de resina, aumentando-se a força à medida que se aumentava o tamanho da lima. Conclui-se que instrumentos de aço inoxidável de secção triangular foram mais eficientes que os instrumentos de aço inoxidável de secção quadrangular. Observou-se também que havia uma significativa discrepância na capacidade de corte entre as limas NiTi. Instrumentos Maillefer foram mais eficientes que as outras marcas devido à secção transversal ser triangular.

CAMPS & PERTOT (1995c) compararam a dureza e a resistência à fratura de quatro marcas de limas tipo K NiTi do #15 ao #40 com a especificação

nº28 da ANSI/ADA, tendo como controle limas tipo K de aço inoxidável. Limas Brasseler NiTi, JS Dental NiTi, Maillefer NiTi e McSpadden NiTi foram analisadas concluindo-se que: a) com exceção da lima #40 Maillefer NiTi e da lima #30 Mac Spadden NiTi, todos os instrumentos excederam a especificação nº28 da ANSI/ADA para o momento de fratura; b) para todos os tipos de limas, o torque máximo para fratura aumentou com o aumento do número da lima; c) todas as limas satisfizeram ou excederam os valores mínimos da especificação nº28 da ANSI/ADA para deflexão angular até o momento de fratura; d) Os instrumentos NiTi foram cerca de oito vezes mais flexíveis que os de aço inoxidável; e) Os instrumentos NiTi não mostraram deformações permanentes, o que com os de aço inoxidável crescia a medida em que aumentava o diâmetro.

Em 1995, ZMENER & BALBACHAN analisaram através da MEV a qualidade do preparo do canal radicular realizado com limas tipo K de aço inoxidável (Kerr) e NiTi (Ultraflex). A efetividade de modelagem dos instrumentos foi avaliada quanto a capacidade em conservar a constrição apical e produzir ou não degraus. Quarenta incisivos extraídos com curvaturas entre 30° e 40° foram utilizados, preparados com movimentos de limagem circunferencial, iniciando-se com lima #15 e concluindo o preparo apical com lima #35. Após o preparo os dentes foram seccionados longitudinalmente e preparados para análise sob MEV. Os resultados mostraram que os preparos mais centralizados e com melhor taper foi obtido com o uso de limas NiTi.

TEPEL et al. (1995) analisaram as propriedades dos instrumentos endodônticos manuais utilizados com ação de alargamento e sua relação no poder de corte. Vinte e quatro diferentes tipos de instrumentos manuais destinados para trabalharem com ação de alargamento foram analisados sob condições

padronizadas. Limas tipo K NiTi de três fabricantes diferentes, limas e alargadores de aço inox de sete fabricantes diferentes, e limas flexíveis de aço inox, sendo quatro com pontas convencionais de três diferentes fabricantes e três instrumentos com ponta modificada de dois fabricantes diferentes. Utilizando um sistema computadorizado de testes, canais artificiais foram instrumentados utilizando ação de trabalho, simulando o uso clínico dos instrumentos. A profundidade máxima de penetração foi o critério utilizado para a eficiência de corte, sendo analisados 12 instrumentos para cada tipo e número (#25 e #35). Limas NiTi mostraram os piores resultados de corte. Alargadores de aço inoxidável e especialmente limas tipo K, mostraram melhor eficiência de corte que limas NiTi. Os instrumentos flexíveis de aço inoxidável exibiram os melhores resultados.

As propriedades dos instrumentos endodônticos manuais utilizados com ação de alargamento, quanto a capacidade de modelar canais simulados foi realizado por SCHÄFER et al. (1995). Limas tipo K NiTi, alargadores de aço inox, limas tipo K e limas flexíveis de aço inox com ponta convencional e modificada foram utilizadas em canais com curvaturas de 42°, instrumentados da lima #15 a #35. Alterações na forma dos canais como consequência da instrumentação ocorreu em todos os casos. Nenhum dos instrumentos foi capaz de remover material no comprimento total no lado interno da curvatura, entretanto, todos os instrumentos removeram material em todo o comprimento no lado interno da curvatura. A extensão da alteração na forma original dos canais depende basicamente do tipo do instrumento utilizado. Os melhores resultados de instrumentação foram obtidos com instrumentos flexíveis e pontas inativas.

Em 1995, ESPOSITO & CUNNINGHAM analisaram, em canais curvos, a capacidade em manter o caminho original do canal anatômico, durante o preparo

utilizando instrumentos NiTi manualmente, NiTi rotatório e limas de aço inoxidável K-Flex. Foram utilizados molares humanos extraídos, apresentando curvaturas entre 20° e 45°. Os dentes foram montados em aparato que permitia a realização de radiografias padronizadas, radiografando-os com o instrumento #15 para determinar o caminho original do canal e durante o preparo com instrumentos #25, #30, #35, #40 e #45, sobrepondo-os com a radiografia inicial, analisando-se as diferenças. Nenhum preparo cervical foi realizado nos três grupos. Os resultados mostraram que os instrumentos NiTi utilizados manual e mecanicamente mantiveram o trajeto do canal original em todos os casos. A incidência de desvio apical com instrumentos de aço inoxidável aumentou com o aumento do calibre do instrumento. As diferenças entre os grupos dos instrumentos NiTi e aço inoxidável tornou-se estatisticamente significativa com instrumentos maiores que o #30. As limas NiTi foram superiores em efetividade na capacidade de manter o caminho original dos canais curvos quando o preparo apical foi realizado acima do instrumento #30.

ISON et al. (1995) avaliaram a espessura radicular remanescente após o preparo cervical do canal radicular utilizando-se brocas G.G. e abridores de orifício. Foram utilizados 26 primeiros e segundos molares superiores, os quais, após a realização da cavidade de acesso coronário, foram instrumentados até a lima Flex-R #25 a 1mm aquém do forame apical. Os dentes foram incluídos em resina e montados em um sistema modificado de mufla, inicialmente proposto por BRAMANTE et al. (1987), permitindo a observação do espaço do canal radicular antes e após o preparo. Foram realizados cortes seccionais horizontais iniciando-se o primeiro corte logo após a região da furca, o segundo a 2mm do primeiro e o terceiro a 2mm do segundo. Quatro métodos de preparo cervical foram utilizados, com 13 canais preparados com cada método, sendo dois utilizando-se as brocas

G.G. e dois com os alargadores de orifício acionados com motor de baixa velocidade. As brocas G.G. #2 e #3 foram utilizadas com movimentos retilíneos de entrada e saída, ou com movimentos em anticurvatura, e os alargadores #30 e #70 de maneira similar. Os dentes foram fotografados antes e após o preparo cervical em um microscópio, comparando-se a espessura radicular remanescente. Os resultados mostraram que as brocas G.G. utilizadas em movimento retilíneo de entrada e saída, removeram, estatisticamente, mais dentina no nível da furca que os abridores de orifício utilizados com qualquer cinemática. No segundo nível, as brocas de G.G. utilizadas num movimento de anticurvatura, removeram, estatisticamente, mais dentina que qualquer outro método utilizado.

A capacidade de quatro técnicas de preparo em alargar e manter o canal radicular centralizado, analisado através de radiografias, foi realizado por LUITEN et al. (1995). Cinquenta e um canais méso-vestibulares de molares inferiores com curvaturas maiores que 25° foram incluídos em resina, explorados com lima #10 e #15 até o forame apical, preenchidos com mercúrio e radiografados. Uma plataforma foi confeccionada para permitir a obtenção de radiografias pré e pós-instrumentação no mesmo filme, obtendo-se assim dupla exposição radiográfica. O mercúrio foi removido dos canais, realizado preparo cervical utilizando brocas G.G. #1 a #4, e divididos em quatro grupos. O grupo 1 foi preparado com técnica *step-back* até a lima tipo K #35 e escalonamento de 0,5 a 1mm até a lima #60. O grupo 2 foi preparado por técnica *crow-down*, iniciando com lima tipo K #35 com movimento de rotação recíproca de 90° a 180° sem pressão apical, diminuindo-se o diâmetro das limas até chegar ao comprimento de trabalho. Limas de maior diâmetro foram utilizadas sucessivamente no sentido coroa-ápice até se conseguir um preparo apical com uma lima #35. O grupo 3 foi preparado com sistema sônico MM 1500

utilizando limas Shaper-Sonic da #10 a #35. O grupo 4 foi preparado pelo sistema NiTiMatic com limas #15 a #35, e lima #40 com recuo de 1mm a 2mm. Ao término dos preparos, mercúrio foi novamente injetado e realizado outra exposição radiográfica sobre o mesmo filme, sendo então, alargamento e transporte apical dos canais avaliado através de análise computadorizada. Os resultados mostraram não haver diferenças estatísticas significativas no transporte apical. A instrumentação sônica aumentou significativamente o alargamento realizado no preparo cervical. A técnica *crow-down* e técnica sônica produziram mais degraus. A formação de *elbow* estava associada com todas as técnicas de instrumentação.

Também através de radiografias, ROYAL & DONNELLY (1995) avaliaram a capacidade de três tipos de limas em manter a curvatura do canal radicular. Para tal, utilizaram 45 dentes molares extraídos apresentando curvaturas, incluídos em um dispositivo de resina que permitia a manutenção da posição sem alteração, radiografados antes e após a instrumentação. Os dentes foram explorados com limas K-Flex #08 ou #10, e com brocas G.G. #2 a #4 realizou-se o preparo cervical. Uma radiografia foi realizada com lima K-Flex #15 a 1mm aquém do forame apical, divididos em três grupos e instrumentados com as seguintes limas: NiTi, K-Flex e Flex-R até o instrumento #45 com técnica de força balanceada. Outra radiografia foi realizada com o último instrumento e comparada com a primeira. Os resultados mostraram estatisticamente menor redução da curvatura do canal com as limas de NiTi quando comparada com Flex-R ou K-Flex. Não havia diferença significativa quando comparadas limas Flex-R com K-Flex. Neste estudo, limas NiTi utilizada com técnica de força balanceada apresentaram significativamente menor probabilidade de mudar a curvatura do canal quando instrumentados com limas K-Flex ou Limas Flex-R.

A análise radiográfica também foi a maneira de BOU DAGHER & YARED (1995) compararem a efetividade de três tipos de limas na capacidade de promover desvio apical, utilizando técnica de imagem circunferencial em 96 dentes molares superiores com curvaturas entre 24° e 52°. Uma plataforma radiográfica foi utilizada para permitir padronização, radiografando-se com uma lima #10 antes do preparo dos canais. Limas Flex-R, Ultra-Flex NiTi e tipo K foram utilizadas até #35 e nova radiografia foi tomada. Nenhum preparo com instrumento rotatório auxiliar foi realizado. O desvio apical foi determinado através da diferença de angulação entre o instrumento inicial e o final. O ângulo da curvatura foi melhor mantido com as limas Flex-R e Ultra-Flex do que com as tipo K, não havendo diferença entre as limas Flex-R e Ultra-Flex.

Utilizando MEV, CANALDA et al. (1995) verificaram o extremo apical inativo de diversas limas endodônticas, a saber: limas Flex-R, Flexofile ponta Batt, Canal Master U e Flexogates #30, #40 e #50. Limas tipo K (Maillefer) e K-Flex (Kerr) serviram como controle. Os resultados mostraram que limas Flex-R em todos os diâmetros, apresentaram extremo apical arredondado, sem arestas, com as espiras iniciando distante da ponta. As limas Flexofile também apresentaram o extremo apical inativo, não cônico, com término em mesa e as espiras iniciando mais próxima da ponta. Limas Canal Master U e Flexogates também apresentaram ponta arredondada. Limas tipo K e K-Flex apresentam o extremo apical cônico com as espiras cortantes iniciando junto a base do cone.

MARROQUIN et al. (1996) compararam três técnicas de instrumentação em vinte canais simulados instrumentados com força balanceada e limas Flex-R, *step-back* e limas Flexicut, recapitulação com limas Flexicut e um protótipo de técnica (anti-zipping) com o auxílio de brocas de Largo #1 a #6 para demonstrar o

efeito do alargamento na capacidade de promover transporte do canal radicular. Determinações da área côncava e convexa dos canais foram realizadas em níveis de 1, 4, 5 e 7mm do ápice. Os resultados mostraram que nenhuma das técnicas foi capaz de preparar um canal ideal. A técnica protótipo, no nível de 1mm, mostrou uma remoção ideal de material da parte côncava, menor em comparação com outras técnicas na parte convexa. A mesma tendência persistiu em todos os níveis, com exceção do lado convexo no nível de 4mm.

Avaliação do tempo necessário para o preparo, o remanescente de estrutura radicular e o diâmetro do canal radicular produzido por três técnicas de instrumentação foi realizado por HANKINS & ELDEEB (1996). Utilizaram 75 canais de 53 primeiros e segundos molares inferiores que foram instrumentados com as seguintes técnicas: *step back*, força balanceada e Canal Master, utilizando limas Flex-R e Canal Master. Em todos os canais foi realizado o preparo cervical precedendo a instrumentação da região apical, nos quais após a inserção de lima #15, radiografias foram tomadas e a curvatura do canal radicular determinada através da técnica de SCHNEIDER e do Longo Eixo. Esta é determinada pelo ângulo formado de interseção formado entre uma linha reta que passa através do terço apical do canal radicular e outra pelo longo eixo do dente. O tempo de instrumentação foi mensurado, e as raízes seccionadas a 1, 3 e 5mm do ápice. Medidas foram realizadas para determinar a menor espessura e o diâmetro do canal radicular. Os resultados mostraram que o preparo cervical diminuiu significativamente o grau de curvatura quando determinado pela técnica de SCHNEIDER entre os grupos da técnica Canal Master e *step back*. A técnica do Longo Eixo mostrou diferenças significantes entre as três técnicas de instrumentação. A técnica de instrumentação da força balanceada foi

significativamente mais rápida que as técnicas *step back* ou Canal Master. O remanescente radicular no sentido méso-distal apresentou-se de maneira similar em todos os grupos.

A comparação do preparo do canal radicular com instrumentos tipo K de aço inox com NiTi foi realizado por SAMYN et al. (1996). Quarenta canais mesiais de molares inferiores com curvaturas entre 20° e 35° determinada pelo método de SCHNEIDER, foram incluídos em resina e seccionados transversalmente em dois níveis: cervicalmente no início da curvatura, e apicalmente a 1mm aquém do comprimento de trabalho. Os dentes foram analisados pelo método proposto por BRAMANTE et al. (1987) verificando a quantidade e direção de transporte do centro do canal, a mudança da área do canal, e a forma final do preparo. Foi utilizada técnica de preparo seriada do instrumento #15 ao #30, escalonando-se até o instrumento #50. Após o instrumento #25, brocas G.G. #2 e #3 foram utilizadas para preparar a região cervical. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas no transporte do centro do canal entre os grupos. O centro de todos os canais desviou em direção a região da furca, e apicalmente em direção oposta a esta. O grau de curvatura não teve correlação com a movimentação do centro do canal ou com a mudança da área do canal. Relativamente à forma final, 53% das limas de aço inox e 68% dos instrumentos NiTi prepararam canais com formato oval.

ROWAN et al., 1996 avaliaram comparativamente as propriedades de torção das limas de aço inoxidável (Flexofile) e de níquel-titânio (Quality Dental Products) submetendo-as a movimentos nos sentidos horário e anti-horário independentemente. Foram utilizadas limas #15, #25, #35, #45 e #55 montadas em aparato que realizava movimentos rotacionais de 90°, 180° e 360° e até ocorrer fratura. Os resultados encontrados mostraram que limas de aço inox suportaram

maior rotação no sentido horário até ocorrer fratura, entretanto as limas NiTi suportaram mais no sentido anti-horário. Não havia diferenças de torque até haver fratura entre as limas, em qualquer sentido analisado. Considerando o número de rotações nos sentidos horário e anti-horário até fraturar, diferenças havia entre os instrumentos, mas a força era semelhante.

SCHÄFER (1996) estudou comparativamente o efeito de quatro técnicas de instrumentação em canais simulados curvos, preparados com instrumentos Flexoreamer de ponta Batt, Flex-R e Flexofile de ponta Batt do #15 ao #35, com as técnicas de WILDNEY e SENIA, Força Balanceada, *step back* e técnica combinando movimentos de alargamento e Força Balanceada. Os dados obtidos foram avaliados sob condições padronizadas utilizando um sistema computadorizado. Alterações na forma foi estatisticamente diferente entre os três tipos de instrumentos e entre os quatro tipos de técnicas de preparo em todos os locais avaliados. Os melhores resultados foram obtidos quando, primeiro os canais foram alargados com instrumentos Flexoreamer de ponta Batt ou Flexofile da #15 a #20 utilizando ação de alargamento, seguido dos instrumentos #25 a #35 utilizando técnica de força balanceada. A técnica combinada propiciou um preparo satisfatório sem a presença de degraus ou transporte do canal.

Utilizando 40 canais mesiais de molares inferiores incluídos em resina, seccionados transversalmente a 1 ou 2mm do forame apical, na curvatura mediana e cervicalmente, tomando-se imagens computadorizadas antes e após a instrumentação, acorde BRAMANTE et al. (1987), COLEMAN et al. (1996) analisaram a qualidade do preparo realizado com técnica escalonada em canais curvos utilizando instrumentos NiTi e de aço inoxidável. Os canais foram instrumentados até a lima #25, escalonando-se até #60. Através da sobreposição

das imagens com programa computadorizado, determinou-se a área instrumentada, a intensidade do transporte, a análise da forma final do preparo, e o tempo de instrumentação. Os resultados mostraram que as limas NiTi causaram significativamente menor transporte e mantiveram o canal mais centralizado no nível apical. A área removida pelas limas NiTi e aço inox não apresentaram diferenças significativas. O tempo de instrumentação e a forma seccional dos canais não foram significativamente diferentes entre os instrumentos.

Cientes da superflexibilidade que os instrumentos NiTi apresentam, BRAMANTE & BETTI (1997) analisaram comparativamente a qualidade do preparo em canais curvos quando da utilização destes instrumentos com os de aço inoxidável na manutenção da curvatura original. Utilizaram o canal méso-vestibular de 20 dentes molares superiores preparados com a técnica escalonada regressiva e recuo programado, sendo o instrumento memória #30 e o final #40. Utilizaram limas tipo K de aço-inoxidável (Maillefer) e limas NiTi Nitiflex (Maillefer). Radiografias antes do preparo (#15) e após o preparo (#30) foram realizadas em aparato específico que mantinha o mesmo padrão de posicionamento do dente, avaliando-se o grau de desvio ocorrido durante a instrumentação nos terços cervical, médio a apical. Os resultados mostraram que houve diferenças estatisticamente significativas nos terços cervical e apical quando da utilização das limas NiTi acompanhando melhor as curvaturas radiculares. Em nível de terço médio houve uma tendência de desvio para o lado interno da curvatura, entretanto, sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

A avaliação do efeito das pontas modificadas ou não de limas endodônticas manuais de aço inox e NiTi na qualidade do preparo do canal radicular foi realizado por KUHN et al. (1997). Quarenta e oito canais mesiais de 24 molares

inferiores apresentando curvatura entre 14° e 35° foram preparados utilizando técnica com movimento de giro de ¼ de volta e tração. Utilizaram limas Ônix-R NiTi e Flex-R de aço inox, ambas com ponta modificada e Limas Mity NiTi e tipo K de aço inox, ambas com pontas ativas. Assim foi possível comparar o efeito das ligas de NiTi ou a modificação da ponta da lima somente, ou o efeito que estes dois fatores podem apresentar. Transporte, proporção de centralização e remoção de dentina foram avaliados através da técnica de BRAMANTE et al. (1987) após a utilização da lima #25 e #40. Os resultados mostraram que limas de NiTi, indiferente do desenho da ponta, mantiveram os canais significativamente mais centralizados, demonstrando menor transporte apical que limas de aço inox até #25. Quando a instrumentação continuou até o #40, não havia diferença significativa no transporte apical ou coronário. Entretanto, durante a instrumentação até a lima #40, a combinação da ponta modificada e da liga de NiTi produziu significativamente mais transporte e remoção de dentina, bem como um maior desvio do centro da região mediana que outros tipos de limas. Deste modo, nos parâmetros avaliados neste estudo de desenho da lima, a construção com liga de NiTi foi mais importante na definição da configuração do canal de pequenos diâmetros na região apical. Apesar da combinação da liga de NiTi com ponta modificada resultar em mais transporte com números maiores de limas na região mediana, semelhantes alterações na configuração do canal talvez tenham pouca importância clínica. É sugerido que outros fatores, como a sensação tátil e a técnica de instrumentação devam ser consideradas tão importantes como o tipo da liga e o desenho da ponta dos instrumentos.

TEPEL et al. (1997) analisaram a correspondência existente entre 24 tipos de instrumentos tipo K NiTi, limas e alargadores de titânio-alumínio, limas tipo K e

alargadores de aço inoxidável e limas e alargadores flexíveis de aço inoxidável, entre a resistência e momento de fratura encontrada e a especificação 3630-1 da ISO para determinação do momento de torção e fratura. Instrumentos #15, #25, e #35 foram testados com amostras de 10 instrumentos de cada tipo e número. A ordem ascendente de classificação da resistência à torção foi: limas tipo K NiTi, limas e alargadores de níquel-alumínio, limas e alargadores flexíveis de aço inox, limas tipo K e alargadores de aço inox. NiTi, titânio-alumínio, e instrumentos flexíveis de aço inox mostraram os menores valores de torque quando comparadas com limas tipo K e alargadores de aço inox. A média de extensão da deflexão angular foi de 380° (alargador #15) até 2370° (lima tipo K #35). Verificou-se que o risco de fratura dos instrumentos testados neste estudo foi relativamente baixo.

Avaliando e comparando as propriedades de torção das limas tipo K com conicidade 0.02 de aço inox e NiTi com conicidade 0.02 e 0.04 tipo U, WOLCOTT & HIMEL (1997), utilizaram testes de torsão em todos os instrumentos acorde a especificação nº28 da ANSI/ADA. Foram testados 20 instrumentos de cada tipo, #15, #25 e #35. Os parâmetros analisados foram torque máximo, torque até fratura e deflexão angular. Todas as limas se igualaram ou excederam ao valor padrão para torque máximo e deflexão angular. Os instrumentos de aço inox não mostraram diferenças significativas entre o torque máximo e o torque até a fratura, entretanto ambos os instrumentos NiTi mostraram uma diferença significativa entre torque máximo e torque para fratura.

GOLDBERG & ARAÚJO (1997) avaliaram, quando da utilização de três tipos de instrumentos manuais, a capacidade de produzir transporte na área apical e mediana do canal radicular. Para tal utilizaram 30 canais mésio-vestibulares de molares inferiores, utilizando imagem circunferencial com limas tipo K de aço

inoxidável, limas NiTi e limas Flexogates com cinemática de movimentos alternados horário e anti-horário. Os canais foram instrumentados da lima #15 até #35, tendo sido preparado o terço cervical com brocas Largo #1 após a exploração dos canais com lima tipo K #10. O transporte dos canais foi analisado através de radiografias e de secções transversais a 2 e 4mm a partir do nível da furca. Os resultados mostraram haver maior transporte apical quando da utilização de lima tipo K, sem diferenças significativas. Os melhores resultados na região mediana do canal radicular foi observado no grupo em que utilizou as limas Flexogates, não havendo nenhum transporte. Esta diferença foi significativa quando comparado com o transporte ocorrido no grupo da lima tipo K, mas não com o grupo da lima NiTi.

Canais mesiais de 53 molares inferiores foram preparados com técnica escalonada com limas Flexofile, escalonada com limas Nitiflex, ultrasônica com limas tipo K, força balanceada com limas Flex-R e Canal Master por SIQUEIRA JÚNIOR et al. (1997), para analisar através de cortes histológicos, a efetividade de limpeza do terço apical de canais curvos promovido por cinco técnicas de instrumentação. Canais mesiais de 53 molares inferiores foram preparados através de técnica escalonada com limas Flexofile, escalonada com limas Nitiflex, ultrasônica com limas tipo K, força balanceada com limas Flex-R e Canal Master. Na técnica escalonada com limas Flexofile, efetuou-se o alargamento da região apical até o instrumento #25, e brocas G.G. #2 e # 3 efetuaram o preparo do terço cervical. Na técnica escalonada com limas Nitiflex, o alargamento da região apical foi realizado até a lima #35 e brocas G.G. #2 e #3 auxiliaram o preparo do terço cervical. Na técnica ultrasônica, utilizou-se lima #15 ativada por 1 minuto, em seguida o terço cervical foi preparado com brocas G.G. #2 e #3. Intercalou-se uma lima #15 manualmente com lima #15 ativada pelo sistema ultra-sônico até que a lima #30 penetrasse livremente

no comprimento de trabalho. Para a técnica com Canal Master, o terço cervical e médio foram preparados com instrumentos rotatórios Canal Master #50 e #60, e instrumentos manuais #20 ao #35 prepararam a região apical, escalonando-se até o instrumento #50. A região apical dos canais foi seccionada e analisada através de cortes histológicos, verificando a presença de tecido pulpar, pré-dentina e debris. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre as técnicas. Apesar das cinco técnicas terem sido efetivas na capacidade de remoção da maior quantidade de tecido dos canais radiculares, nenhuma limpou a totalidade do sistema de canais radiculares, especialmente quando estavam presentes algumas variações da anatomia interna.

A comparação da habilidade das limas de aço inox Flexofile e as NiTi Nitiflex de modelar canais simulados foi realizado por BISHOP & DUMMER (1997). Oitenta canais com ângulos e curvaturas variadas foram preparados com técnica bi-escalonada e com técnica de Força Balanceada. A modelagem foi avaliada em dois momentos diferentes, um após o preparo com lima #30, e outro após a lima #45. Brocas de G.G. #1, #2 e #3 foram utilizadas para preparar a parte reta dos canais antes do preparo da região apical. Imagens pré e pós-operatória dos canais foram tomadas com vídeo-câmara e analisadas em programa computadorizado. A presença de desvio e a quantidade de material removida durante o preparo foram determinadas pela sobreposição das imagens pré e pós-operatórias. Os canais preparados utilizando limas Nitiflex foram significativamente mais rápidos até a lima #30. Uma maior quantidade de falhas ocorreu com as limas Flexofile, mas não havia diferenças estatísticas significativas entre os tipos de limas, número dos instrumentos ou forma dos canais. As limas Flexofile produziram significativamente mais desvios apicais, perfurações e degraus; não havia diferenças nas zonas de

perigo. Canais preparados com limas Flexofile foram significativamente mais amplos porque mais material foi removido da parte externa da curva até o ponto final do preparo e da parte interna da curva até o ápice. Concluiu-se que o preparo dos canais realizado com limas Nitiflex foi mais efetivo que os com limas Flexofile.

Utilizando 40 canais simulados com curvatura média de 25°, COLEMAN & SVEC (1997) compararam o preparo do canal radicular realizado com instrumentos tipo K de aço inox e NiTi. Os canais foram seccionados em três níveis: entre 1 e 2mm do forame apical, na região mediana da curvatura e coronariamente. Imagens digitais computadorizadas foram tomadas antes e após a instrumentação. A sobreposição das imagens realizadas por programa computadorizado de subtração determinou a área instrumentada, a distância do transporte e a análise da forma. O tempo de instrumentação também foi avaliado. O preparo foi realizado através de técnica escalonada, preparando-se a região apical até uma lima #25 escalonando até a lima #60. Os resultados mostraram que: limas NiTi causaram significativamente menor transporte e mantiveram mais centrado o canal no nível apical; a área removida na instrumentação foi maior com as limas de aço inox no nível médio; a forma final transversal dos canais instrumentados não foi estatisticamente diferente; o preparo foi mais demorado quando utilizou de limas NiTi que limas de aço inox. Os canais simulados mostraram resultados similares quando comparados com canais de dentes extraídos utilizando metodologia idêntica.

Um dos grandes problemas encontrados no tratamento endodôntico é o corte desordenado dos instrumentos ao longo das paredes dos canais radiculares. As características que cada instrumento apresenta reflete na sua capacidade de corte, sendo as limas Hedström dotadas de alta capacidade, principalmente devido sua cinemática ser através de imagem. Utilizando-se de canais mesiais de molares

inferiores, LUMLEY (1997) comparou a quantidade de dentina removida quando da utilização de limas *Safety Hedström* e Hedström convencionais. Utilizou 20 molares inferiores com canais separados com curvatura média de 15°, divididos em dois grupos. Um grupo foi preparado com técnica *step-back* e limas Hedström em um canal e limas *Safety Hedström* em outro canal. O segundo grupo foi preparado utilizando as mesmas limas, mas com o auxílio de brocas G.G. #3 e #2 para realizar acesso radicular (*crow-down*). Em ambos os grupos utilizou preparo anticurvatura, sendo a máxima lima apical #25, escalonando-se até #55. Os dentes foram montados e analisados através do método de BRAMANTE et al. (1987). Somente um corte seccional foi realizado a 7mm do ápice radicular, analisando-se a distância existente entre a parede distal e o canal radicular. Os resultados mostraram que as limas *Safety Hedström* removeram menos dentina que as limas Hedström convencionais, embora sem diferenças significativas. Quando se utilizou a técnica *crow-down*, a remoção de dentina foi significativamente maior que a técnica *step-back*.

Avaliação da frequência de desvio apical em canais mésio-vestibulares dos molares superiores quando da utilização de limas Flexofile, Flex-R, Ônix-R e o sistema mecânico rotatório Profile série 29 foi realizado por HECK (1997). Utilizou técnica seriada do instrumento #15 ao #35 com movimentos oscilatórios para a técnica manual sem auxílio de qualquer instrumento rotatório para o preparo cervical. A análise do desvio apical foi realizada com a plataforma radiográfica, na qual obtia-se a radiografia do primeiro instrumento (#15) e do último (#35). Os resultados mostraram que houve desvio apical em todos os grupos, e que as limas Ônix-R foram mais efetivas, seguidas das limas Flex-R, o sistema Profile e as limas

Flexofile, com desvios apicais de 0,0175mm, 0,1125mm, 0,1225mm e 0,215mm respectivamente.

PRUETT et al. (1997) introduziram metodologia para a determinação da curvatura do canal radicular denominando de raio de curvatura. Inicia-se-se traçando uma linha pelo longo eixo do canal radicular em nível cervical e outra em nível apical. No ponto em que cada uma destas linhas o canal radicular começa a desviar, no início e no final, traça-se uma linha perpendicular. O prolongamento destas determinará uma junção, o qual denomina-se centro da curvatura, e as duas linhas perpendiculares, de raio da curvatura. Consideram que o raio da curvatura deva ser considerado como um importante fator quando estiver avaliando a instrumentação do canal radicular.

Com objetivo de analisar a efetividade da técnica de força balanceada, BERGER & SILVA JÚNIOR (1998) empregando limas de aço inoxidável e NiTi, avaliaram a manutenção da curvatura do canal radicular em nível apical. Utilizaram 30 raízes méso-vestibulares de molares superiores com curvatura média de 26,5°, divididos em dois grupos de 15 dentes, sendo que em um grupo utilizou-se limas de aço-inoxidável Flex-R, e no outro limas NiTi Ônix-R. Em ambos o preparo foi realizado manualmente da lima #15 a #30 com movimentos rotacionais recíprocos e pressão sustentada da técnica de Força Balanceada, mantendo-se a patência do canal com lima #10. A análise da presença ou não de desvio apical foi realizada através da plataforma radiográfica, utilizando-se dupla exposição radiográfica, com limas #15 e #30 respectivamente. Os resultados mostraram que ambas as limas propiciaram bons preparos com poucos desvios, mas os instrumentos NiTi desviaram menos.

Utilizando 60 raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas semelhantes, MACHADO et al. (1998) avaliaram a eficácia de três técnicas de instrumentação. Utilizaram técnica seriada convencional (lima tipo K #15-40), escalonada ápico-cervical (lima tipo K #15-40), e escalonada cérvico-apical (lima tipo K #25-35) auxiliada pelas brocas de G.G. #1 e #2, analisando a diferença entre o ângulo de curvatura inicial e após o preparo (técnica de SCHNEIDER), a diferença de comprimento de trabalho antes e após o preparo, e qual o calibre do primeiro instrumento que se adaptava no comprimento de trabalho. Os resultados mostraram que o preparo escalonado cérvico-apical auxiliado pelas brocas de G.G. manteve a medida de trabalho sem alterações e permitiu acessar a área apical com instrumentos de maior calibre quando comparada com as técnicas seriada convencional e escalonada ápico-cervical.

BRAMANTE et al. (1998) avaliaram as limas *Safety Hedström* no preparo de canais radiculares curvos quanto ao desgaste nos níveis cervical, médio e apical. Utilizaram 20 canais mesio-vestibulares de molares superiores com curvaturas entre 40° e 50°, divididos em dois grupos de 10 dentes, preparados com limas *Safety Hedström* e Hedström convencionais, com técnica seriada da lima #15 a #30. A presença ou não de desvios ocorridos durante o preparo dos canais radiculares foi determinado radiograficamente através de aparato que permitia padronização da angulação dos Raios-x sobre a película radiográfica, sendo então radiografados com as limas #15 e #30 em cada dente. Os resultados mostraram que ambos os grupos mostraram retificação do trajeto original do canal radicular, sendo maior para a lima Hedström, porém sem diferenças estatisticamente significativas. A lima Hedström promoveu maior desgaste para o lado da furca no terço médio que

a lima *Safety* Hedström e esta tendeu a promover maior deslocamento apical que a lima Hedström.

Em 1998, BASRANI et al. avaliaram o efeito de quatro marcas de instrumentos flexíveis na qualidade do preparo de canais radiculares curvos. Utilizaram dentes naturais extraídos com curvaturas variadas, os quais foram preparados com limas Flexofile, Flexicut, Micro Titane e Golden Médiuns. Foi realizada radiografia de odontometria com lima #10, e durante o preparo do canal com as limas #25, #30, #35 e #40 em um dispositivo que permitia angulação padronizada, obtendo-se dupla exposição radiográfica. A técnica utilizada para o preparo dos canais foi limagem circunferencial. Uma outra análise consistiu, após o término do preparo, diafanizar os dentes após preencher os canais com material de moldagem. Os resultados mostraram uma tendência de produzir zip em curvaturas acentuadas (16,75%) com a utilização das limas #35 e #40. Os instrumentos NiTi e Golden Médiuns estavam associados com menor deformação em diâmetros menores; com limas de diâmetros maiores, a possibilidade de zip aumentava, não ocorrendo esta associação com as limas Flexicut e Flexofile.

Comparação da qualidade da modelagem de canais simulados produzidos por quatro tipos diferentes de limas de pontas inativas foi realizado por DUMMER et al. (1998). Um total de 160 canais com diferentes angulações e posições das curvaturas foram preparados com técnica manual utilizando limas Mani Flexile, Mani Sec-O, Maillefer Flexofile e Zipperer Flexicut. Cada tipo de lima foi utilizado para preparar 40 canais empregando força balanceada com técnica modificada de duplo escalonamento. Acesso radicular foi realizado com brocas de G.G. #1, #2 e #3, e a máxima lima apical utilizada foi a #30. Imagens pré e pós-instrumentação dos canais foi tomada através de videocâmera, armazenadas e

manipuladas em um computador que possuía software para análise de imagens. A presença de imperfeições dos canais e a quantidade de material removido foram determinadas pela composição das imagens pré e pós-instrumentação. Diferenças significativas no tempo de preparo foi observado, sendo mais rápido com as limas Mani Flexile e mais lento com as limas Mani Sec-O. Eventualmente, limas Flexofile e Flexicut deformaram significativamente mais que as limas Mani Flexile e Mani Sec-O. A incidência de canal obliterado não foi influenciada pelo tipo do instrumento, mas a incidência de extrusão apical foi significativamente maior com as limas Mani Sec-O. Estas criaram significativamente menos zip, significativamente menor remoção de material da curva externa, e conseqüentemente menor transporte. Limas Flexicut criaram canais mais amplos apicalmente, com maior quantidade de material removido da curva externa e maior transporte e limas Flexofile criaram significativamente maiores perfurações. Diferenças significativas entre os instrumentos foram verificadas com as limas Mani Sec-O, preparando canais mais precisos e com menor destruição. O exemplo de ponta arredondada das limas Mani Sec-O pode ter apresentado influência no resultado.

PETTIETTE et al. (1999) analisaram as possibilidades de complicações, que ocorrem com estudantes de Odontologia, quando da utilização de limas manuais de aço inoxidável tipo K e NiTi no preparo do canal radicular curvo. Sessenta primeiros e segundos molares, superiores e inferiores, foram utilizados, nos quais uma radiografia pré-operatória de odontometria e outra após a obturação foi realizada com um dispositivo que permitia a obtenção da mesma angulação. O preparo dos canais foi realizado através de técnica *step back*. As radiografias - processadas e analisadas - cujas imagens foram sobrepostas, permitiram determinar o grau de desvio do terço apical do canal radicular. Os resultados mostraram que os

desvios que ocorreram com a utilização de instrumentos de aço-inoxidável foi de 14,44°, reduzindo-se quando do preparo com instrumentos de níquel-titânio, cuja média foi de 4,39°. A incidência de outros defeitos também foi diminuída pelo uso das limas Ni-Ti.

A avaliação e comparação do poder de corte das limas Nitiflex e Flexofile foi realizada por PALLOTTA et al. (1999), utilizando dentes naturais que foram instrumentados com auxílio de aparelho que permitia transmitir aos instrumentos, constantes movimentos lineares de vai-vém, com tempo, velocidade, frequência e tensão controladas. As amostras eram pesadas antes e após o preparo, obtendo-se assim as diferenças de peso. Os resultados mostraram que limas Nitiflex apresentaram menor poder de corte que limas Flexofile para #25, #30 e #35, e não significante para os demais. Na comparação total dos valores, havia uma diferença de aproximadamente 69,88% entre o poder de corte dos dois instrumentos.

Utilizando 54 molares inferiores incluídos em resina e seccionados em dois níveis, CARVALHO et al. (1999) compararam a instrumentação utilizando limas de aço inoxidável e NiTi. Os canais mesiais foram preparados com limas Flexofile, Nitiflex ou Mity NiTi manuais, utilizando técnica de imagem anticurvatura, sendo que cada um dos três grupos continha 36 canais com curvaturas entre 20° e 35°. Imagens das secções pré e pós-instrumentação foram capturadas através de um estereoscópio e transferidos para um computador para a avaliação da qualidade dos preparos. Avaliou-se a extensão e o transporte da direção do centro do canal. No nível apical os grupos não produziram diferenças significativas na direção da movimentação do centro do canal. Nas secções cervicais todos os grupos tenderam a mover em direção distolingual, entretanto, não produziram diferenças nas secções cervicais na extensão da movimentação do centro do canal. Nas

secções apicais, as limas Nitiflex produziram o menor desvio. Foi surpresa ter ocorrido a movimentação do centro do canal para o lado distolingual em virtude de se ter utilizado técnica de preparo anticurvatura.

Em 2000, BATISTA & SYDNEY apresentam uma nova visão do preparo do canal radicular baseada nos conceitos que foram introduzidos na endodontia nos últimos anos. Sugere-se que o preparo dos canais seja dividido em etapas, e se bem ordenadas, propiciarão qualidade ao preparo sem a presença de defeitos. Destacam, dentre as etapas que compõem a técnica, a fase de acesso radicular e de alargamento reverso com a finalidade de diminuir as tensões que os instrumentos ficam sujeitos, e fazer que a ação de corte do instrumento seja limitada a pequenas porções da ponta, permitindo o preparo de maneira suave. Citam que os movimentos impostos aos instrumentos deverão ser diversificados em função da área do canal radicular que estão trabalhando, evitando-se na área apical o movimento de limagem.

CONTRERAS et al. (2001), utilizaram canais mesiais de 100 dentes molares inferiores, e compararam qual diâmetro de lima adaptasse na área apical antes e após o acesso radicular. Dividiram os dentes em dois grupos iguais, inserindo limas em ordem crescente de diâmetro até verificar qual adaptasse a 1mm aquém do vértice dental. Em seguida, prepararam o terço cervical com brocas de G.G. ou com alargadores RBS (*Rapid Body Shaper*) e inseriram novamente as limas para verificar se havia diferenças no diâmetro em relação às iniciais. Os resultados mostraram que a média de diâmetro das limas que adaptaram na área apical passaram de 14,46mm e 17,2mm antes do acesso radicular, para 23,3mm e 25,6mm após o acesso radicular respectivamente para os grupos 1 e 2. Concluíram que o acesso radicular permitiu melhor correlação entre o diâmetro do canal com a

lima que adaptava-se na área apical, criando condição de estabelecer, com maior precisão, o alargamento final para a correta modelagem do canal radicular.

BATISTA et al., (2002) verificaram em dentes molares superiores e inferiores, através de cortes transversais, o diâmetro anatômico nos níveis apical, médio, cervical e de entrada do canal radicular. Utilizaram 50 dentes molares superiores e 50 inferiores, que após os cortes, inseriram limas em ordem crescente de diâmetro até observar qual apresentava adaptação. Constataram que o diâmetro dos canais radiculares não apresenta afunilamento homogêneo como são os instrumentos endodônticos e que o nível de entrada de canal apresenta diâmetro inferior ao do nível cervical. Observaram também que o diâmetro médio no nível apical, 1mm aquém do vértice dental do canal méso-vestibular, méso-lingual e distal do molar inferior foi de 27,0mm, 23,6mm e 36,66mm respectivamente. Para os molares superiores os valores encontrados foram 21,5mm, 22,5mm e 39,40mm para os canais méso-vestibular, disto-vestibular e palatino respectivamente.

2.2. Quanto às peças automatizadas

A endodontia tem buscado através de diferentes métodos automatizados, maneiras de reproduzir o complexo de movimentos realizados durante a instrumentação manual para melhorar a qualidade, diminuir o tempo de trabalho e intensificar o potencial de limpeza. Nesta tentativa, o sistema Giromatic (Micromega), baseado em cinemática de alargamento a direita e esquerda foi o pioneiro, seguido pela Dynatrac, W e H, Endolift e Endo-Angle.

O sistema Giromatic consiste de um contra-ângulo em que são acoplados instrumentos específicos, o qual realiza movimentos de $\frac{1}{4}$ de volta alternadamente a direita e esquerda. FRANK (1967) o avaliou, ressaltando que para a correta utilização, alguns aspectos devem ser analisados: 1º) ao explorar o canal radicular, utilizar um instrumento de pequeno diâmetro, equivalente ao de uma lima manual; 2º) descartar os alargadores após cada uso; 3º) não tentar passar por instrumentos fraturados com os alargadores montados no sistema Giromatic, pois o risco de fratura será iminente; 4º) manter os instrumentos trabalhando livremente no interior do canal radicular com amplitude entre 2mm e 4mm em movimentos suaves; 5º) manter o contra-ângulo trabalhando em baixa velocidade; 6º) utilizar um lubrificante durante a fase de preparo do canal radicular. Destaca que não deverá ser a única ferramenta para a instrumentação do canal radicular.

Em 1975, O'CONNEL & BRAYTON compararam o preparo do canal radicular realizado com duas peças automatizadas, Giromatic e W + H, com a instrumentação manual. Para o preparo manual utilizaram 14 dentes preparados com técnica seriada e lima tipo K, para o Giromatic 14 dentes preparados seriadamente com limas específicas para este sistema e para o sistema W + H 14 dentes preparados seriadamente com limas tipo K. Após o preparo, foi injetado silicone no interior dos canais, desmineralizados e avaliados subjetivamente quanto à forma do preparo, eliminação das imperfeições das paredes dos canais, lisura das paredes e qualidade do preparo apical. Os resultados mostraram que a instrumentação manual convencional mostrou superioridade de qualidade e requereu aproximadamente o mesmo tempo de preparo que a instrumentação com as peças automatizadas.

Avaliação da qualidade do preparo do canal radicular, quando da utilização de quatro técnicas de instrumentação, foi realizado por JUNGSMANN et al. (1975), que utilizaram raízes mesiais de 150 dentes molares inferiores com canais separados, divididos em três grupos iguais. Um grupo não foi instrumentado, servindo de controle. No segundo grupo, um canal foi preparado com limas tipo K e ação de limagem e o outro canal com alargadores e ação de alargamento. No grupo 3 um canal foi preparado com limas tipo K e ação de alargamento e o outro canal com o sistema Giromatic associado a alargadores. A instrumentação foi considerada completa, quando cada canal apresentasse alargamento equivalente à duas limas acima daquela que estivesse adaptada no comprimento de trabalho. Após o preparo, todos os dentes foram seccionados a 1,5mm, 3mm, 4,5mm e 6mm do ápice, medindo-se o menor e o maior diâmetro do preparo. Os resultados mostraram que nenhuma técnica produziu preparos circulares no nível apical e quanto mais distante do ápice, mais irregular estes apresentavam. Ação de alargamento com limas tipo K produziram os preparos mais circulares seguido pelo Giromatic com ação de alargamento. As maiores irregularidades foram produzidas pelas limas com ação de limagem.

Comparando a efetividade da qualidade do preparo do canal radicular realizado com a técnica escalonada e com o sistema automatizado Giromatic, quanto à capacidade de remoção de tecido pulpar, pré-dentina e debris foi realizado por TUREK & LANGELAND (1982). O preparo foi desenvolvido em três etapas: na primeira, utilizaram dentes humanos que apresentavam indicação de extração por motivos ortodônticos ou protéticos; na segunda, dentes naturais extraídos e na terceira, "*in vivo*" em dentes de macacos. Os dentes foram preparados para exame histológico, seccionando-os transversalmente. Os resultados mostraram que a

técnica escalonada foi superior ao sistema Giromatic em todos os critérios de avaliação, mas nenhuma foi totalmente efetiva na remoção do tecido pulpar. Constataram que as deficiências estavam relacionadas com as irregularidades anatômicas dos canais radiculares. Verificaram que o sistema Giromatic foi capaz de ultrapassar curvaturas acentuadas como preconizado pelo fabricante, ocorrendo fraturas em canais com curvaturas severas. Os instrumentos Giromatic não foram capazes em preparar canais curvos sem a presença de degraus, retificação do canal e perda da medida de trabalho.

LEHMAN & GERSTEIN (1982) utilizando-se de canais simulados e dentes naturais, testaram 4 métodos para avaliar a qualidade do preparo do canal radicular, a saber: instrumentação manual escalonada com preparo cervical e os aparelhos automatizados Giromatic (1/4 de volta alternadamente), Endo Angle Union Broach (rotação alternada de ¼ de volta) e Endolift Kerr (entrada e saída com pequeno movimento rotacional alternado). Para a técnica manual, Endo Angle e Endolift, utilizaram limas tipo K (Union Broach) e para o Giromatic limas Hedström. Três canais simulados foram preparados com cada técnica, num total de 12 amostras. Em outros 13 canais simulados, variou-se a velocidade de utilização dos sistemas, em baixa e alta velocidade. E outra fase, 20 dentes humanos com curvaturas moderadas foram instrumentados com os quatro métodos, sendo 5 dentes com cada método. Após o preparo injetaram contraste radiográfico no interior dos canais radiculares, radiografando-se nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual para verificar a forma do canal e do terço apical, que através de scores (0 a 4), avaliou-se a qualidade da modelagem. Os resultados mostraram que a técnica manual escalonada com preparo cervical mostrou-se mais eficiente que qualquer um dos aparelhos mecânicos avaliados, com pouco acúmulo de *debris* e maior rapidez de

preparo. Quando utilizaram baixa velocidade, Giromatic e Endolift produziram um preparo de qualidade aceitável. O sistema Endo Angle consumiu significativamente mais tempo para sua utilização e mais material foi forçado para fora do ápice que com outros métodos.

WEISZ (1985) avaliou clinicamente o desempenho do aparelho Giromatic em 700 casos de dentes com envolvimento periapical. Toda a instrumentação foi realizada exclusivamente com este sistema, estabelecendo um padrão de trabalho que consistia em: realizar o preparo apical no mínimo até instrumento #25 com baixa velocidade; nenhuma lima era pré-curvada e em canais com curvaturas acentuadas novos instrumentos eram utilizados. Os resultados encontrados foram promissores e mostraram com evidências a efetividade do preparo mecanizado, visto que, as lesões tinham desaparecido totalmente em período de 6 meses em 40% e em 54% diminuído de tamanho. Não foi observado nenhuma alteração da forma do canal, confecção de degrau, perfuração ou instrumento fraturado. Destaca que os bons resultados encontrados foram consequência de um treinamento adequado, o que contornaria a perda da sensibilidade tátil. Ressalta também que este sistema minimiza a fadiga física.

ABOU-RASS & ELLIS (1996) compararam a instrumentação manual e automatizada com os sistemas Canal Finder e M4 de maneira isolada e quando de sua associação, em canais simulados com curvaturas entre 50° e 70°. Para a técnica manual utilizou-se limas Flexofile, para o sistema M4 limas Safety Hedström, e para o sistema Canal Finder limas Master. Verificaram que ambos os sistemas automatizados apresentam bons resultados quando empregados como auxiliares de preparo, facilitando o preparo manual, resultando em poucos casos na formação de desvio apical. Entretanto, quando utilizados isoladamente, a frequência de desvio foi

muito superior e, perda de comprimento de trabalho, impactação de raspas de dentina em nível apical e perfurações foram freqüentes.

CORDERO et al. (1997) utilizando 44 canais de 35 dentes molares e pré-molares com curvatura aproximada de 30° determinado pelo método de SCHNEIDER, dividindo-os em dois grupos, analisaram a efetividade do sistema M4 com limas *Safety Hedström* (Kerr) e *Flexofile* (Maillefer) quanto à capacidade de manutenção da anatomia apical. O grupo A foi instrumentado com o sistema M4 e limas *Flexofile* e o grupo B instrumentado com limas *Safety Hedström*. Quatro operadores diferentes realizaram a instrumentação, sendo que no grupo A (22 canais) instrumentou-se da lima #10 até #40 e com limas *Golden Mediums* #12 a #37. No grupo B instrumentou-se com limas *Safety Hedström* #20 a #40. Em ambos os grupos após o uso da lima #30 fez-se uso das brocas G.G. na seqüência #2, #3, #4, #2. Realizou-se radiografias durante a instrumentação em aparato que permitia padronização das radiografias, com as limas #15, #20, #25, #30, #35 e #40. As radiografias foram projetadas e comparadas com uma da lima #10, avaliando-se em qual instante começava a ocorrer os problemas. Analisou-se o transporte apical, a retificação do canal na parte interna da curvatura, perda do comprimento de trabalho e fratura dos instrumentos. Os resultados mostraram que tanto as limas *Flexofile* quanto as *Safety Hedström* apresentaram maior freqüência de comprometimento da parte interna da curvatura a partir da lima #30 e #25 respectivamente. O transporte apical começou a ser mais freqüente a partir da lima #30 para a *Flexofile* e somente em dois casos com limas #20 e #30 para a *Safety Hedström*. Em 40% dos casos houve fratura das limas *Safety Hedström* de pequeno diâmetro, mas nenhuma *Flexofile*, sendo que o trabalho com estas foi mais

cômodo e seguro que as limas *Safety Hedström*. O uso da peça M4 mostrou-se vantajoso por ser rápido, reduzindo a fadiga do operador.

LLOYD et al. (1997) avaliaram a efetividade do contra-ângulo M4 e limas *Safety Hedström* utilizando quarenta canais com ângulos e posições de curvaturas variadas, orientando as limas para que a superfície sem corte ficasse orientada para a parte interna do canal. Limas #15 a #30 foram utilizadas no comprimento de trabalho, escalonando-se da #35 a #50, todas sem nenhuma pré-curvatura. Imagens pré e pós-operatórias foram tomadas com uma câmera de vídeo e analisadas através de sobreposições em um programa específico. Os resultados mostraram que houve um significativo número de defeitos no preparo influenciados pela forma dos canais. Independente do grau e posição das curvaturas, as limas *Safety Hedström* foram inefetivas na capacidade de reduzir o desgaste na parede interna da curvatura, principalmente em canais com curvatura acentuada.

NAGY et al. (1997) avaliaram as características da modelagem dos canais radiculares com diferentes tipos de instrumentos em diferentes configurações anatômicas. Um total de 420 dentes humanos extraídos com canais únicos foram incluídos em resina e divididos em três grupos: raízes retas, raízes com curvatura apical e raízes com curvatura contínua. Cada um dos três grupos continha 140 raízes que foram divididas em 7 subgrupos. Os canais foram preparados com limas manuais (Alargadores, limas Hedström, limas K-Flex), três diferentes instrumentos automatizados (3-LDSY, 3-LD, Excalibur), instrumento sônico (MM1400) e ultra-sônico (Cavi Endo). As falhas dos sete diferentes métodos de preparo foram avaliados através da sobreposição de radiografias tomadas nos sentidos mesio-distal e vestibulo-lingual antes e após o preparo. Os resultados mostraram que perfurações, incidência de *elbow* e preparo assimétrico dos canais dependem da

configuração inicial do canal radicular. O transporte apical, as irregularidades das paredes de contorno, a formação de degrau e a incidência de *zip* foi independente da morfologia dos canais radiculares. Assimetria dos preparos foi a mais freqüente aberração encontrada. As características da modelagem por instrumentos manuais e mecânicos foram modificadas pela anatomia dos canais radiculares, mas instrumentos sônicos e ultra-sônicos foram menos dependentes da anatomia dos canais radiculares.

ARROYO et al. (1998) descrevem a peça de mão M-4 (Kerr) como um contra-ângulo aparentemente clássico, consistindo em um sistema que permite conectar limas endodônticas ao invés de brocas. É um contra-ângulo redutor (4:1), em cuja cabeça existe uma pinça acionada manualmente por um botão, a qual se abre para permitir a inserção da maioria das limas manuais. Seu movimento se realiza no sentido horário e anti-horário de forma alternada, com amplitude de 30°, com velocidade de trabalho recomendada de 1.550rpm, mantendo-se de forma constante para evitar a fratura dos instrumentos durante o uso. Inicialmente a peça foi destinada para trabalhar com limas específicas denominadas *Safety Hedström*, uma modificação da lima Hedström, a qual não tem corte em um dos lados. Sua forma de uso é feita de maneira habitual, ou seja, após determinar o comprimento de trabalho, as limas são colocadas na peça de mão e acionadas assim que introduzidos no canal. As limas podem ser pré-curvadas caso seja necessário, tendo como única contra-indicação o caso de dentes com rizogênese incompleta. Este sistema mecânico apresenta como grande vantagem a possibilidade de permitir que qualquer tipo de instrumento manual seja acoplado, ajuda a diminuir o tempo de trabalho e a fadiga tanto do profissional como do paciente, além de permitir um trabalho mais cômodo em pacientes com pequena abertura bucal. Qualquer técnica

pode ser utilizada neste sistema, mas os melhores resultados podem advir se for realizado o preparo do terço cervical previamente ao apical.

Em 1999, CAMPOS & PASTORA analisaram através de imagens computadorizadas, a qualidade do preparo do canal radicular realizado com o sistema automatizado M4. Utilizaram 5 raízes mesiais de molares inferiores, e 5 raízes méso-vestibulares de molares superiores, as quais foram montadas em aparatologia proposto por BRAMANTE et al. (1987). Foi utilizada lima tipo K da #15 a #25 acoplada no sistema automatizado M4, e em seguida realizado o preparo cervical com brocas G.G. #1 e #2. Em seguida, as secções foram fotografadas, sobrepostas às imagens pré e pós-instrumentação analisando-as em sistema computadorizado. Os resultados mostraram um significativo desgaste na parede dos canais radiculares na área da furca em nível cervical, e apicalmente para o lado mesial.

Comparando o transporte do canal na modelagem da curvatura empregando técnica de instrumentação mecânica, KOSA et al. (1999) utilizaram 54 raízes com 73 canais mesiais de primeiros e segundos molares superiores com ângulo de curvatura entre 20° e 50°, montados em resina, usando o sistema de mufla modificado proposto BRAMANTE et al. (1987), dividindo-o em quatro grupos. Cortes transversais a 2mm do comprimento de trabalho e a 2mm antes da curvatura foram realizados e fotografados antes e após o preparo. Os instrumentos empregados foram: Profile série 29, Quantec 2000, limas Flex-R na peça de mão Endo-Gripper e lima *Safety* Hedström no contra-ângulo M4. Transporte ocorreu com todos os sistemas, porém o Quantec 2000 apresentou incidência superior em relação ao Profile série 29, não ocorrendo diferenças significativas entre os demais.

Quanto ao tempo de preparo este foi mais curto com o Profile série 29, seguido pelo Endo-Gripper com limas Flex-R, Quantec 2000 e M4 com limas *Safety* Hedström.

SYDNEY et al. (2000b) compararam o preparo realizado manualmente empregando a técnica de BERGER (1998) com o sistema de rotação alternada da Kavo composto de contra-ângulo redutor 3624 e cabeça 3 LD com amplitude oscilatória de 90°. Utilizaram 30 dentes molares superiores humanos extraídos, montados em blocos de resina, divididos em dois grupos com 15 dentes cada, os quais apresentavam de aproximadamente 27°. Verificaram a ocorrência de desvio apical em 13,3% das raízes preparadas pela técnica manual e em 26,6% das raízes preparadas pelo sistema da Kavo.

Comparando a efetividade do sistema sônico MM 1400, Lightspeed e M4 *Safety* Hedström, MACIAS et al. (2000), utilizaram 36 raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas entre 15° e 30°, divididos em 3 grupos de 12 dentes cada. Após o preparo as raízes foram seccionadas a 2, 5 e 8mm aquém do ápice e observados em lupa estereoscópica. Os resultados mostraram que o sistema Lightspeed foi mais eficaz e mais rápido com menor possibilidade de alteração da anatomia do canal radicular. Houve fratura da lima *Safety* Hedström de pequeno diâmetro e perda da sensibilidade tátil durante a instrumentação.

SYDNEY et al. (2000a) apontam os sistemas automatizados de rotação alternada, M4 (Kerr), Endo-Gripper (Moyco Union Broach) e Duratec (Kavo), como uma boa opção para o preparo do canal radicular desde que utilizados como auxiliares, sugerindo duas maneiras de trabalho, ambas tendo como ênfase o preparo cervical previamente à sua utilização. Estes sistemas apresentam variações de angulação de oscilação, sendo de 30° para o M4 e de 45° para o Endo-Gripper e Duratec.

SYDNEY et al. (2001) avaliaram a ocorrência de desvio apical entre os diferentes sistemas de rotação alternada M4, Endo-Gripper e Kavo comparativamente à técnica manual através do sistema da plataforma radiográfica. Utilizaram canais méso-vestibulares de molares superiores com curvaturas moderadas, os quais foram instrumentados com técnica *crown-down* auxiliados com brocas de G.G. para a realização do acesso radicular. Todos mostraram bons resultados, não havendo diferenças entre os sistemas.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo é verificar a efetividade do preparo do canal radicular, quando do emprego da técnica do preparo manual e com o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper, utilizando instrumentos de aço-inoxidável Flex-R e de níquel-titânio Ônix-R, no que se refere à capacidade de manutenção da curvatura original do canal radicular em nível apical, ao calibre da primeira lima que se adapta no comprimento de trabalho, o tempo dispendido para o preparo e ao índice de fraturas dos instrumentos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

- Agulha hipodérmica B-D 25x6 para irrigação (Becton Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda – Curitiba – Pr - Brasil)
- Agulha hipodérmica para aspiração 40x20
- Aparelho de Raios-X Heliodent 70 (Siemens – Rio de Janeiro - Brasil)
- Brocas esféricas carbide nº2 e nº4 para alta-rotação (JET Bavers Dental – Ontário - Canadá)
- Brocas esféricas de aço carbono nº2 e nº4 haste longa (28mm) para baixa-rotação (Maillefer – Ballaigues – Suíça)
- Brocas esféricas diamantada nº1014 e nº1016 para alta-rotação (KG-Sorensen Ind. Com. Ltda – Barueri – SP - Brasil)
- Brocas Gates-Glidden #1 e #2 (Maillefer – Ballaigues – Suíça)
- Brocas tronco-cônica diamantada nº3082 para alta-rotação (KG-Sorensen Ind. Com. Ltda – Barueri – SP - Brasil)
- Câmara escura em acrílico (Manoel Pereira Gonçalves – Diadema – SP)
- Caneta de alta-rotação (Kavo do Brasil – Joinville - SC)
- Cânula metálica para aspiração
- Catalizador poliéster para resina cristal (Equipe Positiva Comércio Ltda – Casa do Silicone – Curitiba – PR – Brasil)
- Colgaduras
- Computador com processador AMD-K6 400 Mhz RAM 96
- Cone de guta-percha calibrada 1ª série (Dentsply – Petrópolis - RJ)

- Contra-ângulo Endo-Gripper Cat # 017-36351 (Moyco Union Broach - USA)
- Cronômetro digital Cássio HS-30W (Cassio – Japan)
- Cureta para dentina de haste longa nº15-16 (Maillefer - Ballaigues – Suíça)
- Cursores de silicone
- Dentes humanos molares superiores, primeiros e segundos (Estoque de dentes da Universidade Camilo Castelo Branco)
- Detergente de cozinha
- Disco diamantado Ref. 273 D (Intensiv – Swiss)
- Disco removível ZIP Drive 100 Mhz
- Espátula de madeira
- Espátula LeCron
- Filme radiográfico periapical AGFA DENTUS M2 (Agfa Gevaert NV, Bélgica)
- Fixador para radiografias (Kodak Brasileira Com. e Ind. Ltda - SP)
- Formas plásticas para gelo (Taperware)
- Limas Flex-R 1ª série 15-40, 21mm (Moyco Union Broach – USA)
- Limas Ônix-R 1ª série 15-40, 21mm (Moyco Union Broach – USA)
- Limas tipo K #10 e #15, 21mm (Maillefer – Balaigues – Sweden)
- Mandril para peça de mão reta
- Micromotor e contra-ângulo para baixa-rotação (Kavo do Brasil – Joinvile - SC)
- Micromotor elétrico Nouvag AG TCM 3000 (Switzerland)
- Molduras para slide
- Peça de mão reta (Kavo do Brasil – Joinvile - SC)
- Palitos de dente

- Placas de cera rosa nº7 Wilson (Polidental Ind. e Com. Ltda – São Paulo – SP – Brasil)
- Plataforma Radiográfica
- Programa de computação em linguagem Turbo Basic
- Régua metálica milimetrada de 15mm com graduação de 0,5mm (Kawasa – Japan)
- Régua plástica milimetrada de 15cm
- Resina cristal RPF (Equipe Positiva Comércio Ltda – Casa do Silicone – Curitiba – PR – Brasil)
- Revelador para radiografias (Kodak Brasileira Com. e Ind. Ltda - SP)
- Scanner para slides (Polaroide)
- Seringa plástica descartável B-D 10 ml (Becton Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda – Curitiba – Pr - Brasil)
- Silicone Silastic 732 rtv (Dow Corning do Brasil Ltda – Hortolândia – SP – Brasil)
- Software Corel Draw 9.0
- Solução de hipoclorito de sódio à 1% (Miyaco do Brasil Ind. e Com. – Guarulhos - SP)
- Solução fisiológica
- Sonda exploradora modificada (Duflex)
- Tela milimetrada 3x4
- Unidade ultra-sônica Profi II AS Ceramic (Dabi Atlante Ind. – Ribeirão Preto – SP – Brasil)
- Vaselina líquida (Laboratório Ind. Farm. Lifar Ltda – Porto Alegre – RS – Brasil)

4.2. Métodos

Foram selecionados 48 dentes, primeiros e segundos molares humanos superiores, com raízes não fusionadas, ápice completamente formado e curvaturas unidirecionais. As coroas apresentavam-se hígidas, cariadas ou restauradas e algumas com cálculo em nível cervical. Em seguida, foram radiografados 4 a 4 em filme periapical para detecção de possíveis mineralizações ou tratamento endodôntico prévio, não constatando-se necessidade de substituição.

A seguir os dentes ficaram imersos em solução fisiológica por período superior a 72 horas para hidratação. Removeu-se o tecido cariado e/ou as restaurações com auxílio de broca nº1016 para alta-rotacão, e os cálculos com uma ponta ultra-sônica. Finda esta etapa, a cavidade de acesso coronário foi realizado com broca esférica nº1014 para alta rotação criando-se a pré-cavidade, à semelhança de um triângulo com base voltada para a face vestibular, representando um esboço da forma de contorno, para então prosseguir com a trepanação e confecção da forma de contorno final. Com broca tronco-cônica de ponta inativa nº3082 procedeu-se a elaboração da forma de conveniência, realizando um desgaste compensatório na parede mésio-vestibular de modo a permitir uma melhor visualização da entrada do canal. Para o refinamento do desgaste compensatório foram utilizadas brocas esféricas em baixa-rotacão de haste longa nº2 e nº4.

Com disco diamantado, montado em peça de mão reta acoplada ao micromotor, removeu-se as raízes disto-vestibulares e palatinas com um corte na região da trifurcação, para que não houvesse a interferência na imagem radiográfica na leitura dos resultados.

A seguir os dentes foram imersos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio a 1% por 24 horas para facilitar a remoção dos remanescentes pulpares. Com auxílio de limas tipo K #10 e #15 e solução de hipoclorito de sódio a 1%, explorou-se os canais, ora com movimentos de entrada e saída, ora com movimentos de $\frac{1}{4}$ de volta a direita e esquerda até que houvesse a visualização da ponta da lima no forame apical. Trabalhou-se em todo o comprimento dos canais até o instante em que a lima #15 estivesse livre no canal radicular e não houvesse a visualização de resíduos de tecido pulpar, tanto no forame apical como na solução que preenchia a câmara pulpar. Durante este processo, foi utilizado 10ml de solução de hipoclorito de sódio para a irrigação em cada canal. O canal mésio-palatino, quando presente, não foi utilizado.

Na seqüência, os dentes ficaram por 24 horas expostos ao meio ambiente para secagem sem luz solar direta. Passado este tempo, o ápice radicular da raiz e os locais de corte das raízes disto-vestibular e palatina foram vedados, depositando-se pequena quantidade de silicone. Aguardou-se 24 horas para que atingisse a fase de cura, sendo que nesta etapa os dentes ficaram com a face oclusal em contacto com a superfície de uma mesa de apoio e os ápices voltados para cima para que não houvesse deslocamento do silicone.

A seguir, o acesso coronário foi vedado com guta-percha em bastão, e colocada pequena porção de cera utilidade na face oclusal que serviria de apoio para a fixação de palitos de dente a fim de mantê-los suspensos verticalmente nas formas plásticas para gelo.

Untou-se as formas internamente com vaselina líquida, vertendo-se resina cristal até manter toda a raiz do dente submersa. Foi adicionado catalizador na resina na proporção de 40 gotas para cada 100 gramas de resina, homogeneizando-

a lentamente com espátula de madeira e movimentos circulares até a total incorporação do catalizador.

Após a presa final da resina cristal, aproximadamente 24 horas, removeu-se os blocos de resina com os dentes, lavando-os em água morna e detergente para a remoção completa de resíduos da vaselina líquida da superfície externa dos blocos.

A camada de cera utilidade foi removida com auxílio de espátula LeCron, a guta-percha com cureta aquecida e os blocos de resina numerados com broca esférica carbide nº2 montada em caneta de alta-rotação. Estes foram imersos em solução salina para nova hidratação dos dentes por período de 72 horas, mantendo-se assim até o instante de sua utilização.

Na seqüência, cada amostra era posicionada na plataforma radiográfica, realizado uma radiografia com exposição de 0,25seg., processadas manualmente, secas e numeradas. Com régua plástica milimetrada sobreposta a imagem radiográfica, determinou-se o comprimento aproximado do dente, tomando-se como referência o vértice radicular e a ponta da cúspide mésio-vestibular. De posse desta medida, recuou-se 1mm e recapitulou-se com uma lima tipo K #15 até que a mesma apresentasse liberdade de movimentos, sempre sob irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 1%. A seguir, com a broca G.G. #1 e #2 acopladas em contra-ângulo de baixa-rotação, preparou-se o terço cervical com movimentos de entrada e saída e ação em anticurvatura. A G.G. #1 assumiu uma posição mais distalizada, e a G.G. #2 uma posição mais paralela à face mesial do dente, retornou-se à G.G. #1 para melhorar o preparo do terço cervical (MACHADO, 1993). A cada utilização das brocas Gates-Glidden, realizava-se irrigação com 5 ml de solução de hipoclorito de sódio a 1% e recapitulação com a lima #15.

Inseriu-se o bloco de resina com o dente na plataforma radiográfica, posicionou-se a lima #15 no comprimento pré-estabelecido e realizou-se radiografias para a determinação do comprimento de trabalho. Estas foram processadas, lavadas, secas, identificadas, inseridas em moldura para slide, escaneadas mantendo-se tamanho padronizado e salvas com formato .jpeg em unidade *zip drive*.

Escaneou-se também uma radiografia de uma tela milimetrada com escala de 1mm x 1mm, obedecendo-se os mesmos padrões adotados para as radiografias dos dentes. Esta imagem foi importada para a área de trabalho do programa *Corel Draw 9.0*, alinhada no centro da página e aumentada em tamanho de 200mm x 288,157mm. Utilizou-se a ferramenta *dimensão* para determinar o quanto cada milímetro estava aumentado em relação à imagem real, constatando-se que era de 1:13,16mm. Todas as medidas extraídas dos espécimes foram transformadas em medida real utilizando-se regra de três simples.

4.2.1. Seleção dos Grupos

Para a divisão dos dentes em grupos, utilizou-se dos recursos da geometria analítica para extrair as características das curvaturas radiculares. Para isto, a imagem escaneada foi importada para dentro da área de trabalho do programa *Corel Draw 9.0*, alinhada no centro da página, e aumentada em tamanho de 200mm x 288,157mm.

Adotou-se um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais com os eixos x,y de modo que o eixo y coincidissem com a parte retilínea do canal radicular, tendo a origem o início da entrada deste, extendendo-se pelo terço cervical ou

médio. O eixo x foi considerado, portanto, uma linha perpendicular ao eixo y , no ponto em que iniciava a curvatura do canal radicular em nível cervical ou médio. Esta intersecção era considerada a origem do sistema das coordenadas cartesianas (x_0, y_0) , trasladando-se para este ponto as coordenadas da área de trabalho do programa Corel Draw 9.0.

A seguir uma reta tangente à curvatura apical foi traçada iniciando-se pelo ponto delimitado pela ponta da lima, extendendo-se anteriormente a esta até encontrar o eixo y . A partir deste instante, fez-se necessário determinar pontos importantes e fundamentais para o cálculo das grandezas das curvaturas radiculares (FIG. 1).

1º) Ponto I = Ponto de intersecção do eixo y com a tangente da área apical (x_2, y_2) .

2º) Ponto T = Ponto em que termina a curvatura em nível radicular (x_1, y_1) .

3º) Ponto T_1 = Ponto de origem do sistema das coordenadas (x_0, y_0) .

4º) Distância d = Distância entre o ponto I e o ponto T.

5º) Distância Δ_x = Distância entre o ponto T perpendicularmente até o eixo y .

6º) Distância Δ_y = Distância entre o ponto I até o local da intersecção entre o ponto T perpendicularmente ao eixo y .

7º) Ângulo θ = Ângulo formado pelo eixo y e a tangente que passa pela curvatura da área apical.

8º) R = Raio da curvatura, passando pelo ponto T, que também passa pelo ponto T_1 .

Para os cálculos da curvatura radicular, utilizou-se das seguintes fórmulas:

1. Cálculo do rumo da direção IT.

O ângulo θ representa o rumo da direção IT e pode ser calculado analiticamente em função das coordenadas dos pontos I ($x_2 - y_2$) e T ($x_1 - y_1$), com a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$$

2. Cálculo da distância IT.

A distância IT = (d), pode ser calculada por expressão fornecida pela geometria analítica, na forma:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

3. Cálculo do raio da curva circular.

O raio de curvatura, considerando-se uma circunferência que contenha os pontos $T_1 (x_0 - y_0)$, $I (x_2 - y_2)$, e $T (x_1 - y_1)$ e pode ser facilmente calculado pela expressão:

$$R = \frac{d}{\text{sen } \theta / 2}$$

5. Cálculo do comprimento do arco de curva.

O comprimento do arco de curva que une os pontos T_1 , I e T , e é proporcional ao comprimento da circunferência que une esses pontos e pode ser calculado pela expressão:

$$C = \frac{2\pi R\theta}{360^\circ}$$

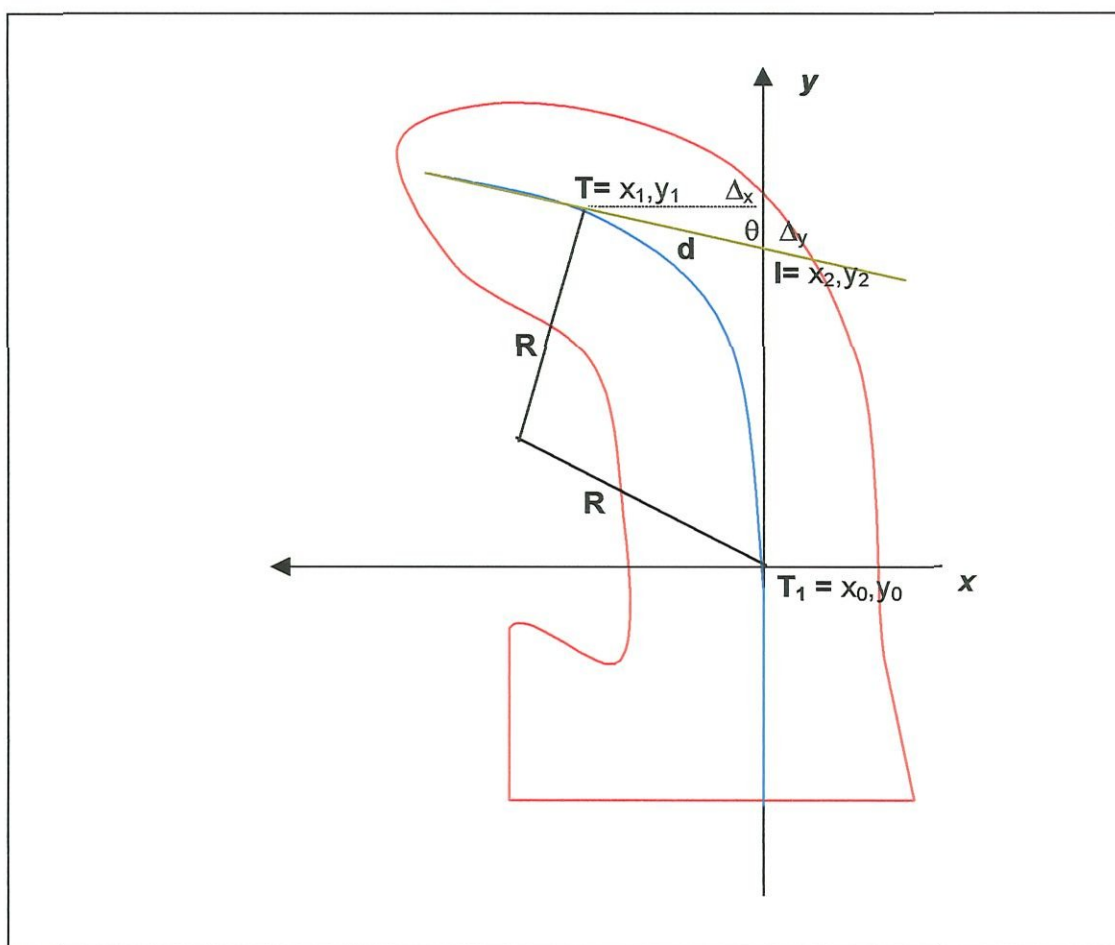


Figura 1 – Representação esquemática da raiz méso-vestibular do molar superior, do instrumento rastreando o canal radicular, o sistema de coordenadas cartesianas x, y , a reta tangente à curvatura apical, os pontos $T(x_1, y_1)$, $I(x_2, y_2)$, $T_1(x_2, y_2)$, o ângulo θ , as distâncias Δ_x e Δ_y e o raio da curvatura (R).

Para facilitar os cálculos, criou-se um programa de computação em linguagem Turbo Basic (ANEXO 1), necessitando somente entrar com as coordenadas cartesianas (x,y) dos pontos I, T e T₁, sendo que as coordenadas x,y de T₁ seria sempre igual a zero.

Embora obtivesse 4 grandezas que caracterizem a curvatura radicular (ângulo da curvatura, raio da curvatura, comprimento do arco, e distância entre a intersecção até o final da curvatura), somente utilizou-se o relacionado ao raio de curvatura por ser o parâmetro fundamental que define uma curvatura circular.

Foi determinada uma escala através de regra de três simples que tornou possível a transformação das medidas da imagem para valores reais, sendo de 1:13,16mm.

Após a determinação dos valores do raio de curvatura, os dentes foram distribuídos em 4 grupos de 12, tendo na média, similaridade de valores do raio de curvatura radicular de 7,70mm, variando-se o mínimo e o máximo entre 4,70mm até 11,89mm respectivamente (TAB. 1 – ANEXO 2). Quanto menor o valor do raio de curvatura, mais acentuada é a curvatura radicular e quanto maior o valor do raio de curvatura, menos acentuada é a curvatura radicular.

4.2.2. Preparo do Canal Radicular

Para o preparo do canal radicular, valeu-se de técnica manual e técnica automatizada de rotação alternada com o contra-ângulo Endo-Gripper (FIG. 3), utilizando-se limas de aço inoxidável Flex-R (FIG. 5) e limas NiTi Ônix-R (FIG. 6). Os grupos foram ordenados da seguinte maneira:

- Grupo 1 - Técnica manual com limas Flex-R;
- Grupo 2 - Técnica manual com limas Ônix-R;
- Grupo 3 - Técnica automatizada com o sistema de rotação alternada
Endo-Gripper com limas Flex-R;
- Grupo 4 - Técnica automatizada com o sistema de rotação alternada
Endo-Gripper com limas Ônix-R.

A técnica de preparo manual utilizada foi proposta por BATISTA & SYDNEY (2000), consistindo nas seguintes fases: 1. Acesso Coronário; 2. Esvaziamento; 3. Acesso radicular; 4. Alargamento reverso; 5. Preparo da área apical

Como as etapas de acesso coronário, esvaziamento, acesso radicular e comprimento de trabalho já haviam sido realizadas, o preparo consistiu no alargamento reverso e preparo apical.

Antes porém, recapitulou-se com a lima #15 no comprimento de trabalho, e irrigou-se para a remoção de eventuais resíduos que pudessem ter se alojado no interior do canal radicular. Posicionou-se a lima #15 no comprimento de trabalho e levou-se o bloco de resina com o dente na plataforma radiográfica (SYDNEY et al. 1991), a qual estava instalada na extremidade do cilindro do aparelho de Raios-X. Colocou-se uma película radiográfica na plataforma e fez-se um disparo do feixe de radiação com tempo de exposição de 0,25seg. O bloco de resina com o dente foi removido, mas a película radiográfica ficou na posição em que foi instalada.

Para iniciar o preparo, calibrou-se todas as limas da #15 à #40, no comprimento de trabalho, e iniciou-se a fase de alargamento reverso introduzindo-se a lima #40 até que esta encontrasse resistência, passando-se a realizar movimentos

oscilatórios a direita e esquerda com leve pressão apical. Com a utilização desta cinemática, necessita-se que as espiras da ponta da lima sejam constantemente limpa dos resíduos de dentina, em uma gaze umedecida na solução irrigadora, reintroduzindo-a e realizando novamente os movimentos oscilatórios. Fazia-se isto aproximadamente 5 a 6 vezes para então passar para uma lima de calibre imediatamente inferior (#35), e assim sucessivamente (#30, #25,...) até aquela que atingisse o comprimento de trabalho. Quando possível, a cada mudança de instrumento procurava-se manter a patência apical com lima #15, 1mm além do comprimento de trabalho, seguido de irrigação com 5ml de solução de hipoclorito de sódio à 1%.

A seguir iniciava-se o preparo da área apical. Nesta etapa, um conjunto de movimentos fazia-se necessário, os quais consistiam de limagem em viés de pequena amplitude (PAIVA & ANTONIAZZI, 1988), em anticurvatura (ABOU-RASS, 1980), associado a movimentos rotacionais alternados à direita e esquerda (ROANE et al. 1985; DE DEUS, 1992). O movimento rotacional era realizado sempre com o instrumento no comprimento de trabalho, recuando-se então aproximadamente em 1mm e realizando o movimento de viés em anticurvatura.

Para que o preparo pudesse ser realizado dentro desta proposta, iniciava-se o preparo da área apical sempre com um instrumento inferior ao calibre daquele que tivesse atingido o comprimento de trabalho na fase de alargamento reverso, seguindo-se então, progressivamente até a Máxima Lima Apical (MLA).

Para o sistema automatizado de rotação alternada Endo-Gripper (FIG. 3, FIG. 4, FIG. 7), procedeu-se de maneira similar, utilizando-o nas fases de alargamento reverso e preparo da área apical (SYDNEY et al., 2000). No preparo desta, procurava-se impor no contra-ângulo, movimentos de entrada e saída com

direcionamento em anticurvatura, numa amplitude máxima de 2mm, evitando-se manter o instrumento em funcionamento posicionado no comprimento de trabalho. Quando a MLA encontrava-se com liberdade de movimentos, considerava-se que o preparo estava finalizado.

Na utilização das limas de aço-inox Flex-R tanto manual quanto mecanicamente, estas foram pré-curvadas, sendo impossibilitado de realizar com as limas NiTi Ônix-R. No decorrer do preparo, cada jogo de lima teve o uso limitado ao preparo de 4 canais.

O tempo dispendido para o preparo em cada um dos dentes dos quatro grupos foi registrado através de um cronômetro digital, acionando-o quando do início da fase de alargamento reverso, computando-se o tempo até o estabelecimento da MLA.

Quando cada dente apresentava o preparo concluído, introduzia-se um cone de guta percha de calibre semelhante ao da MLA no comprimento de trabalho para verificar a homogeneidade no preparo.

Uma vez concluído o preparo, a MLA era posicionada no comprimento de trabalho, o bloco de resina com o dente retornava para a plataforma radiográfica e realizava-se outra exposição de Raios-X sobre na mesma película radiográfica (FIG. 2). Obtinha-se assim, no mesmo filme, a imagem do dente com a primeira e a última lima utilizada.

As radiografias foram processadas manualmente utilizando-se a relação tempo/temperatura, lavadas em água corrente, secas, ordenadas acorde ao grupo que pertenciam e escaneadas.

Para a análise, as imagens foram importadas para a área de trabalho do programa Corel Draw 9.0, alinhadas no centro da página e aumentadas em 200mm X 288,157mm. Quando os instrumentos encontravam-se sobrepostos em nível apical, ambas as limas (#15 e/ou #30, #35, #40) confundiam-se, de modo que suas extremidades não podiam ser diferenciadas, sendo considerado sem desvio. Nos casos em que não ocorria a sobreposição dos instrumentos, empregava-se a ferramenta *dimensão angular* para quantificar o desvio apical.

Além da efetividade da técnica de preparo, durante o experimento analisou-se também: o calibre da lima que durante a fase de alargamento reverso acomodou-se na medida de trabalho; o tempo necessário para o preparo e o índice de fraturas dos instrumentos.

4.2.3. Metodologia Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística para a comprovação dos objetivos levantados. Foi utilizada a Análise de Correlação (Coeficiente de Correlação de Pearson), os testes paramétricos “t de Student”, os não paramétricos “Mann-Whitney” e “Comparação entre duas Proporções” (*Software* “Primer of Biostatistics”) para amostras independentes. O nível de significância mínimo adotado foi de 5% (0,05) (GLANTZ, 1997).

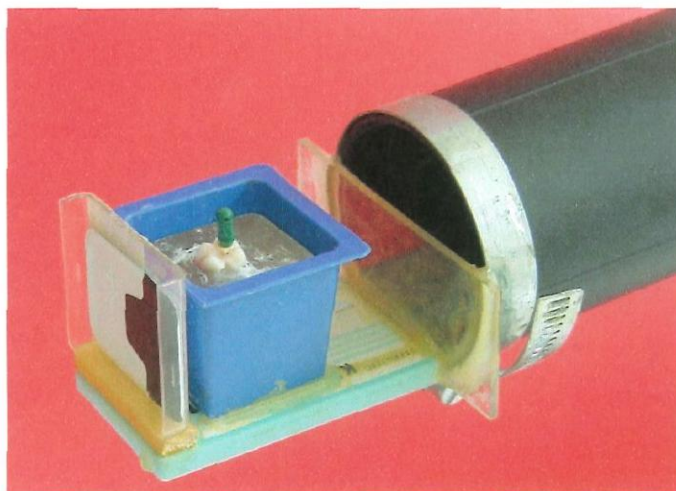


Figura 2 - Plataforma Radiográfica acoplada à extremidade do cilindro de Raios-X, o bloco de resina com o dente, e o filme radiográfico em posição.



Figura 3 - Contra-ângulo Endo-Gripper



Figura 4 - Micromotor elétrico e contra-ângulo Endo-Gripper



Figura 5 - Lima Flex-R



Figura 6 - Lima Ônix-R

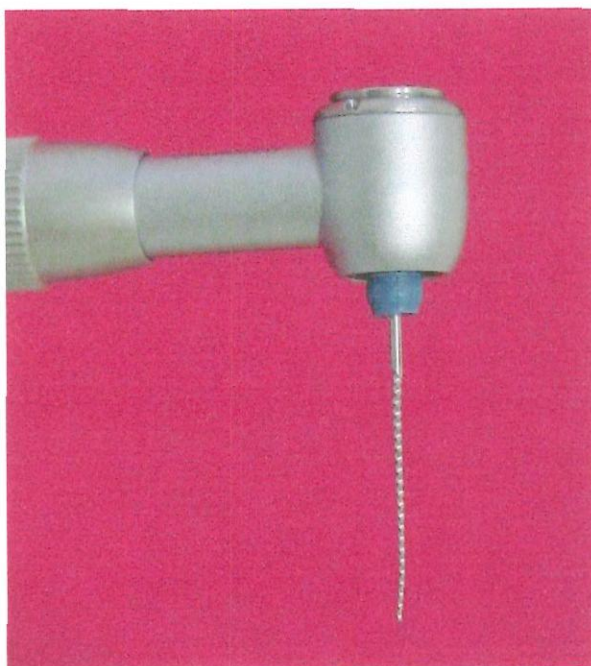


Figura 7 - Lima inserida na cabeça do contra-ângulo Endo-Gripper



Figura 8 - Dente nº 32 sem desvio apical (Grupo 1)

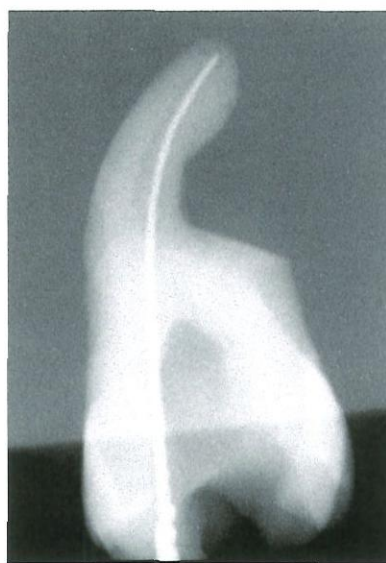


Figura 9 - Dente nº 09 com desvio apical (Grupo 1)



Figura 10 - Dente nº 41 sem desvio apical (Grupo 2)

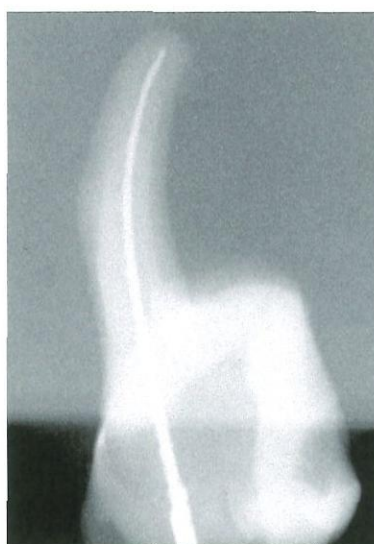


Figura 11 - Dente nº 11 sem desvio apical (Grupo 2)

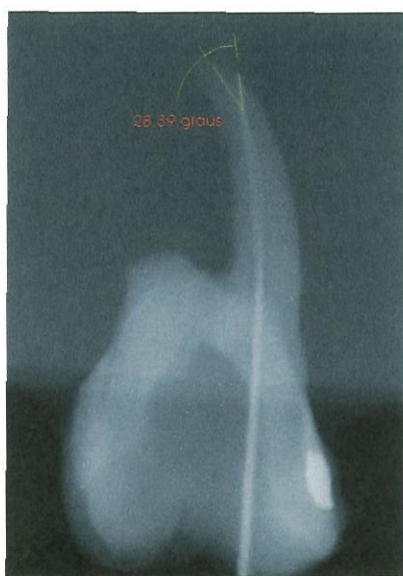


Figura 12 - Dente nº 22 com desvio apical (Grupo 3)

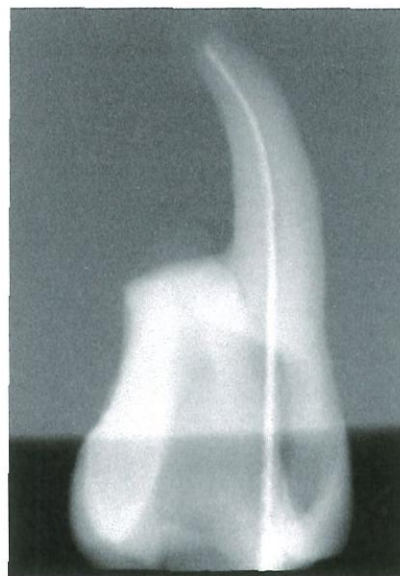


Figura 13 - Dente nº 19 sem desvio apical (Grupo 3)



Figura 14 - Dente nº 30 sem desvio apical (Grupo 4)



Figura 15 - Dente nº 36 sem desvio apical (Grupo 4)

5. RESULTADOS

Os valores originais dos resultados aferidos dos grupos durante o experimento encontram-se agrupados nas TAB. 2 a 5 (ANEXOS 3 a 6). Encontram-se ordenados, respectivamente, os resultados obtidos dos dentes do grupo 1 (Técnica manual com limas Flex-R), do grupo 2 (Técnica manual com limas Ônix-R), do grupo 3 (Técnica automatizada Endo-Gripper com limas Flex-R), e do grupo 4 (Técnica automatizada Endo-Gripper com limas Ônix-R).

Nestas tabelas observa-se a identificação das amostras, o valor do raio de curvatura, o número do primeiro instrumento que se adaptou no comprimento de trabalho após a fase de alargamento reverso, o calibre da MLA, o tempo necessário para a realização do preparo (minutos e segundos), se houve ou não fratura de instrumentos e o grau do desvio apical quando ocorria.

Após a obtenção dos resultados, estes foram agrupados em quadros (1 a 4) e GRAF. (1 a 5).

O quadro 1 apresenta os resultados gerais do experimento, agrupado por técnicas e limas. Observa-se que o primeiro instrumento que se adaptou ao comprimento de trabalho na fase de alargamento reverso foi predominantemente o #25 (58,3%, 58,4%, 58,3%, 66,7% respectivamente para técnica manual e Endo-Gripper com limas Flex-R, técnica manual e Endo-Gripper com limas Ônix-R). Para as limas Ônix-R, na técnica manual, em nenhum caso o instrumento #30 foi o primeiro a se adaptar ao comprimento de trabalho, verificando esta possibilidade em somente um caso (8,3%) na técnica Endo-Gripper. Houve uma maior predominância, na técnica manual com as limas Ônix-R, do instrumento #20 ser o primeiro a atingir

ao comprimento de trabalho (41,7%), enquanto que para a lima Flex-R, esta possibilidade correu com o instrumento #30 em 25% dos casos (GRAF. 1 e 2).

Houve fratura de instrumento somente em dois casos (16,7%) quando da utilização de técnica manual com limas Ônix-R, nas amostras nº27 e nº24, com raio de curvatura de 4,76mm e 5,42mm respectivamente (TAB. 3, ANEXO 4). Nenhum caso de fratura foi verificado quando da utilização de técnica manual com limas Flex-R, bem como com o sistema automatizado Endo-Gripper, independente do tipo de lima utilizada (GRAF. 3).

Observou-se a presença de desvio apical em dois casos (16,7%) para as limas Flex-R na técnica manual nas amostras nº09 e nº35, com desvio de 13,10° e 8,35°, em dentes que apresentavam, respectivamente, raio de curvatura de 5,62mm e 8,53mm. Similarmente com o sistema automatizado Endo-Gripper e limas Flex-R, desvio apical ocorreu em dois casos (16,7%), nas amostras nº22 e nº08 com desvio de 28,39° e 19,89°, em dentes que apresentavam raio de curvatura de 4,85mm e 6,04mm respectivamente. Já com as limas Ônix-R não houve desvio apical em nenhum caso, independentemente da técnica utilizada (GRAF. 4).

Quadro 1 – Dados gerais das limas em estudo

DADOS	TÉCNICA MANUAL		ENDO-GRIPPER	
	Nº	%	Nº	%
LIMA FLEX-R	12	100	12	100
• 1º Instrumento				
#20	2	16,7	4	33,3
#25	7	58,3	7	58,4
#30	3	25	1	8,3
• Fratura de Instrumento	-	-	-	-
• Desvio Apical	2	16,7	2	16,7
LIMA ÔNIX-R	12	100	12	100
• 1º Instrumento				
#20	5	41,7	3	25
#25	7	58,3	8	66,7
#30	-	-	1	8,3
• Fratura de Instrumento	2	16,7	-	-
• Desvio Apical	-	-	-	-

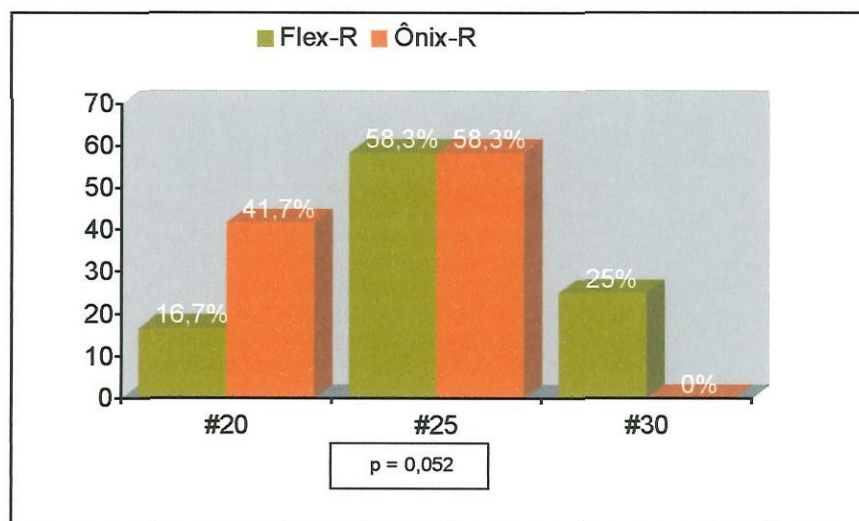


Gráfico 1 – Calibre do primeiro instrumento a adaptar-se no comprimento de trabalho após alargamento reverso - Técnica Manual.

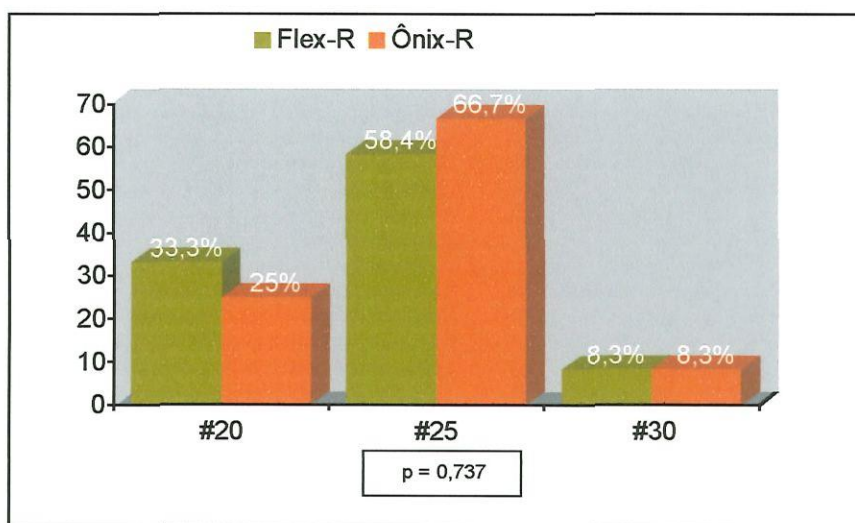


Gráfico 2 – Calibre do primeiro instrumento a adaptar-se no comprimento de trabalho após alargamento reverso - Técnica Endo-Gripper.

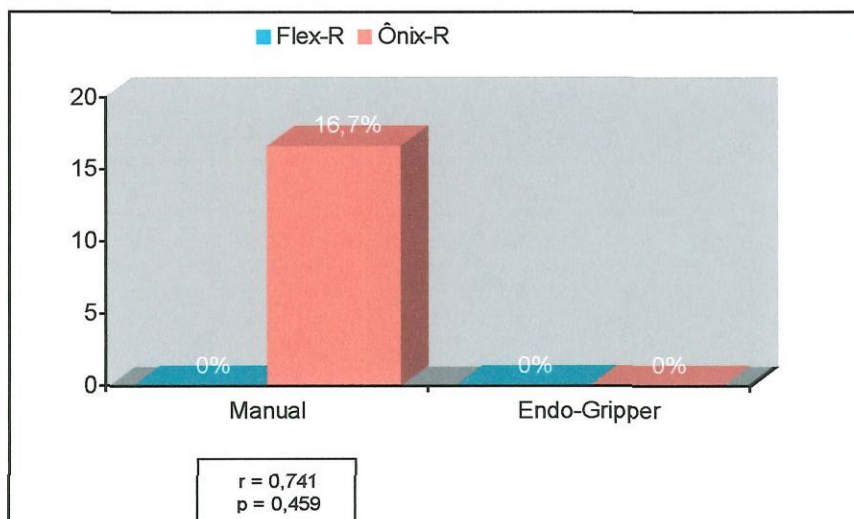


Gráfico 3 – Fratura de instrumentos.

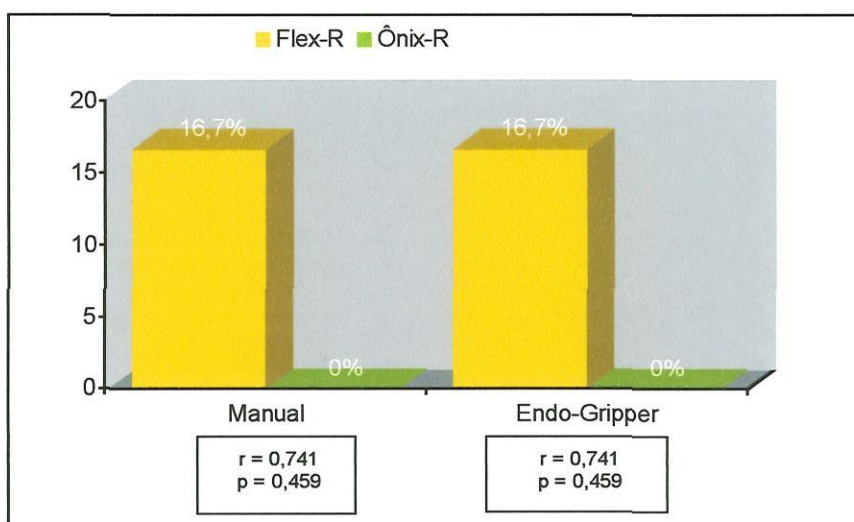


Gráfico 4 – Desvio apical.

No quadro 2 encontra-se a análise estatística descritiva dos resultados encontrados por técnica (Manual e Endo-Gripper) e por lima (Flex-R e Ônix-R), com suas médias, desvio padrão, mínimo e máximo.

Nos grupos em que foi utilizado técnica manual com limas Flex-R e Ônix-R, observou-se que em relação ao tempo de preparo, o desvio padrão era muito elevado (2,10 e 2,28), sendo recomendado a utilização do valor da mediana (6,19 e 6,15) para a análise estatística. Nestes grupos, os tempos variaram entre o mínimo de 3'44" e 3'05" e máximo de 11'33" e 10'50" respectivamente (TAB. 2 e 3, ANEXOS 3 e 4). O mesmo ocorreu com a técnica automatizada Endo-Gripper com limas Flex-R e Ônix-R (desvio padrão de 1,95 e 2,78), recomendando-se utilizar o valor da mediana para a análise estatística (7,29 e 7,19), sendo que houve variação do tempo de preparo entre o mínimo de 4'43" e 3'39" e máximo de 10'25" e 13'11" respectivamente (TAB. 4 e 5, ANEXOS 5 e 6).

No quadro 3 encontram-se os resultados dos testes aplicados nas técnicas utilizadas em relação à comparação das limas Flex-R com Ônix-R, observando-se que não foi constatada diferença significativa.

No quadro 4 constam os resultados dos testes estatísticos aplicados nas limas em relação à comparação das técnicas manual com Endo-Gripper, não constatando-se diferença significativa.

Quadro 2 – Estatística descritiva dos dados em estudo

DADOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA
TÉCNICA MANUAL					
LIMA FLEX-R					
• 1º Instrumento	25,4	3,3	20	30	-
• Tempo	6,17	⁽¹⁾ 2,10	3,4	11,33	6,19
• Desvio Apical (n = 02)	10,73	3,36	8,35	13,10	10,73
LIMA ÔNIX-R					
• 1º Instrumento	22,9	2,6	20	25	-
• Tempo	6,23	⁽¹⁾ 2,28	3,05	10,5	6,15
• Desvio Apical	-	-	-	-	-
TÉCNICA ENDO-GRIPPER					
LIMA FLEX-R					
• 1º Instrumento	23,8	3,1	20	30	-
• Tempo	7,09	⁽¹⁾ 1,95	4,43	10,25	7,29
• Desvio Apical (n = 02)	24,14	6,01	19,89	28,39	24,14
LIMA ÔNIX-R					
• 1º Instrumento	24,2	2,9	20	30	-
• Tempo	7,56	⁽¹⁾ 2,78	3,39	13,11	7,19
• Desvio Apical	-	-	-	-	-

(1) Desvio padrão muito elevado, recomenda-se utilizar a mediana.

Quadro 3 – Resultados dos testes estatísticos aplicados nas técnicas utilizadas em relação à comparação das limas Flex-R com Ônix-R

DADOS	RESULTADO DO TESTE	TESTE APLICADO	VALOR TABELADO	SIGNIFICÂNCIA
TÉCNICA MANUAL				
• 1º Instrumento	2,052	t de Student	p = 0,052	NS
• # 20	0,898	Proporção	p = 0,369	NS
• # 25	- 0,414	"	p = 0,679	NS
• # 30	1,234	"	p = 0,217	NS
• Tempo	0,635	Mann-Whitney	p = 0,525	NS
• Fratura de Instrumento	0,741	Proporção	p = 0,459	NS
• Desvio Apical	0,741	Proporção	p = 0,459	NS
TÉCNICA ENDO-GRIPPER				
• 1º Instrumento	- 0,341	t de Student	p = 0,737	NS
• # 20	- 0,002	Proporção	p = 0,999	NS
• # 25	- 0,002	"	p = 0,999	NS
• # 30	- 0,740	"	p = 0,459	NS
• Tempo	0,202	Mann-Whitney	p = 0,840	NS
• Fratura de Instrumento	-	-	-	-
• Desvio	0,741	Proporção	p = 0,459	NS

No que refere-se ao tempo destinado para o preparo, nos quadros 2 e 4, correlacionou-se às técnicas com o objetivo de verificar qual despendia mais tempo em relação ao tipo de lima. Constatou-se que:

- A lima Flex-R apresentou baixa correlação positiva ($r = 0,486$), ou seja, a técnica manual gastou menos tempo que a técnica Endo-Gripper ($6,17 \pm 2,10$ (mediana de 6,19) x $7,09 \pm 1,95$ (mediana de 7,29)) sem apresentar diferença estatística significativa (GRAF. 5);
- A lima Ônix-R apresentou baixa correlação negativa ($r = - 0,415$), ou seja, a técnica manual gastou menos tempo que a técnica Endo-Gripper ($6,23 \pm 2,28$ (mediana de 6,15) x $7,56 \pm 2,78$ (mediana de 7,19)), não havendo diferença estatística significativa (GRAF. 5).

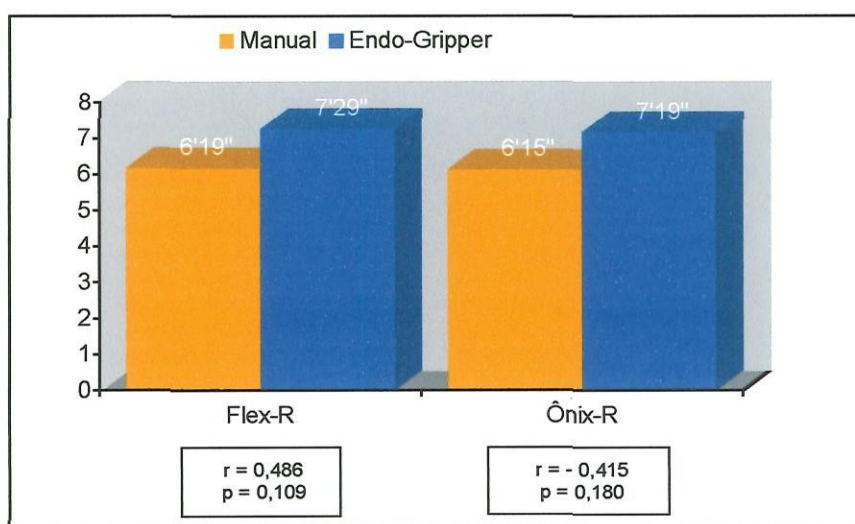


Gráfico 5 – Tempo (minutos e segundos) dispendido para o preparo.

Quadro 4 – Resultados dos testes estatísticos aplicados nas limas em relação à comparação das Técnicas Manual com Endo-Gripper

DADOS	RESULTADO DO TESTE	TESTE APLICADO	VALOR TABELADO	SIGNIFICÂNCIA
LIMA FLEX-R				
• 1º Instrumento	1,265	t de Student	p = 0,219	NS
• # 20	0,468	Proporção	p = 0,640	NS
• # 25	- 0,409	Proporção	p = 0,682	NS
• # 30	0,55	Proporção	p = 0,582	NS
• Tempo	1,184	Mann-Whitney	p = 0,236	NS
• Correlação (r)	0,486	Pearson	p = 0,109	NS
• Fratura de Instrumento	-	-	-	-
• Desvio Apical	- 0,547	Proporção	p = 0,584	NS
LIMA ÔNIX-R				
• 1º Instrumento	- 1,119	t de Student	p = 0,275	NS
• # 20	0,435	Proporção	p = 0,664	NS
• # 25	0,003	Proporção	p = 0,997	NS
• # 30	- 0,004	Proporção	p = 0,997	NS
• Tempo	1,588	Mann-Whitney	p = 0,112	NS
• Correlação (r)	- 0,415	Pearson	p = 0,180	NS
• Fratura de Instrumento	- 0,547	Proporção	p = 0,584	NS
• Desvio Apical	-	-	-	-

6. DISCUSSÃO

É comum verificar referências às diferentes etapas que compõem o tratamento endodôntico e atribuir-lhes importâncias variadas. Não restam dúvidas que a complexidade anatômica dos canais radiculares, destacando-se as curvaturas em múltiplos planos (CUNNINGHAN & SENIA, 1992), a variação no diâmetro dos canais (KEREKES & TROSNTAD, 1977; BATISTA et al., 2002) e a dureza da dentina (SOUTHARD et al., 1987) influenciam diretamente na qualidade final do preparo químico-mecânico. Assim sendo, a limpeza e modelagem do canal radicular, embora de difícil realização, assumem fundamental importância no conjunto das etapas que compõem o tratamento.

Nesta busca em cumprir os objetivos de limpar e modelar os canais radiculares (SCHILDER, 1974; PAIVA & ANTONIAZZI, 1988), diferentes técnicas, manobras e instrumentos foram introduzidos. Modificações importantes nas técnicas como o escalonamento (CLEM, 1969; WEINE, 1972), o uso de instrumentos rotatórios (ABOU-RASS & JASTRAB, 1982), o acesso radicular (GOERING et al., 1982) e a inversão na sequência de instrumentação, adotando sentido coroa-ápice (GOERING et al., 1982), contribuíram para aumentar a qualidade dos tratamentos endodônticos.

Como para conseguir a completa sanificação do canal radicular necessita-se de uma perfeita interação entre técnicas e instrumentos com as paredes dos canais, quanto melhor for as características dos instrumentos, melhor será a capacidade destes realizarem um preparo sem a presença de aberrações. Alterações no desenho da ponta dos instrumentos aplainando a guia de penetração tornando-a inativa (ROANE et al., 1985) e na liga utilizada na industrialização (WALIA et al., 1988) vieram a somar-se às evoluções das técnicas.

Dentro desta evolução, galgados no processo da mecanização e de racionalização do trabalho, tentou-se conseguir aumento de efetividade com limas acopladas a contra-ângulos, que apresentou momentos diversos, repleto de bons (WEISZ, 1985) e maus resultados (O'CONNEL & BRAYTON, 1975; TUREK & LANGELAND, 1982; LEHMAN & GERSTEIN, 1982). Talvez a maioria dos resultados ruins, quando comparava-se o preparo mecanizado com o manual estivesse ligado a pouca qualidade dos instrumentos destinados a estes sistemas e ao pouco conhecimento das cinemáticas empregadas.

Com a reintrodução de novos sistemas automatizados, assume-se uma fase que pode ser promissora face à disponibilidade de instrumentos com novos desenhos, pontas inativas, bem como ligas que permitem a estes acomodarem-se às mais severas curvaturas radiculares. Junta-se a isto os conceitos modernos do preparo manual através de cinemática, que permitem os instrumentos manterem-se mais centrados no interior do canal radicular com menor possibilidade de confeccionar defeitos, principalmente em nível apical.

6.1. Quanto a metodologia

Tem se observado na literatura número cada vez mais significativo de trabalhos utilizando-se canais artificiais (ELDEEB & BORAAS, 1985; MISERENDINO et al., 1985; POWELL et al., 1986; SABALA et al., 1988; POWEL et al., 1988; FIGUEIREDO, 1990; AL-OMARI et al., 1992a; AL-OMARI et al., 1992b; ESTRELA et al., 1993; MACHADO, 1993; SCHÄFER et al., 1995; MARROQUIN et al., 1996; SCHÄFER, 1996; BISHOP & DUMMER, 1997; COLEMAN & SVEC, 1997; DUMMER

et al, 1998) para avaliar as propriedades dos instrumentos, eficácia de técnicas, e cinemáticas dos instrumentos. A padronização na confecção destes canais elimina algumas variáveis que são comumente encontrados nos dentes naturais, tais como, a dureza da dentina (SOUTHARD et al., 1987), que não é igual para todos os dentes, os graus variados das curvaturas radiculares e o local de início destas (CUNNINGHAN & SENIA, 1992).

Aliás, fruto de procedimentos preventivos preconizados pela Odontologia contemporânea, torna-se cada vez mais difícil a obtenção de dentes naturais, sem considerar os aspectos legais da utilização de órgãos dentários.

Por outro lado, não restam dúvidas que o uso de dentes naturais cria a possibilidade de reproduzir as dificuldades que ocorrem dentro dos canais radiculares, e observar a interrelação existente entre os instrumentos endodônticos e as paredes dos canais radiculares (VESSEY, 1969; SCHNEIDER, 1971; COFFAE & BRILLIANT, 1975; LEHMAN & GERSTEIN, 1982; ABOU-RASS & JASTRAB, 1982, LEEB, 1983; KESSLER et al., 1983; MORGAN & MONTGOMERY, 1984; MONTGOMERY, 1985; LIM & STOCK, 1987; SOUTHARD et al., 1987; CALHOUN & MONTGOMERY, 1988; CIMIS et al., 1988; SEPIC et al., 1989; CIUCCHI et al., 1990; SWINDLE et al., 1991; SAUNDERS & SAUNDERS, 1992; BACKMAN et al., 1992; SYDNEY, 1993; ZMENER & BALBACHAN, 1995; ESPOSITO & CUNNINGHAN, 1995; ISON et al., 1995; LUITEN et al., 1995; COLEMAN et al., 1996; BRAMANTE & BETTI, 1997; KHUN et al., 1997; GOLDBERG & ARAÚJO, 1997; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 1997; BISHOP & DUMMER, 1997; NAGY et al., 1997; COLEMAN & SVEC, 1997; LUMLEY, 1997; CORDEIRO et al., 1997; BERGER & SILVA JÚNIOR, 1998; MACHADO et al., 1998; BRAMANTE et al., 1998; BASRANI et al., 1998; PETTIETTE et al., 1999; PALLOTTA et al., 1999; CARVALHO et al., 1999; CAMPOS

& PASTORA, 1999; KOSA et al., 1999; SYDNEY et al., 2000; MACIAS et al., 2000; CONTRERAS et al., 2001; SYDNEY et al., 2001).

Consideração importante merece a anatomia dos canais radiculares, principalmente as curvaturas, que em virtude da deficiência da imagem radiográfica são visualizadas somente no plano mesio-distal, que não demonstram a totalidade, pois estas também estão presentes em percentual muito significativo no plano vestibulo-lingual (CUNNINGHAN & SENIA, 1992).

Nos dentes molares, desde o instante em que erupam na cavidade bucal, mudanças significativas na anatomia interna acontecem (PHILIPPAS, 1961), especialmente em nível cervical da câmara pulpar. Como consequência, a entrada dos canais radiculares assume uma posição tendendo a centralização na câmara pulpar (LEEB, 1983), dificultando o acesso e exploração aos canais mesiais dos molares inferiores e aos méso-vestibulares dos molares superiores (BATISTA & SYDNEY, 2000).

PHILIPPAS (1961) verificou que as forças oclusais incidentes sobre a superfície dos dentes e o fator idade do ser humano podem levar a alterações da anatomia interna. Isto é um fenômeno fisiológico, podendo ser acentuado quando agressões por tecido cariado, erosão, atrição, e abrasão, fizerem-se presentes, resultando na formação de dentina reacional na área afetada. Em ambas situações, as alterações anatômicas internas resultam em sérias dificuldades operatórias.

Em nenhum modelo de canal artificial é reproduzida a totalidade das alterações anatômicas, nem em diâmetro (BATISTA et al., 2002), nem as curvaturas em múltiplos planos (CUNNINGHAN & SENIA, 1992), mas somente a curvatura apical. Tais fatos foram decisivos em se optar por dentes naturais ao invés de canais artificiais, mesmo ciente de que variações na dureza da dentina estariam presentes.

A opção pelos canais méso-vestibulares dos molares superiores deu-se pelas dificuldades clínicas encontradas, quando de sua manipulação, principalmente em função da curvatura e do achatamento méso-distal. BERBERT & NISHIYAMA (1994) demonstraram que os canais mesiais dos molares inferiores assemelham-se aos mesiais dos molares superiores, possuindo curvaturas e posições de curvaturas semelhantes, podendo ambos ser utilizados, isoladamente ou em grupos mistos.

Determinar a intensidade das curvaturas radiculares, embora pareça simples, merece maior atenção. Esta tem sido quantificada comumente através da metodologia de SCHNEIDER (1971), embora WEINE (1982), HANKIS & ELDEEB (1996) e PRUET et al. (1997) tenham utilizado outros métodos. SCHNEIDER (1971), WEINE (1982) e HANKS & ELDEEB (1994) consideram apenas o ângulo de curvatura, mas com maneiras diferentes de determiná-los. A metodologia de PRUET et al. (1997), considera além do ângulo, o raio da curvatura, e julgam ser este o fator mais importante a ser analisado na determinação da curvatura do canal radicular.

Para a divisão dos dentes em grupos com características homogêneas, baseou-se na metodologia de PRUET et al. (1997), selecionando-os através do raio da curvatura. Para isto, uma reta é traçada passando pelo canal radicular em nível cervical, e outra pela área apical iniciando-se no ápice radicular. Acompanhando a primeira, determina-se o ponto de início da curvatura, repetindo-se o procedimento para o da área apical. A partir destes pontos uma perpendicular é traçada, determinando-se um ponto na parte interna da raiz, o qual denomina-se centro da curvatura. A distância deste ponto até os locais de início e final da curvatura chama-se raio da curvatura. Quanto menor o raio da curvatura, mais intensa é a curvatura e quanto maior o raio menor esta será.

Esta metodologia parecia ser adequada, pois ao se fazer opção pelo raio da curvatura, definiria-se melhores parâmetros para a seleção dos dentes. Porém, poucos casos permitiram adotar estes procedimentos, pois nem sempre os dois raios possuíam medidas iguais e, portanto, não caracterizaria que, o segmento de curva que o canal radicular apresenta, pudesse ser um segmento de circunferência, mas segmento de uma curva da família das cônicas, a qual pode ser um segmento de elipse, de parábola, de hipérbole ou de circunferência.

Como para cada figura geométrica existe uma maneira diferente de se obter dados que as caracterizem, fez-se, baseado na geometria analítica, o “ajuste analítico da curvatura” (método dos mínimos quadrados de GAUSS). Para isto, faz-se com que as medidas entre o ponto de intersecção da reta que passa pelo longo eixo do canal radicular e a reta que passa pela área apical até os locais de início das curvaturas sejam iguais (IRVINE, 1980).

Não se utilizou a metodologia do ângulo da curvatura pela possibilidade de um dente apresentar ângulo de curvatura igual para um caso que tenha raios de curvatura diferentes. Por exemplo, um dente que apresente ângulo de curvatura de 60°, pode ter raios de curvaturas diferentes, e assim, poderiam ser erroneamente classificados como similares.

A determinação das medidas das curvaturas radiculares foi realizada através dos recursos do programa Corel Draw 9.0, sendo facilitado por permitir selecionar as medidas com que se quer trabalhar (milímetros), e fazer ampliações (zoom) em percentuais elevados de determinadas áreas para melhor interpretação. Além do mais, ao se importar as imagens para a área de trabalho do programa, alinhá-las no centro da página e determinar um padrão de aumento, permitiu a homogeneização da coleta dos dados das amostras.

Uma vez os dados captados, utilizou-se o programa criado em linguagem Turbo Basic (ANEXO 1) para o cálculo das medidas que caracterizariam cada curvatura radicular, evitando-se o aparecimento de erro nos cálculos, caso fossem determinados manualmente.

Os resultados fornecidos pelo programa permitiam a obtenção de 4 medidas de cada curvatura radicular e seria muito difícil agrupar estas 4 grandezas de modo a se obter uma definição da curvatura. A opção pela utilização do raio de curvatura ao invés de outra medida, deu-se devido a esta ser a medida básica na caracterização de uma curvatura, sendo as outras (ângulo, comprimento do arco, comprimento da tangente apical) dele dependentes.

Nas técnicas de preparo, a utilização de conceitos contemporâneos ao invés dos tradicionais, fez-se por ser uma tendência da Endodontia. A interrelação entre os instrumentos e as paredes dos canais radiculares faz-se de maneira mais adequada quando este não fica sob tensão em grandes áreas do canal radicular, mas destinado ao preparo de pequenas porções num determinado momento (BATISTA & SYDNEY, 2000). O conjunto de procedimentos propostos por BATISTA & SYDNEY (2000) visam minimizar danos na área apical e obter uma qualidade de preparo condizente com os princípios de limpeza e modelagem (SCHILDER, 1974; PAIVA & ANTONIAZZI, 1988).

O sistema automatizado Endo-Gripper (FIG. 3, FIG. 4, FIG. 5) desenvolve cinemática de rotação alternada a direita e esquerda com amplitude de 45°, o que reproduz com muita proximidade os movimentos propostos por ROANE et al. (1985), DE DEUS (1992), e SIQUEIRA JÚNIOR (1997). Aliás, este movimento rotacional faz-se presente na fase de ampliação reversa e de parte do movimento para o preparo da área apical (BATISTA & SYDNEY, 2000).

A velocidade recomendada para o trabalho com sistemas de rotação alternada não é mencionada na literatura. Geralmente, ao adquirir o contra-ângulo, o profissional adapta-o no micromotor do equipamento, o qual deverá apresentar uma velocidade aproximada de 20.000rpm. Como o contra-ângulo é redutor, na proporção de 10:1, obtém-se uma oscilação de 2.000 ciclos. O fabricante recomenda uma velocidade máxima de 30.00rpm, mas torna-se difícil o estabelecimento deste valor, uma vez que algumas variáveis podem estar presentes nos equipamentos pneumáticos.

Optou-se por uma velocidade do micromotor de 15.000rpm (FIG. 4), obtendo-se uma oscilação final de 1.500 ciclos, sem variações, uma vez que o micromotor utilizado era elétrico. O quanto de eficiência pode-se conseguir com a variação da velocidade ainda carece de maiores investigações.

Uma vez que a técnica de preparo analisada adota cinemática de movimentos alternados a direita e esquerda, entendeu-se conveniente que as limas a serem utilizadas fossem as preconizadas por ROANE et al. (1985), e por SIQUEIRA JÚNIOR (1997), embora DE DEUS (1992) recomende limas tipo K.

As limas Flex-R (FIG. 5), de aço-inoxidável, com secção transversal triangular, são confeccionadas por usinagem, e apresentam como característica marcante o formato de sua ponta ter uma guia não cortante, seguido de uma aresta lateral planificada que permite ser inserida no interior do canal radicular, realizar os movimentos específicos, e manter-se mais centrada que quando do preparo com limas convencionais.

As limas Ônix-R (FIG. 6) apresentam-se com as mesmas características das limas Flex-R, somente alterando a liga metálica de sua fabricação, níquel-titânio. Esta liga, inicialmente com o nome NITINOL, apresenta duas propriedades

importantes, a superflexibilidade e o efeito memória de forma. Estas propriedades permitem que, uma vez o instrumento inserido no canal radicular, acompanhar as curvaturas, quer seja em único ou em vários planos. Devido a sua propriedade de superelasticidade, deformações permanentes visíveis como em uma lima com liga de aço-inox é menos freqüente.

Previamente as fases de alargamento reverso e preparo da área apical, fez-se o procedimento de acesso radicular. Este consistiu em se preparar o terço cervical, e eventualmente parte do terço médio, para diminuir as tensões das limas nas paredes dos canais radiculares, e assim, diminuir as possibilidades de danos irreversíveis.

A fase de acesso radicular, embora realizada num único momento, compreende duas etapas distintas, que é o preparo da entrada do canal radicular e o preparo do terço cervical. Necessita, porém, que previamente a esta fase, explore-se e esvazie-se todo o canal radicular manualmente com limas de pequeno calibre, conseguindo-se assim o mapeamento e conhecimento inicial da anatomia do canal radicular (PAIVA & ANTONIAZZI, 1988) e espaço lateral suficiente para a introdução de instrumentos rotatórios.

O fato que orientou a introdução das brocas de G.G. #1e #2 foi a posição que o cabo da lima #10 ou #15 assumiu na parte coronária dos dentes. Uma vez que, todos os dentes posteriores apresentam mineralizações cervicais (PHILIPPAS, 1961), fazendo com que a entrada dos canais radiculares mesiais dos molares assumam uma posição mais próxima do centro da câmara pulpar (LEEB, 1983), é natural que os primeiros instrumentos que são acomodados no interior dos canais radiculares demonstrem, através da posição do cabo, a curvatura radicular cervical.

Assim, a broca G.G. #1 foi introduzida orientada da superfície distal para mesial para fazer o preparo da entrada do canal radicular, e a broca G.G. #2 para fazer o preparo do terço cervical, a qual assumiu uma posição mais paralela à face mesial. Na sequência, adotou-se o procedimento proposto por MACHADO (1993) que consiste em retornar a broca G.G. #1 para melhorar a qualidade de preparo, agora do terço cervical, sempre com direcionamento anticurvatura. KESSLER (1983), MONTGOMERY (1985), LIM & STOCK (1987), e ISOM et al. (1995) verificaram que o desgaste da parede interna dos canais mesiais dos dentes molares após a utilização de brocas para realizar o preparo do terço cervical do canal radicular, embora com desgastes variados, não compromete a estrutura radicular.

Desta maneira, a curvatura radicular cervical é suavizada, facilitando o acesso e controle sobre a curvatura apical. ROANE et al. (1985) salientam a importância do desgaste compensatório em nível de entrada de canal radicular para aumentar o raio de curvatura, fazendo com que exista uma menor interação das forças restauradoras entre os instrumentos e as paredes dos canais radiculares.

Sob este aspecto, LEEB (1983) verificou existir diferenças entre a adaptação das limas nas paredes dos canais radiculares antes e após o preparo da entrada, sendo que antes do preparo cervical estas adaptavam-se no terço cervical, e após o preparo cervical, na área apical. SWINDLE et al. (1991) verificaram que não havia diferenças significativas na qualidade no preparo apical realizando-se o acesso radicular antes ou após o preparo da área apical, mas quando este era realizado após a exploração inicial do canal radicular, o preparo da região apical ficava muito facilitado por haver uma redução da resistência do instrumento na região cervical do canal radicular.

BATISTA et al. (2002) ao analisarem a anatomia dos canais radiculares dos dentes molares em níveis variados através de cortes transversais, verificaram que o diâmetro apresenta-se com variações, não existindo um aumento progressivo e uniforme entre o nível apical e cervical, como o encontrado nas limas entre D0 e D16. Isto faz com que todo instrumento que seja inserido no interior dos canais mesiais dos molares inferiores, ou nos canais vestibulares dos molares superiores apresente resistência à sua penetração. Assim, verifica-se que o acesso radicular é uma manobra necessária, e que deve ser realizado, preferencialmente, após a exploração inicial e esvaziamento dos canais radiculares.

O acesso radicular também foi fundamental para a determinação das curvaturas radiculares. Metodologias como a de SCHNEIDER (1971), WEINE (1982), BERBERT & NISHIYAMA (1994) consideram a curvatura radicular total, determinada através da radiografia de diagnóstico, ou uma realizada imediatamente após à introdução de uma lima de pequeno calibre no interior do canal radicular para determinação do comprimento de trabalho. Como na elaboração deste experimento efetuou-se a manobra de acesso radicular previamente ao preparo da área apical, achou-se conveniente que quantificasse a curvatura após este procedimento, o que refletiria com mais propriedade que a curvatura que os instrumentos deveriam vencer seria a apical.

O quanto alargar um canal radicular na área apical, ainda é motivo de divergências. WALTON & TORABINEJAD (1996) propõem como referência para o alargamento, a relação do calibre do instrumento de diâmetro anatômico seguido de mais três ou quatro números. Já MIZRACHI et al. (1975) sugerem que o alargamento deverá estar adequado quando, no desenvolver da instrumentação, começar a haver a presença de raspas de dentina clara aderida às espiras dos

instrumentos. KERESKES & TRONSTAD (1977) citam que a melhor referência é o conhecimento da anatomia do canal radicular. MELO & SYDNEY (1990) relatam que o alargamento do canal radicular não deverá apresentar-se como uma regra fixa, limitado ao calibre de um único instrumento, mas variar conforme a curvatura e o diâmetro do canal radicular. ABOU-RASS (1980) relata que o alargamento deverá ter como limitação a espessura mésio-distal das paredes radiculares, e WALTON (1976) cita que o alargamento deverá o suficiente para bem obturar.

Estes exemplos mostram a dificuldade em estabelecer um padrão de alargamento, mas sabe-se que quanto menor for, menor será a possibilidade de ocorrer desvio apical. Isto tem levado a limitação do alargamento apical a instrumentos de pequeno diâmetro, geralmente até o instrumento #25. Tal fato pode estar relacionado a adoção de técnica seriada e limas tipo K de aço inoxidável para o preparo de canais curvos, o que não permite um alargamento suficiente para promover limpeza e sanificação, obtendo-se como consequência, uma obturação pobre em qualidade.

No experimento, a máxima lima apical variou entre o #30 e #40, sendo predominante o instrumento #35. Isto foi possível por dois motivos: primeiramente por ter adotado o procedimento de acesso radicular, eliminando interferências em nível de entrada de canal e terço cervical, e por ter realizado a ampliação reversa. Assim, criou-se condição para que o calibre do primeiro instrumento que se acomodasse na área apical fosse similar ao calibre do último instrumento quando se adota técnica seriada para o preparo de canais curvos (#25). Aliado a isto, optou-se pela lima #35 como a MLA baseado nas observações de KERESKES & TRONSTAD (1977) que mostraram que canais instrumentados com limas #25 e #30

apresentaram-se deficientes na limpeza da porção apical de canais curvos de dentes molares.

BATISTA et al. (2002) verificaram que o diâmetro médio a 1mm aquém do vértice dental do canal méso-vestibular do molar superior foi de 21,50mm, sendo portanto, justificável que a média de calibre do primeiro instrumento que se adaptou no comprimento de trabalho no experimento fosse equivalente ao #24,07 (Grupo 1= 25,4; Grupo 2= 22,9; Grupo 3= 23,8 e Grupo 4= 24,2). MACHADO et al. (1998) verificaram em molares inferiores, que a média do calibre do primeiro instrumento que se acomodava no comprimento de trabalho quando da adoção de técnica de preparo cervico-apical fosse equivalente ao instrumento #25, e para as técnicas seriada e escalonada ápico-cervical fosse equivalente ao #15, confirmado pelos resultados obtidos por CONTRERAS et al. (2001).

Portanto, fica evidente que o alargamento da área apical deverá, na maioria dos casos, ser superior ao instrumento #25, não esquecendo-se que, variáveis como o grau de curvatura radicular (MELO & SYDNEY, 1990), o diâmetro do canal (MELO & SYDNEY, 1990; BATISTA et al. 2002) e a espessura méso-distal das paredes (ABOU-RASS, 1980; MELO & SYDNEY, 1990) também contribuem para o estabelecimento do correto alargamento.

Para a análise da qualidade do preparo do canal radicular, utilizou-se radiografias realizadas na plataforma radiográfica (FIG. 2) (SOUTHARD et al., 1987; CIMIS et al., 1988; CIUCCHI et al., 1990; MORAES et al., 1991; BACKMAN et al., 1992; ESPOSITO & CUNNINGHAM, 1995; BRAMANTE & BETTI, 1997; NAGY et al., 1997; BERGER & SILVA JÚNIOR, 1998; MACHADO et al., 1998; BRAMANTE et al., 1998; CORDERO et al., 1997; SYDNEY et al., 2000b), embora possa ser realizada por outros métodos, como cortes transversais após o preparo (VESSEY, 1969;

SCHNEIDER, 1971; KESSLER et al., 1983; MONTGOMERY, 1985; COLEMAN et al., 1996; LIM & STOCK, 1987; GOLDBERG & ARAÚJO, 1997, SIQUEIRA JÚNIOR et al., 1997, MACIAS et al., 2000), cortes transversais antes e após o preparo (CALHOUN & MONTGOMERY, 1988, ISON et al. 1995; KUHN et al., 1997; LUMLEY, 1997; CARVALHO et al., 1999; CAMPOS & PASTORA, 1999; KOSA et al., 1999), cortes longitudinais após o preparo (COFFAE & BRILLIANT, 1975; ZMENER & BALBACHAN, 1995), cortes para verificar a presença de remanescentes teciduais (COFFAE & BRILLIANT, 1975; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 1997), preenchimento com material de moldagem do canal radicular após o preparo (ABOU-RASS & JASTRAB, 1982; MORGAN & MONTGOMERY, 1984, SAUNDERS & SAUNDERS, 1992; BASRANI et al., 1998), preenchendo o canal radicular com corantes (LEEB, 1983), fotografias antes e depois de secções (POWEL et al., 1986; AL-OMARI et al., 1992b; SCHÄFER et al., 1995; BISHOP & DUMMER, 1997; COLEMAN & SVEC, 1997; DUMMER et al., 1998; SCHÄFER, 1996; LOYD et al., 1997), Microscopia Eletrônica de Varredura (CIUCCHI et al., 1990; ZMENER & BALBACHAN, 1995), e quanto a capacidade de corte (TEPEL et al., 1995; PALLOTTA et al., 1999).

O sistema da plataforma radiográfica permite padronização na angulação para todos os espécimes analisados e entre radiografias do mesmo espécime, verificando as diferenças de trajetória dos instrumentos endodônticos ao longo das paredes dos canais radiculares. Como em todos os espécimes diminuiu-se o grau de curvatura radicular cervical após o acesso radicular, a análise restringiu-se a *observação do desvio de trajetória dos instrumentos na área apical, a mais crítica e com as curvaturas mais difíceis de serem dominadas.*

A dupla exposição radiográfica em um mesmo filme (SEPIC et al., 1989; SWINDLE et al., 1991; SYDNEY et al., 1991; SYDNEY, 1993; LUITEN et al., 1995;

BASRANI et al. 1998) não compromete a qualidade das radiografias, e permite de uma maneira clara, evidenciar a efetividade ou não das limas e técnicas de preparo, sendo o controle positivo, o próprio dente.

A leitura dos resultados tornou-se simples, pois quando evidenciava-se sobreposição da lima #15 com a MLA (#30, #35 ou #40), significava que não houve desvio, e quando havia diferenças de posição entre a ponta destas, caracterizava a sua ocorrência, permitindo a sua quantificação.

6.2. Quanto aos resultados

Os resultados mostraram haver pequenas diferenças entre os grupos. Houve desvio apical apenas nos grupos em que se utilizou lima Flex-R, com desvios de 8,35° e 13,10° para o grupo 1 (Técnica manual – ANEXO 3), e de 19,89° e 29,39° para o grupo 3 (Técnica automatizada Endo-Gripper – ANEXO 5), estatisticamente não significativo ($p = 0,584$).

Os canais dos grupos 2 (Técnica manual – ANEXO 4) e grupo 4 (Técnica automatizada Endo-Gripper – ANEXO 6) preparados com limas Ônix-R não apresentaram desvio apical. Embora estatisticamente, sem diferenças significativas, os grupos preparados com limas Ônix-R apresentaram-se superiores em relação aos preparados com limas Flex-R.

Resultados similares foram encontrados por HECK (1997) cujo preparo apical foi realizado até o instrumento #35, e por BERGER & SILVA JÚNIOR (1998), quando o preparo apical foi até o instrumento #30, porém ambos sem a manobra de acesso radicular. ESPOSITO & CUNNINGHAM (1995) relataram superior efetividade

dos instrumentos NiTi sobre os de aço-inoxidável especialmente quando o preparo apical foi realizado acima do instrumento #30. ZMENER & BABACHAN (1995), ESPOSITO & CUNNINGHAM (1995), ROYAL & DONNELLY (1995), SAMYN et al. (1996), BRAMANTE & BETTI (1997), KHUN et al. (1997), BISHOP & DUMMER (1997), PETTIETTE et al. (1999), e CARVALHO et al. (1999) também constataram superioridade dos instrumentos NiTi com preparos mais cêntricos em relação aos de aço-inoxidável.

Nos canais do grupo 1 (técnica manual – lima Flex-R), ocorreu desvio apical, de pequena amplitude, somente em dois casos (16,7%), os quais foram de 13,10° em um canal com raio de curvatura de 5,62mm e de 8,35° em outra amostra com raio de curvatura de 8,53mm (ANEXO 3). Verifica-se que neste grupo, manteve-se a MLA constante a #35 para todos os espécimes, o que pode ter apresentado influência. Como o calibre da MLA não pode ser determinado exclusivamente pelo diâmetro inicial do canal radicular (BATISTA et al., 2002), mas sim variando conforme o grau de curvatura radicular (MELO & SYDNEY, 1990) e a espessura mésio-distal das paredes radiculares (ABOU-RASS, 1980), poderia ter mantido sem alteração caso optasse por MLA de calibre inferior ao utilizado.

STADLER et al. (1986) observaram que as complicações crescem com o aumento do grau de curvatura radicular. ESTRELA (1993), MORAES et al. (1991) e ESPOSITO & CUNNINGHAM (1995) verificaram que o desvio apical aumenta a medida em que se aumenta o calibre dos instrumentos, mas os resultados por eles encontrados foram com técnicas de imagem seriada, cujo preparo do terço apical realiza-se enquanto existe muita tensão entre o instrumento e as paredes dos canais radiculares nas fases iniciais do preparo, o que ocorria mesmo com instrumentos de pequeno calibre (#25).

Verifica-se, no experimento, que as manobras de acesso radicular e alargamento reverso com movimentos oscilatórios propiciaram menor tensão sobre os instrumentos, e que o calibre da primeira lima que se acomodou no comprimento de trabalho foram #20 e #25 para os casos em que houve desvio apical, evidenciando que a lima #35 não estaria fora de padrão de alargamento apical para tais espécimes, pois a pré-dentina deveria ser removida para se conseguir uma qualidade de limpeza condizente com a sanificação.

Os bons resultados encontrados confirmam a eficiência das limas com pontas inativas (POWEL et al., 1986; SABALA et al., 1988; POWEL et al., 1988; SEPIC et al., 1989; SAUNDERS & SAUNDERS, 1992; BACKMAN et al., 1992; AL-OMARI et al., 1992(a); AL-OMARI et al., 1992(b); SCHÄFER et al., 1995; BOU DAGHER & YARED, 1995; KHUN et al., 1997). Neste aspecto, MISERENDINO et al. 1985, SCHÄFER, 1996, COLEMAN et al. 1996, destacam a importância do conhecimento das características dos instrumentos de ponta ativa, os quais apresentam alta capacidade de corte, sendo em muitas vezes, maior que nas lâminas laterais, o que contribui para o aparecimento dos defeitos, especialmente, os oriundos da área apical. A ausência da aresta cortante na ponta das limas Flex-R (ROANE et al., 1985; CANALDA et al., 1995) e Ônix-R permite mantê-las centrada, sendo que sua eficácia é acentuada quando da utilização em movimentos rotacionais alternados a direita e esquerda.

Quanto às cinemáticas empregadas, LIM & STOCK (1987), CALHOUN & MONTGOMERY (1988), constataram superior qualidade em relação aos movimentos convencionais, e SYDNEY (1993) verificou que as limas Flex-R não apresentavam-se eficientes quando do emprego do movimento de limagem, necessitando de cinemática apropriada.

Embora originalmente destinada a ser trabalhada sem pré-curvaturas (ROANE et al., 1985), para o experimento utilizou limas Flex-R pré-curvadas, por acreditar que se acomodariam melhor às curvaturas radiculares. SOUTHARD et al. (1987) verificaram quando utilizou-se limas sem pré-curvatura associando instrumentos rotatórios para o preparo cervical, a posição original do canal radicular em nível apical foi mantida sem alteração em 80% dos casos quando da utilização até a lima #40. BACKMAN et al. (1992) verificaram que a possibilidade de desvio apical com limas sem corte na ponta, associadas a movimentos de força balanceada produz menores desvios quando comparada com diâmetros similares com outros tipos de cinemáticas.

Nos canais dos grupos 1 (Técnica manual – lima Flex-R – ANEXO 3) e grupo 3 (Técnica automatizada Endo-Gripper – lima Flex-R – ANEXO 5), a cinemática para o preparo da área apical variou, sendo que alargamento foi utilizado somente quando a lima estava ajustada ao diâmetro do canal radicular no comprimento de trabalho, utilizando movimentos rotacionais até o instante em que se tornasse livre de tensões. Após estas manobras, instituía-se movimentos de limagem em viés de pequena amplitude, sem contudo, trabalhar com esta cinemática no milímetro apical final. Isto faz com que, ao associar estes movimentos para diferentes áreas do canal radicular, obtenha-se a máxima eficácia no preparo. STADLER et al. (1986) citam que as complicações podem ser diminuídas se houver na área apical ação de alargamento, e limagem para o preparo do corpo do canal. Assim, nos locais em que o canal radicular apresenta-se com características mais circulares, a utilização do movimento de alargamento alternado a direita e esquerda faz-se eficiente (VESSEY, 1969; SCHNEIDER, 1971). Um pouco distante do comprimento de trabalho, o canal radicular não apresenta mais características

circulares, mas sim elíptico, e por isto foi realizado o movimento de limagem (VESSEY, 1969; SCHNEIDER, 1971) em viés, para tentar tocar todas as paredes dos canais radiculares, e fazer do canal cirúrgico, o anatômico ampliado (PAIVA & ANTONIAZZI, 1988).

Acredita-se que não tenha sido a pré-curvatura das limas o fator responsável pelo desvio ocorrido em dois elementos nos canais do grupo 1 e grupo 3. SOUTHARD et al. (1987) citam que os principais fatores que podem afetar os defeitos no preparo são o raio de curvatura e a dureza da dentina, e ELDEEB & BORAAS (1985) mencionam que as deformações apicais ocorrem, especialmente, quando da passagem do instrumento #30 para o #35, enquanto BASRANI et al. (1998) constataram esta tendência na passagem dos instrumentos #35 para o #40. Assim verifica-se que deveria ter sido limitado o alargamento apical, e o instrumento #35 poderia ter sido evitado, permanecendo o #30 como o de máximo alargamento. MELO & SYDNEY (1990) recomendam que em canais com curvaturas acentuadas o alargamento deva ser realizado com mais cautela, e recomendam a utilização de dois instrumentos de cada número entre os calibres #10 e #25 para que o alargamento não ocorra através do aumento do calibre dos instrumentos, mas com a utilização de maior tempo com instrumentos de pequeno calibre.

Mesmo com a utilização de conceitos contemporâneos para o preparo dos canais radiculares (acesso radicular, alargamento reverso, cinemática de força balanceada) um canal totalmente sem defeitos é difícil de ser conseguido (MARROQUIN et al., 1996; KHUN et al., 1997; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 1997), principalmente quando apresentam-se com curvaturas acentuadas. Mas pequenos defeitos encontrados em experimentos "*in vitro*", podem não apresentar influência

clínica significativa que venha a comprometer o sucesso do tratamento endodôntico a longo prazo (KUHN et al., 1997).

A tentativa de introduzir a automação para a realização da fase de preparo do canal radicular passou por fases diversas. Os aparelhos pioneiros na Endodontia foram o Giromatic, EndoAngle, Endofilt e Dynatrak que apresentavam rotação alternada isoladamente ou com movimento longitudinal associado, e para sua utilização deveria-se utilizar limas especiais. Apresentavam rapidez de preparo, mas a qualidade da modelagem era inferior ao do preparo manual (O'CONNEL & BRAYTON, 1975; TUREK & LANGELAND, 1982; LEHMAN & GERSTEIN, 1982; ABOU-RASS & JASTRAB, 1982), fazendo com que entrasse em desuso.

A introdução de cinemática de força balanceada juntamente com limas de ponta inativa Flex-R (ROANE et al., 1985) causou importantes mudanças nos conceitos vigentes na Endodontia, onde a cinemática passou a ser não mais baseada nos movimentos clássicos de limagem, mas no balanceio de forças desenvolvidas pelo giro alternado a direita e esquerda dos instrumentos dentro dos canais radiculares. Nos movimentos clássicos de limagem não se admitia realizar rotação de limas dentro dos canais radiculares por apresentar potencial de confeccionar sérios defeitos no preparo (PAIVA & ANTONIAZZI, 1988), que é a base da cinemática de força balanceada.

Devido aos bons resultados dos trabalhos utilizando esta cinemática sobre os movimentos clássicos de limagem (STADLER, 1986; SOUTHARD et al., 1987; SABALA et al., 1988; CIUCCHI et al., 1990; BACKMAN et al., 1992; HANKS & ELDEEB, 1996), os contra-ângulos com cinemáticas de rotação alternada foram reintroduzidos no mercado, agora para serem utilizados com limas mais apropriadas.

Inicialmente a Kerr lançou o contra-ângulo *Safety* M4 que apresenta amplitude de rotação limitada em 30°, possuindo uma cabeça com sistema de pinça acionada por “*push-botton*” que permite acoplar o cabo de diferentes tipos de limas. Proposto para ser trabalhado com limas *Safety* Hedström, similares às limas Hedström convencionais, apresenta um lado facetado para diminuição da capacidade de corte, que deve ser orientada para o lado interno da curvatura radicular.

LUMLEY (1997) não encontrou diferenças estatisticamente significativas entre as limas Hedström convencionais e as *Safety* Hedström quanto à capacidade de remoção de dentina na parede interna. BRAMANTE et al. (1998) verificaram que ambas as limas retificaram o canal radicular, sendo que as Hedström removeram menos dentina na parte interna da curvatura e as *Safety* Hedström promoveram mais desvio apical. Verificou-se que o lado facetado, mesmo sendo orientado para o lado contra a curvatura, apresentava potencial de corte (LUMLEY, 1997; CORDERO et al., 1997; LLOYD et al., 1997). Isto ocorre porque o facetamento não é homogêneo ao longo de toda a parte ativa, sendo mais acentuado em D16 que em D0 (LUMLEY, 1997), o que apresenta potencial de corte, próximo da ponta, semelhante às limas Hedström convencionais. Como necessita direcionar a ação da lima contra a curvatura através do movimento de entrada e saída, as espiras próximas da ponta tendem a tocar diversas das paredes dos canais radiculares, promovendo corte em áreas indesejáveis. Além do mais, devido ao facetamento de um dos lados da parte ativa da lima, esta fica com menor espessura de metal, favorecendo a fragilidade e o índice de fraturas com instrumentos de pequeno calibre (CORDERO et al., 1997; BRAMANTE et al., 1998; MACIAS et al., 2000).

A constatação da ineficácia das limas *Safety Hedström* no sistema M4 (CORDERO et al., 1997; LLOYD et al., 1997; MACIAS et al., 2000), e a verificação de ARROYO et al. (1998) de que qualquer tipo de lima possa ser acoplado a estes contra-ângulos, sugere-se que as limas *Flex-R* por apresentarem ponta inativa e indicação de utilização com cinemática em técnica manual com movimentos rotacionais a direita e esquerda, possam ser adequadas para uso em sistemas automatizados de rotação alternada.

CAMPOS & PASTORA (1999) quando utilizaram o sistema M4, encontraram defeitos no preparo com o uso de lima tipo K #25, havendo desgaste significativo na parede voltada para a área da furca em nível cervical, e apicalmente para o lado da curvatura. Aliás, limas do tipo K por apresentar ponta ativa apresentam capacidade de corte no extremo apical (MISERENDINO et al., 1985), sendo potencialmente danosa no aparecimento de defeitos, independente de como é utilizada.

Quanto à utilização dos sistemas automatizados, FRANK (1967) ressaltava que o *Giromatic* não deveria ser utilizado como única ferramenta para o preparo do canal radicular, embora WEISZ (1985) tenha utilizado isoladamente com excelentes resultados. Com a nova concepção dos contra-ângulos de rotação alternada, poderia-se supor que estes substituiriam a fase manual de preparo do canal radicular. Contudo, ABOU-RASS & ELLIS (1996) utilizando o sistema M4, obtiveram melhores resultados na qualidade do preparo quando este era associado ao preparo manual. Constataram que a utilização isolada promovia uma série de defeitos. SYDNEY et al. (2000a) corroboram com estes resultados e sugerem, inicialmente, explorar o canal radicular com instrumentos de pequeno calibre, e realizar o acesso radicular para então utilizar o contra-ângulo de rotação alternada

para o preparo do canal radicular, recapitulando-se manualmente com os últimos instrumentos.

Contra-ângulo similar foi lançado pela Moyco-Union Broach denominado de Endo-Gripper, apresentando amplitude de oscilação em 45°. Destina-se, assim como o sistema M4, a auxiliar o preparo do canal radicular.

Nos canais do grupo 3 em que utilizou-se este sistema, houve, assim como no da técnica manual (grupo 1), dois desvios em doze amostras (16,7%). Embora o número de amostras com desvio tenha sido igual ao da técnica manual com lima Flex-R, o grau de desvio foi mais acentuado, um desvio de 28,39° em dente com raio de curvatura de 4,85mm e outro com desvio de 19,89° em canal com raio de curvatura de 6,04mm. Todas as fases foram iguais ao grupo 1 (técnica manual), diferenciando somente que as limas foram acionadas mecanicamente.

A Kavo também possui um contra-ângulo com sistema de rotação alternada com amplitude de oscilação em 45°. Inicialmente composta da associação entre o contra-ângulo 3624 com a cabeça 3LD, foi substituída posteriormente por peça em monobloco denominada Duratec, ambas com idêntica cinemática. A Kavo divulga que a oscilação é de 90°, mas isto é o conjunto total a direita somado ao movimento a esquerda, mas a oscilação real é de 45°. Avaliando o sistema da Kavo com o preparo manual, SYDNEY et al. (2000b) encontraram menos desvio apical com este sistema de rotação alternada, apresentando índice de desvio apical de 13,3% e 26,6% respectivamente.

Devido a existência destes sistemas com diferentes graus de oscilação, poderia-se conjecturar das possibilidades de um sistema ser mais efetivo que outro. SYDNEY et al. (2001), avaliando os sistemas M4 (30°), Endo-Gripper (45°) e Kavo

(45°), constataram não haver diferenças no índice de desvio apical entre estes diferentes sistemas.

A velocidade estipulada no micromotor, 15.000rpm, permitiu uma oscilação transmitida na cabeça do contra-ângulo de 1.500 ciclos por minuto, muito superior ao que se consegue manualmente. Isto poderia ser traduzido em maior rapidez no preparo, pois é impossível, manualmente, a reprodução de um número de ciclos por minuto de tal magnitude. No experimento isto não ocorreu, pois observou-se que o tempo de preparo foi superior ao manual (Mediana de 7'29" e 6'19"). Tal fato pode ter uma relação entre a amplitude de oscilação do sistema automatizado Endo-Gripper que é de 45° com a secção transversal das limas e a cinemática empregada.

Uma vez que as limas são de secção transversal triangular e a cinemática utilizada é baseada em movimentos rotacionais a direita e esquerda, para que as três bordas cortantes das limas toquem, no mínimo, uma vez toda a parede do canal radicular (360°), necessitaria de um giro de 120°. No sistema Endo-Gripper a oscilação de 45° não seria suficiente para que as três bordas cortantes das limas atuassem com efetividade, e conseqüentemente, a fase de alargamento necessitaria de maior tempo para ser realizada. Outro fator que pode ter corroborado para o aumento do tempo de preparo está relacionado ao tempo necessário para a troca dos instrumentos, desacopando e acopando-os à cabeça do contra-ângulo.

Graduar a amplitude rotacional no preparo manual é difícil. ROANE et al. (1985) determinaram que, a cinemática com limas de secção triangular, alternasse movimentos a direita de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{8}$ de volta para que as espiras do instrumento encravasse na dentina e avançasse no interior do canal radicular, e o movimento a esquerda de $\frac{1}{2}$ volta, sem permitir que o mesmo retrocedesse, para que ocorra o

corte. SIQUEIRA JÚNIOR (1997) propõe cinemática semelhante, somente que com limas de liga de níquel-titânio. Já DE DEUS (1992) propõe que ao se utilizar limas de secção quadrangular, a amplitude seja diminuída para $\frac{1}{4}$ de volta a direita e esquerda, pois ângulo de corte de 90° permitiria que as limas necessitassem de menor amplitude para tocar todas as paredes.

Embora esta análise seja verdadeira, clinicamente varia entre diferentes operadores. Quanto maior a amplitude de movimentação do instrumento a direita, maior será a chance deste encravar de maneira acentuada na dentina, e quando do movimento inverso à esquerda, ocorrer fratura. Aliado a isto, a força desenvolvida manualmente para a direita e esquerda pode ser exacerbada, superior ao limite de resistência dos instrumentos e ocorrer fratura. ROANE & SABALA (1984) e SETO et al. (1990) verificaram, com limas torcidas e usinadas, respectivamente, que a probabilidade de fratura, quando submetidos a torção, é maior no movimento horário, e menor no anti-horário. Como isto é mais provável em instrumentos usinados que nos torcidos (SETO et al., 1990), e maior nos de NiTi que nos de aço-inoxidável (TEPEL et al., 1997), sugere-se que instrumentos usinados devam ser utilizados com cautela ao rotacioná-lo para não ocorrer fratura.

ROWAN et al. (1996) constataram que instrumentos de NiTi são mais suscetíveis à fratura que os de aço inox quando rotacionados no sentido horário. Como o movimento horário é o realizado para que o instrumento avance no interior do canal radicular, quanto maior a rotação realizada, mais suscetível a fratura será. Isto pôde ser observado nos canais do grupo 2 (Técnica manual – lima Ônix-R), em que houveram dois casos de fratura de limas Ônix-R (#30). Além disso, instrumentos usinados apresentam menores deformações visíveis antes de fraturar-se, o que representa uma dificuldade clínica (SETO et al., 1990; CAMPS & PERTOT, 1995(a)),

pois o profissional fica impossibilitado de fazer uma análise visual dos defeitos nas espiras dos instrumentos, e estabelecer qual o momento de substituí-lo.

O sistema Endo-Gripper, por apresentar tanto a amplitude de movimentação (45°), quanto o torque (redução 10:1) limitado e constante, apresenta segurança na sua utilização, pois constatou-se que em nenhum caso houve fratura de instrumentos, tanto para o grupo em que se utilizou lima Flex-R como no da Ônix-R.

Atribui-se aos sistemas automatizados a vantagem de realizarem o preparo do canal radicular mais rápido que o manual (CORDERO et al., 1997; ARROYO et al., 1998). Deste modo, esperavasse que nos grupos nos quais o sistema Endo-Gripper foi utilizado, o tempo de preparo fosse inferior ao do preparo manual, o que não ocorreu, pois nos canais do grupo 1 (Técnica Manual – Flex-R – 6'19") e nos canais do grupo 2 (Técnica Manual – Ônix-R – 6'15"), o tempo foi inferior aos dos canais do grupo 3 (Endo-Gripper – Flex-R – 7'29") e do grupo 4 (Endo-Gripper – Ônix-R – 7'19"), embora sem diferenças estatísticas significantes. KOSA et al. (1999), analisando o tempo de preparo com o sistema Endo-Gripper utilizando limas Flex-R e M4 com limas *Safety* Hedström, verificaram que o Endo-Gripper apresentou tempo de preparo inferior ao sistema M4.

Acorde os resultados de TEPEL et al. (1995), PALLOTTA et al. (1999) e COLEMAN & SVEC (1997), mostrando que limas de NiTi apresentam capacidade de corte inferior às limas de aço-inoxidável, esperavasse que os canais dos grupos em que essas foram utilizadas, resultassem em tempo de preparo superiores às limas Flex-R. Nos grupos 1 (Técnica Manual – Flex-R – 6'19") e 3 (Endo-Gripper – Flex-R – 7'09"), os tempos de preparo não apresentaram diferenças estatísticas

significantes com os grupos 2 (Técnica Manual – Ônix-R – 6'15") e 4 (Endo-Gripper – Ônix-R – 7'29") respectivamente.

6.3. Considerações finais

Observou-se que os instrumentos NiTi apresentaram os melhores resultados, independente da maneira que foram utilizados, manual ou mecanicamente. Isto demonstra a capacidade de se acomodar às curvaturas radiculares e a efetividade em se trabalhar com movimentos rotacionais alternados.

Face a estes resultados, recomenda-se que, quando se estiver tratando um dente, com canal de curvatura acentuada, prepare-o com limas de NiTi ao invés de aço-inoxidável. Não justificaria a utilização de limas de NiTi em canais com pouca curvatura, pois apresentam custo superior em relação as limas de aço-inoxidável entre 2 a 3 vezes.

Em função de não haver fratura de nenhum tipo de instrumento nos canais dos grupos onde utilizou-se o sistema automatizado, sugere-se estudos futuros para verificar qual o número de vezes em que um instrumento de aço inoxidável e de NiTi suportam dentro destes sistemas até o instante de ocorrer fratura, sem haver comprometimento do rendimento de preparo.

Algumas das limitações de semelhantes sistemas relatadas no passado foram devido a pouca qualidade dos instrumentos existentes para serem utilizados. A perda da sensibilidade tátil e a pouca qualidade em relação ao preparo manual, apontadas como críticos, podem ser superadas se forem utilizados conceitos

contemporâneos e treinamento, caso contrário, até mesmo a instrumentação manual pode ser vista como deficiente.

Os bons resultados obtidos neste experimento com o sistema automatizado de rotação alternada, podem encorajar num curto período de tempo, a recomendação, como rotina, nas escolas de graduação e de pós-graduação, destes sistemas como os de eleição, para fazer a introdução na transição entre a instrumentação manual e a automatizada, visto ser sua cinemática baseada nos mesmos princípios que regem o preparo manual.

7. CONCLUSÕES

Face aos resultados obtidos acorde as condições da realização deste experimento, é lícito concluir que:

1. Ambas as técnicas, manual e automatizada com rotação alternada Endo-Gripper mostraram-se eficientes para o preparo do canal radicular.
2. Embora tenha sido constatado desvio apical apenas nas técnicas que utilizaram limas Flex-R, estatisticamente, não houve diferenças significativas.
3. Quando avaliou-se os calibres dos instrumentos que adaptaram-se no comprimento de trabalho após a manobra de alargamento reverso, comparando-se técnicas e instrumentos, houve predominância do instrumento #25, sem contudo haver diferenças estatísticas significativas.
4. A técnica manual dispendeu menor tempo de preparo em relação à técnica automatizada com rotação alternada Endo-Gripper, indiferentemente do tipo de instrumento utilizado, entretanto, não havia diferenças estatísticas significativas.
5. Fratura de instrumentos ocorreu apenas na técnica manual com limas Ônix-R, embora, estatisticamente, sem diferenças significativas.

ABSTRACT

SHAPING ABILITY OF ROOT CANAL PREPARATION PERFORMED MANUALLY AND WITH A RECIPROCATING HANDPIECE USING DIFFERENT INSTRUMENTS

The aim of this study was to evaluate the shaping ability of root canal preparation performed manually and with a reciprocating handpiece. Forty eight human curved mesio bucal root canals of upper molars were divided in four groups according the radius of curvature. The teeth of group 1 and 2 were prepared using a manual technique with Flex-R files and Onix-R files; group 3 and 4 with a reciprocating handpiece (Endo-Gripper/Moyco Union Broach) was employed using the Flex-R files and Onix-R files in the same way. All teeth were prepared using a crown-down technique. The Platform Radiographic method was used with a double-exposing X-ray in the same film getting view of the first file and the master apical file. The assessment of canal preparation was analyzed, and the apical transportation, the first file that fits at the working length, preparation time and separated instruments determined. Under the conditions of this study, apical transportation didn't occur on the group where of Onix-R, independent of using manual or reciprocating handpiece technique. When Flex-R files were selected, apical transportation was present in two teeth of the groups 1 and 3, but not statistically difference was detected; analyzing the first file that fits at the working length after flaring, can be certify that there was a predominance of the instrument #25 (58,3%, 58,4%, 58,3% and 66,7% respectively for the groups 1,2,3 and 4). There was not statistically significance difference between the groups when the preparation time was analyzed, although it was shorter when the

manual technique was used independent the type of the instruments; separated instruments occurred only in two teeth using Onix-R files manually, but there was not statistically significant difference.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ¹

1. ABOU-RASS, M.; ELLIS, M. A. comparison of three methods of hand and automated instrumentation using the CFS and M4 for preparations of curved and narrow simulated root canals. **Braz Endod J**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 25-33, 1996.
2. ABOU-RASS, M.; FRANK, A. L.; GLICK, D. H. The anticurvature filling method to prepare the curved root canal. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v. 101, p. 792-794, Nov, 1980.
3. ABOU-RASS, M.; JASTRAB, R. J. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. **J Endod**, Chicago, v. 8, n. 2, p. 78-82, Feb. 1982.
4. AL-OMARI, M. A. O.; DUMMER, P. M. H.; NEWCOMBE, R. G. (a). Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 1. **Int Endod J**, London, v. 25, p. 57-66, 1992.
5. AL-OMARI, M. A. O.; DUMMER, P. M. H.; NEWCOMBE, R. G.; et al. (b) Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 2. **Int Endod J**, London, v. 25, p. 67-81, 1992.
6. ARROYO, M. A.; ARROGUÍA, J. J. H.; BARBERO, E. G. Ayudas en la instrumentación: La pieza de mano *Safety* – M4. **Endodoncia**, Madrid, v. 16, n. 1, p.38-43, Enero-Marzo, 1998.
7. BACKMAN, C. A.; OSWALD, R. J.; PITTS, D. L. A radiographic comparison of two root canal instrumentation techniques. **J Endod**, Chicago, v. 18, n. 1, p. 19-24, Jan, 1992.

¹ De acordo com a NBR 6023: Referências Bibliográficas de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnica – ABNT. Abreviatura dos títulos de periódicos em conformidade com a base de dados Medline.

8. BASRANI, B.; REVAH, S.; ROBINSON, C. Efecto de los instrumentos flexibles en la preparación quirúrgica de los conductos radiculares curvos. **Endodoncia**, Madrid, v. 16, n. 2, p. 72-80, Abr/Jun, 1998.
9. BATISTA, A.; MATTOS, N. H. R.; SYDNEY, G. B.; et al. The clinical anatomic diameter in molars "*in vitro*". **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, 2002 (In press).
10. BATISTA, A.; SYDNEY, G. S. Preparo do canal radicular curvo. **J B E**, Curitiba, v. 1., n. 1, p. 43-51, 2000.
11. BERBERT, A.; NISHIYAMA, C. K. Curvaturas radiculares. **R G O**, Porto Alegre, v. 42, n. 06, p. 356-358, Nov/Dez, 1994.
12. BERGER, C. R.; SILVA JÚNIOR, J. A. Técnica da força balanceada: manutenção da curvatura empregando limas de aço-inox e de níquel-titânio. **Rev Ass Bras Odontol Nac**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 6, p. 371-374, Dez/Jan, 1998.
13. BISHOP, K.; DUMMER, P. M. H. A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium Nitiflex files during the shaping of simulated canals. **Int Endodon J**, London, v. 30, p. 25-34, 1997.
14. BOU DAGHER, F. E.; YARED, G. M. Comparison of three files to prepare curved root canals. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 5, p. 264-265, May, 1995.
15. BRAMANTE, C. M.; BERBERT, A.; BORGES, R. P. A methodology for avaluation of root canal instrumenation. **J Endod**, Chicago, v. 13, n. 5, p. 243-254, May, 1987.
16. BRAMANTE, C. M.; BETTI, L. V. Análise comparativa do preparo de canais curvos usando instrumentos de níquel-titânio e convencionais quanto a manutenção da curvatura original. **Rev Bras Odontol**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 2, p. 80-83, 1997.

17. BRAMANTE, C. M.; MORO, R. E. C.; BERBERT, A.; et al. Avaliação das limas *Safety Hedström* no preparo de canais curvos. **Rev Bras Odontol**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 6, p. 306-308, 1998.
18. CALHOUN, G.; MONTGOMERY, S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. **J Endod**, Chicago, v. 14, n. 6, p. 273-277, Jun, 1988.
19. CAMPOS, H. F.; PASTORA, J. V. Digitalización, análisis y procesamiento de imágenes dentales de la preparación de los conductos, efectuada con el sistema mecánico M-4 (Kerr). **Endodoncia**, Madrid, v. 17, n. 1, p. 25-34, Enero-Marzo, 1999.
20. CAMPS, J. J.; PERTOT, W. J. (a). Torsional and stiffness of nickel-titanium K files. **Int Endod J**, London, v. 28, p. 239-243, 1995.
21. CAMPS, J. J.; PERTOT, W. J. (b). Machining efficiency of nickel-titanium K-type files in a linear motion. **Int Endod J**, London, v. 28, p. 279-284, 1995.
22. CAMPS, J. J.; PERTOT, W. J. (c). Relationship between file size and stiffness of nickel-titanium instruments. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v. 11, p. 270-273, 1995.
23. CANALDA, C.; BERÁSTEGUI, E.; ARROYO, S.; et al. Estudio morfológico del extremo apical inactivo de diversas limas mediante microscopia electrónica de barrido. **Endodoncia**, Madrid, v. 13, n. 2, p. 68-73, Abril/Junio, 1995.
24. CARVALHO, L. A. P.; BONETTI, I.; BORGES, M. A. G. A. comparison of molar root canal preparation using stainless steel and niquel titanium instruments. **J Endod**, Chicago, v. 25, n. 12, p. 807-810, Dec. 1999.
25. CIMIS, G. M.; BOYER, T. J.; PELLEU JR, G. B. Effect of three file types on the apical preparations of moderately curved canals. **J Endod**, Chicago, v. 14, n. 9, p. 441-444, Sep, 1988.

26. CIUCCHI, B.; CERGNEUX, M.; HOLTZ, J. Comparison of curved canal shape using filing and rotational instrumentation techniques. **Int Endod J**, London, v. 23, n. 3, p. 139-147, May, 1990.
26. CLEM, W. H. The adolescent patient. **Dent Clin North Am**, v. 13, n. 2, p. 483-93, 1969.
27. COFFAE, K. P.; BRILLIANT, J. D. The effect of serial preparation versus nonserial preparation on tissue removal in the root canals of extracted mandibular human molars. **J Endod**, Chicago, v. 1, n. 6, p. 211-214, June, 1975.
28. CONTRERAS, M. A. L.; ZINMAN, E. H.; KAPLAN, S. K. Comparison of the first file that fits at the apex, before and after early flaring. **J Endod**, Chicago, v. 27, n. 2, p. 113-116, Feb, 2001.
29. COLEMAN, C. L.; SVEC, T. A.; RIEGER, M. R.; et al. Analysis of niquel-titanium versus stainless steel instrumentation by means of direct digital imaging. **J Endod**, Chicago, v.22, n. 11, p. 603-607, Nov. 1996.
30. COLEMAN, C. L.; SVEC, T. A. Analysis of NiTi versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 4, p. 232-235, Apr, 1997.
31. CORDERO, E. G. O.; LÓPEZ, J. G. ARROYO, M. A.; et al. Deformación del conducto radicular tras la instrumentación con limas K-flexofile y *Safety Hedström* utilizando la pieza de mano *Safety M-4*. **Endodoncia**, Madrid, v. 15, n. 4, p. 192-201, Octubre/Diciembre, 1997.
32. CUNNINGHAM, C. J. & SENIA, S. E. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. **J Endod**, Chicago, v. 18, n. 6, p. 294-300, 1992.
33. DE DEUS, Q. D. **ENDODONTIA**. 5ª ed., 1992, Medsi, Rio de Janeiro, 695p.

34. DUMMER, P. M. H.; AL-OMARI, M. A. O.; BRYANT, S. Comparison of the performance of four files with rounded tips during shaping of simulated root canals. **J Endod**, Chicago, v. 24, n. 5, p. 364-371, May, 1998.
35. ELDEEB, M. E.; BORAAS, J. C. The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. **Int Endod J**, London, v. 18, p. 01-07, 1985.
36. ESPOSITO, P. T.; CUNNINGHAM, C. J. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 4, p. 173-176, Apr, 1995.
37. ESTRELA, C. FIQUEIREDO, J. A. P.; PESCE, H. F. Avaliação da ocorrência de desvio apical, tendo como fonte de variação o instrumento memória quando do emprego de técnicas escalonadas. **Rev Bras Odont**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 4, p. 3-6, Jul-Ago, 1993.
38. FIGUEIREDO, J. A. P. **Análise comparativa da formação do “zip” apical em canais curvos e atresiadados produzido “in vitro” por duas técnicas de instrumentação**. Pelotas, 1990. 40 p. Dissertação (Mestrado em Endodontia) - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas.
39. FRANK, A. L. An evaluation of the Giromatic endodontic handpiece. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, St Louis, v. 24, n. 3, p. 419-421, Sept. 1967.
40. GLANTZ, S. A. **Primer of biostatistics**. Version 4.0, 1997, Fourth Edition, New York, McGraw Hill, 473p.
41. GOERING, A. C.; MICHELICH, R. J.; SCHULTZ, H. H. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. **J Endod**, Chicago, v. 8, n. 12, p. 550-554, Dec. 1982.

42. GOLDBERG, F.; ARAÚJO, J. A. Comparison of three instruments in the preparation of curved root canals. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v. 13, n. 6, p. 265-268, Dec. 1997.
43. HANKINS, P. J.; ELDEEB, M. E. An evaluation of the Canal Master, Balanced Force, and Step-Back techniques. **J Endod**, Chicago, v. 22, n. 3, p. 123-130, Mar. 1996.
44. HECK, A. R. **Avaliação radiográfica do desvio apical do canal radicular após instrumentação manual com limas Flexofile, Flex-R e Ônix-R e o Sistema Mecânico-Rotatório Profile**. Bauru, 1997. 129p. Dissertação (Mestrado em Endodontia) – Faculdade de Odontologia de Bauru – SP.
47. IRVINE, W. **Surveying for Construction**. 2nd ed. McGraw-Hill, London, 1980, p. 193-208.
48. ISOM, T. L.; MARSHALL, J. G.; BAUMGARTNER, J. C. Evaluation of root thickness in curved canals after flaring. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 7, p. 368-371, Jul. 1995.
49. JUNGSMANN, C. L.; UCHIN, R. A.; BUCHER, J. F. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. **J Endod**, Chicago, v. 1, n. 2, p. 66-69, Feb. 1975.
50. KEREKES, K.; TRONSTAD, L. Morpholetric observations on the root canals of human molars. **J Endod**, Chicago, v. 3, n. 3, p. 114-118, Mar. 1977.
51. KESSLER, J. R.; PETERS, D. D.; LORTON, L. Comparison of the relative risk of molar root perforations using various endodontic instrumentation techniques. **J Endod**, Chicago, v. 9, n. 10, p. 439-447, Oct. 1983.
52. KOSA, D. A.; MERSHALL, G.; BAUMGARTNER, J. G. An analysis of canal antering using mechanical instrumentation techniques. **J Endod**, Chicago, v. 25, n. 6, p. 441-5, Jun. 1999.

53. KUHN, W. G.; CARNES, D. L.; CLEMENT, D. J.; et al. Effect of tip design of nickel-titanium and stainless steel files on root canal preparation. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 12, p. 735-738, Dec. 1997.
54. LEEB, J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. **J Endod**, Chicago, v. 9, n. 11, p. 463-470, Nov. 1983.
55. LEHMAN, J. W.; GERSTEIN, H. An evaluation of a new mechanized endodontic device: The Endolift. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, St Louis, v. 53, n. 4, p. 417-424, Apr. 1982.
56. LIM, S. S.; STOCK, C. J. R. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the step back technique. **Int Endod J**, London, v. 20, n. 1, p. 33-39, Jan. 1987.
57. LLOYD, A.; JAUNBERZINS, A.; DHOPATKAR, S.; et al. Shaping ability of the M4 handpiece and *Safety* Hedström Files in simulated root canals. **Int Endod J**, London, v. 30, p. 16-24, 1997.
58. LUITEN, D. J.; MORGAN, L. A.; BAUMGARTNER, J. C.; et al. A comparison of four instrumentation techniques on apical transportation. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 1, p. 26-32, Jan. 1995.
59. LUMLEY, P. J. A comparison of dentine removal using *Safety* or conventional Hedström files. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v. 13, p. 65-68, 1997.
60. MACHADO, M. E. L. **Análise morfométrica comparativa, à luz da computadorização e em canais artificiais, de duas técnicas propostas para o preparo de canais radiculares curvos.** São Paulo, 1993. 119 p. Tese (Doutorado em Endodontia) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

61. MACHADO, M. E. L.; MACHADO, M. L. B. B. L.; ANTONIAZZI, J. H. Eficácia da técnica seriada convencional e das técnicas escalonadas ápico-cervical e cérvico-apical no preparo químico-cirúrgico de canais curvos. **Rev Bras Odont**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 2. p. 72-75, março/abril. 1998.
62. MACÍAS, L. I.; PATIÑO, M. P. V.; RODRÍGUEZ, M. R.; et al. Estudio comparativo de la instrumentación mecánica y sónica en endodoncia. **Endodoncia**, Madrid, v. 18, n. 1, p. 39-45, Enero/Marzo. 2000.
63. MARROQUIN, B. B.; PISTORIUS, A.; WILLERSHAUSEN-ZÖNNCHEN, B. Canal transportation caused by a new instrumentation technique and three standard technique. **J Endod**, Chicago, v. 22, n. 8, p. 406-409, Aug. 1996.
64. MELO, L. L. & SYDNEY, G. B. Considerações clínicas do preparo de canais curvos. **R G O**, Porto Alegre, v. 38, n. 4, p. 305-309, 1990.
65. MISERENDINO, L. J.; MOSER, J. B.; HEUER, M. A.; et al. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part I: A quantitative comparison of the tip and fluted regions. **J Endod**, Chicago, v. 11, p. 435-441, 1985.
66. MIZRAHI, S. J.; TUCKER, J. W.; SELTZER, S. A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instrument. **J Endod**, Chicago, v.1, p. 324-327, 1975.
67. MONTGOMERY, S. Root canal wall thickness of mandibular molars after biomechanical preparation. **J Endod**, Chicago , v. 11, n. 6, p. 257-263, Jun. 1985.
68. MORAES, S. H.; BATISTA, A.; ARAGÃO, H. M.; et al. Deformación apical de conductos curvos, con diferentes tipos de limas, diámetros y numero de usos. **Endodoncia**, Madrid, vol. 9, n. 1, p. 26-30, Enero-Marzo, 1991.

69. MORGAN, L. F.; MONTGOMERY, S. An evaluation of the crow-down pressureless technique. **J Endod**, Chicago, v. 10, n. 10, p. 491-498, Oct. 1984.
70. NAGY, C. D.; BARTHA, K.; BERNÁTH, M.; et al. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. **Int Endod J**, London, v. 30, p. 133-140, 1997.
71. O'CONNELL, D. T.; BRAYTON, S. M. Evaluation of root canal preparation with two automated endodontic handpieces. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, St Louis, v. 39, n. 2, p. 298-303, Feb. 1975.
72. PAIVA, J. G. & ANTONIAZZI, J. H. **Endodontia – bases para a prática clínica**. 2ª ed., São Paulo, Artes Médicas, 1988, 886p.
73. PALLOTTA, R. C.; MACHADO, M. L. B. B. L.; MACHADO, M. E. L. Avaliação e comparação do poder de corte das limas nitiflex e flexofile em dentes naturais. **www.bireme.br/ecler**, São Paulo, v. 1, n. 3, Sep. 1999.
74. PETTIETTE, M. T.; METZGER, Z.; PHILLIPS, C.; et al. Endodontic complications of root canal therapy performed by students with stainless-steel K-files and niquel-titanium hand files. **J Endod**, Chicago, v. 25, n. 4, p. 230-234, Apr. 1999.
75. PHILIPPAS, G. G. Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. **J Dent Res**, Chicago, v. 40, n. 6, p. 1186-1198, Nov/Dec. 1961.
76. POWELL, S. E.; SIMON, J. H. S.; MAZE, B. B. A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. **J Endod**, Chicago, v. 12, n. 7, p. 293-300, Jul. 1986.

77. POWELL, S. E.; WONG, P.D.; SIMON, J. H. S. A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. Part II. **J Endod**, Chicago, v. 14, n. 5, p. 224-228, May. 1988.
78. PRUET, J. P.; CLEMENT, D. J.; CARNES, D. L. Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 2, p. 77-85, Feb. 1997.
79. ROANE, J. B.; SABALA, C. Clockwise or counterclockwise. **J Endod**, Chicago, v. 10, n. 8, p. 349-353, Aug. 1984.
80. ROANE, J. B.; SABALA, C. L.; DUNCANSON, M. G. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. **J Endod**, Chicago, v. 11, n. 5, p. 203-211, May. 1985.
81. ROYAL, J. R.; DONNELLY, J. C. A comparison of maintenance of curvature using Balanced Force instrumentation with three different file types. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 6, p. 300-304, Jun. 1995.
82. ROWAN, M. B.; NICHOLLZ, J. I.; STEINER, J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. **J Endod**, Chicago, v. 22, n. 7, p. 341-345, July, 1996.
83. SABALA, C. L.; ROANE, J. B.; SOUTHARD, L. Z. Instrumentation of curved canals using a modified tipped instrument: A comparison study. **J Endod**, Chicago, v.14, n. 2, p. 59-64, Feb. 1988.
84. SAMYN, J. A.; NICHOLLS, J. I.; STEINER, J. C. Comparison of stainless steel and nickel-titanium instruments in molar root canal preparation. **J Endod**, Chicago, v.22, n. 4, p. 177-181, Apr. 1996.

85. SAUNDERS, W. P.; SAUNDERS, E. M. Effect of noncutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. **J Endod**, Chicago, v. 18, n. 1, p. 32-36, Jan. 1992.
86. SCHÄFER, E. Effects of four instrumentation techniques on curved canals: A comparison study. **J Endod**, Chicago, v. 22, n. 12, p. 685-689, Dec. 1996.
87. SCHÄFER, E.; TEPEL, J.; HOPPE, W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2: Instrumentation of curved canals. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 10, p. 493-497, Oct. 1995.
88. SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent Clin North Am**, v.18, n. 2, p. 269-196, 1974.
89. SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparation in straight and curved root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, St Louis, v. 32, n. 2, p. 271-275, Aug. 1971.
90. SEPIC, A. O.; PANTERA, E. A.; NEAVERTH, E. J.; et al. A comparison of Flex-R and K-type files for enlargement of several curved molar root canals. **J Endod**, Chicago, v. 15, n. 6, p. 240-245, Jun. 1989.
91. SETO, B. G.; NICHOLLS, J. I.; HARRINGTON, G. W. Torsional properties if twisted and machined endodontic files. **J Endod**, Chicago, v. 16, n. 8, p. 355-360, Aug. 1990.
92. SIQUEIRA JUNIOR, J. F. **Tratamento das Infecções Endodônticas**. Rio de Janeiro, Medsi, 1997, 196p.
93. SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; ARAÚJO, M. C. P.; GARCIA, P. F.; et al. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques of cleaning the apical third of root canals. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 8, p. 499-502, Aug. 1997.

94. SOUTHARD, D. W.; OSWALD, R. J.; NATKIN, E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. **J Endod**, Chicago, v. 13, n. 10, p. 479-489, Oct. 1987.
95. STADLER, L. E.; WENNERBERG, A.; OLGART, L. Instrumentation of the curved root canal using filing or reaming technique – a clinical study of technical complications. **Swed Dent J**, v. 10, n. 1-2, p. 37-43, 1986.
96. SWINDLE, R. B.; NEAVERTH, E. J.; PANTERA, E. A.; et al. Effect of coronal-radicular flaring on apical transportation. **J Endod**, Chicago, v. 17, n. 4, p. 147-149, Apr. 1991.
97. SYDNEY, G. B. – **Análise comparativa em dentes humanos extraídos mediante o emprego de técnica escalonada com recuo anatômico e plataforma radiográfica, do índice e ângulo do desvio apical em função do tipo e número do instrumento memória e da curvatura dos canais radiculares.** São Paulo, 1993. 80 p. Tese (Mestrado em Endodontia) Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
98. SYDNEY, G. B.; BATISTA, A.; MELO, L.L.; et al (a). Sistemas de rotação alternada em endodontia. **J B E**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 59-64, Out/Nov/Dez. 2000.
99. SYDNEY, G. B.; BATISTA, A.; MELO, L. L. The radiographic platform: A new method to evaluated root canal preparation in vitro. **J Endod**, Chicago, v. 17, n. 11, p. 570-572, Nov. 1991.
100. SYDNEY, G. B.; FERREIRA, J. L.; BERGER, C. R.; et al (b). Estudo comparativo do preparo do canal radicular realizado manualmente e acionado a motor com rotação alternada. **Rev Bras Odontol**, vol. 57, n. 2, p. 91-95, Mar/Abr, 2000.

101. SYDNEY, G. B.; ZAMBERLAN, T. M. A.; BATISTA, A.; et al Estudo comparativo da ocorrência de desvio apical com sistemas de rotação alternada. **J B E**, Curitiba, v.2, n. 6, p. 246-252, jul/set, 2001.
102. TEPEL, J.; SCHÄFER, E.; HOPPE, W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 1: Cutting efficiency. **J Endod**, Chicago, v. 21, n. 8, p. 418-421, Aug. 1995.
103. TEPEL, J.; SCHÄFER, E.; HOPPE, W. Properties hand instruments used in rotary motion. Part 3: Resistance to bending and fracture. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 3, p. 141-145, Mar. 1997.
104. TUREK, T.; LANGE LAND, K. A light microscopic study of the efficacy of the telescopic and the Giromatic preparation of root canals. **J Endod**, Chicago, v. 8, n. 10 p. 437-443, Oct. 1982.
105. VESSEY, R. A. The effect of filling versus reaming on the shape of the prepared root canal. **Oral Sug Oral Med Oral Pathol**, St Louis, v. 27, n. 4, p. 543-547, Apr. 1969.
106. WALIA, H.; BRANTLEY, W. A.; GERSTEIN, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of a Nitinol root canal files. **J Endod**, Chicago, v. 14, n. 7, p. 346-351, Jul. 1988.
107. WALTON, R. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. **J Endod**, Chicago, v. 2, n. 10, p. 304-311, Oct. 1976.
108. WALTON, R. E.; TORABINEJAD, M. **Principles and practice of Endodontics**. 2nd, Saunders, 1996, 558p.
109. WEINE, F. S. **Endodontic therapy**. St Louis, Mosby, 1972.
110. WEINE, F. S. **Endodontic therapy**. 3rd ed. St Louis, Mosby, 1982, pg. 256-340.

111. WEISZ, G. A clinical study using automated instrumentation in root canal therapy. **Int Endodon J**, London, v. 18, p. 203-209, 1985.
112. WOLCOTT, J.; HIMEL, V. T. Torsional properties of niquel-titanium versus stainless-steel endodontic file. **J Endod**, Chicago, v. 23, n. 4, p. 217-220, Apr. 1997.
113. ZMENER, O.; BALBACHAN, L. Effectiveness of niquel-titanium files for preparing curved root canals. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v. 11, p. 121-123, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1

Linguagem para elaboração do programa para o cálculo do raio de curvatura

```
20 REM Programa para o cálculo do raio de curvatura
30 CLS: PI=3.1415926536#
40 PRINT" Entrar com dados conforme solicitado"
50 print" entre com as coordenadas x e y do ponto T (separadas por espaço)"
60 input x1,y1
70 print" entre com as coordenadas do ponto l"
80 input x2,y2
90 print" as coordenadas do ponto T1 são 0 e 0"
100 x3=0
110 y3=0
120 rem cálculo de teta
130 a1=(x1-x2)/(y1-y2)
140 tet1=atn(a1)
150 teta=tet1*180/pi
160 rem cálculo da distancia Tl
170 d=((x1-x2)^2+(y1-y2)^2)^0.5
180 rem cálculo do raio de curvatura
190 raio=d/sin(tet1/2)
200 rem cálculo do comprimento do arco
210 co=2*pi*raio*teta/360
220 rem saída dos resultados
230 print "ângulo da curvatura";teta;"graus"
240 print "comprimento da tangente: ";d
250 print "raio de curvatura: ";raio
260 print "comprimento do arco: ";co
270 end
```

ANEXO 2

Tabela 1 - Distribuição dos dentes em grupos acorde o valor do raio de curvatura. Raio médio de 7,70 mm.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
Dente	Raio	Dente	Raio	Dente	Raio	Dente	Raio
32	4,70	27	4,76	22	4,85	43	4,86
39	5,43	24	5,42	18	5,09	30	4,83
09	5,62	23	5,68	28	5,94	37	5,98
46	6,56	41	6,25	08	6,04	03	6,04
45	6,61	11	6,63	19	6,81	36	6,84
05	7,30	12	7,27	21	7,28	13	7,03
44	7,45	01	7,71	06	7,33	16	7,74
31	8,33	33	8,33	47	8,20	42	7,94
35	8,53	25	8,63	15	9,12	14	8,93
40	9,96	38	9,59	17	9,73	20	9,48
26	10,40	29	10,50	10	10,82	04	10,84
02	11,54	48	11,69	07	11,29	34	11,89

ANEXO 3

Tabela 2 – Resultados registrados do preparo manual utilizando limas Flex-R (Grupo 1)

Dente	Raio	1º Instr.	MLA	Tempo	Fratura	Desvio
32	4,70	#25	#35	8'37"	n	0
39	5,43	#30	#35	6'36"	n	0
09	5,62	#20	#35	11'33"	n	13,10°
46	6,56	#30	#35	5'03"	n	0
45	6,61	#25	#35	6'01"	n	0
05	7,30	#20	#35	6'58"	n	0
44	7,45	#25	#35	5'51"	n	0
31	8,33	#30	#35	3'40"	n	0
35	8,53	#25	#35	6'57"	n	8,35°
40	9,96	#25	#35	6'37"	n	0
26	10,40	#25	#35	4'07"	n	0
02	11,54	#25	#35	4'49"	n	0

ANEXO 4

Tabela 3 – Resultados registrados do preparo manual utilizando limas
Ônix-R (Grupo 2)

Dente	Raio	1º Inst.	MLA	Tempo	Fratura	Desvio
27	4,76	#25	#30	10'50"	s	0
24	5,42	#20	#30	9'18"	s	0
23	5,68	#25	#35	6'05"	n	0
41	6,25	#25	#35	6'01"	n	0
11	6,63	#20	#35	5'48"	n	0
12	7,27	#20	#35	6'05"	n	0
01	7,71	#25	#35	4'06"	n	0
33	8,33	#20	#35	7'18"	n	0
25	8,63	#20	#35	5'46"	n	0
38	9,59	#25	#35	3'46"	n	0
29	10,50	#25	#35	3'05"	n	0
48	11,69	#25	#35	3'45"	n	0

ANEXO 5

Tabela 4 – Resultados registrados do preparo com o sistema automatizado de rotação alternada utilizando limas Flex-R (Grupo 3)

Dente	Raio	1º Instr.	MLA	Tempo	Fratura	Desvio
22	4,85	#20	#35	6'16"	n	28,39°
18	5,09	#20	#30	10'25"	n	0
28	5,94	#20	#35	9'27"	n	0
08	6,04	#25	#35	7'28"	n	19,89°
19	6,81	#25	#35	9'02"	n	0
21	7,28	#25	#35	7'28"	n	0
06	7,33	#20	#35	9'06"	n	0
47	8,20	#30	#35	4'43"	n	0
15	9,12	#25	#35	6'50"	n	0
17	9,73	#25	#35	5'23"	n	0
10	10,82	#25	#35	4'52"	n	0
07	11,29	#25	#35	6'10"	n	0

ANEXO 6

Tabela 5 – Resultados registrados do preparo com o sistema automatizado de rotação alternada utilizando limas Ônix-R (Grupo 4)

Dente	Raio	1º Instr.	MLA	Tempo	Fratura	Desvio
43	4,86	#30	#40	3'39"	n	0
30	4,83	#25	#40	5'21"	n	0
37	5,98	#20	#35	12'26"	n	0
03	6,04	#20	#35	13'11"	n	0
36	6,84	#25	#35	5'45"	n	0
13	7,03	#20	#35	6'58"	n	0
16	7,74	#25	#35	8'56"	n	0
42	7,94	#25	#35	6'18"	n	0
14	8,93	#25	#35	7'21"	n	0
20	9,48	#25	#35	7'35"	n	0
04	10,84	#25	#35	8'31"	n	0
34	11,89	#25	#35	7'17"	n	0