

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS
ÊNFASE EM ENDODONTIA**

**DESVIO APICAL: COMPARAÇÃO *IN VITRO* DE
TRÊS TÉCNICAS DE PREPARO DOS CANAIS
RADICULARES**

FERNANDA ULLMANN LÓPEZ

Porto Alegre

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS
ÊNFASE EM ENDODONTIA

**DESVIO APICAL: COMPARAÇÃO *IN VITRO* DE
TRÊS TÉCNICAS DE PREPARO DOS CANAIS
RADICULARES**

FERNANDA ULLMANN LÓPEZ

Orientadora: Prof. Dra. ELAINE VIANNA FREITAS FACHIN

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Odontologia como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Odontologia.

Linha de pesquisa: Biomateriais

Porto Alegre

2007

Dedicatórias

Aos meus pais Adalberto e Maria Inês

Meus eternos exemplos de vida! Tento traduzir em palavras toda gratidão e amor que sinto. Vocês que guiaram meus primeiros passos e souberam me conduzir ao longo da vida até o que sou. Essa grande conquista em minha vida dedico a vocês que me deram educação, que me ensinaram valores como honestidade, generosidade, companheirismo, amizade, perseverança, firmeza e, acima de tudo, foram pais de um amor incondicional.
Amo muito vocês!

Aos meus irmãos Laura e Fabio

Por tudo que passamos juntos, brincadeiras, alegrias e dificuldades. Em todas essas horas soubemos o que a palavra família significa e permanecemos unidos e fortes nos momentos difíceis. Também dedico a vocês dois, meus grandes amigos, essa vitória em minha vida.
Amo muito vocês!

Aos amigos

Pelas grandes alegrias, companheirismo, amizade, afeto e cumplicidade, muito obrigada! Vocês são amigos de verdade!
Por compreenderem minhas ausências e me incentivarem nessa jornada.
Amo muito vocês!

Agradecimentos Especiais

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Elaine Facchin

Por ter me acolhido como orientada.

Por ter participado da minha formação em Endodontia desde os tempos de graduação.

Obrigada pelo constante incentivo, ensinamentos e dedicação.

Muito obrigada!

À Prof^a. Dr^a. Fabiana Grecca,

Por todo auxílio, ensinamentos e competência despendidos.

Pela dedicação e incentivo ao meu trabalho e, acima de tudo, pela grande amizade e companheirismo. Jamais esquecerei o seu empenho.

Muito obrigada!

À Prof^a. Dr^a. Vânia Fontanella

Agradeço pela receptividade e disponibilidade em me acolher e orientar.

Pela competência ao aprimorar minha metodologia, estando sempre na busca do melhor.

Pela capacidade de simplificar o difícil.

Muito obrigada!

Aos Prof. Drs. Marcos Só e Fernando Barletta

Por todos os ensinamentos em Endodontia que me tornaram especialista.

Por sua competência e incentivo para o meu aperfeiçoamento e qualificação profissional.

Por sua ajuda nesse trabalho desde a defesa do projeto, em que me auxiliaram a encontrar o rumo certo.

Muito obrigada!

Aos Profs da Disciplina de Endodontia Régis Burmeister e João Ferlini

Pelo companheirismo e amizade cultivados desde os tempos da graduação que foram determinantes na escolha da Endodontia como minha especialidade.

Pelo constante incentivo na busca do conhecimento e aprimoramento profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

O desvio apical é um fator bastante relevante na terapia endodôntica pela possibilidade de conduzir o tratamento proposto ao insucesso. Este estudo se propôs a realizar uma avaliação *in vitro* da ocorrência de desvio apical e sua magnitude nas instrumentações manual com limas de aço-inoxidável, rotatória de giro contínuo com o sistema K3 e rotatória de giro alternado com contra-ângulo NSK e limas de aço-inoxidável, em raízes méso-vestibulares de molares superiores. A amostra foi formada por 60 raízes que, após a inclusão numa modificação da mufla de Bramante, foram seccionadas longitudinalmente. De acordo com o ângulo e raio da curvatura do seu canal, as raízes foram paritariamente divididas em três grupos. Uma das metades de cada raiz teve sua face interna digitalizada por *scanner* de mesa. As raízes foram remontadas nas muflas e seus canais instrumentados. A mesma metade de cada raiz teve sua face interna novamente digitalizada em três momentos distintos: primeiro, na confecção do preparo apical com a lima 30, após com a lima 35 e, por fim, com a lima 40. Cada imagem pós operatória (limas 30, 35 e 40) foi sobreposta à imagem pré-operatória no programa *Adobe Photoshop*. Após, foram transferidas ao programa *AutoCad*, onde o desvio apical foi mensurado. Para a comparação entre as limas dos três grupos foram utilizados os testes não-paramétricos de *Friedman* e *Wilcoxon* que encontraram diferença significativa. ($p = 0,000$) Para a comparação entre os três grupos foi utilizado o teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis* ($p = 0,000$) que demonstrou haver diferença significativa entre os grupos estudados.

Unitermos: endodontia, preparo de canal radicular, cavidade da polpa dentária

ABSTRACT

Apical transportation has considerable relevance in endodontic therapy, as it may lead to treatment failure. This study conducted an *in vitro* comparative analysis of apical transportation produced in mesiobuccal roots of upper molars by (i) manual instrumentation using stainless steel files, (ii) K3 rotary Ni-Ti system, and (iii) a reciprocating NSK handpiece, also with stainless steel files. The sample comprised 60 roots that were inserted in a Bramante muffle and then longitudinally sectioned. Roots were subdivided pair-wise into three groups according to canal angle and radius. The inner surface of one root half was digitized using a scanner. Roots were then re-assembled onto the muffles and had their canals instrumented. The same root half had its inner surface digitized again after instrumentation with three different file sizes: 30, 35 and 40. Each image obtained therefrom was superimposed over the pre-operative image using the Adobe Photoshop software. After, images were transferred to the AutoCad software for apical transportation measurements. The non-parametric

Friedman and Wilcoxon tests were adopted to compare results for the three different file sizes, and showed the statistically significant differences between the results obtained ($p = 0,000$). Similarly, the comparison between the three treatment groups by the non-parametric Kruskal-Wallis test revealed statistically significant differences.

Keywords: endodontics, root canal preparation, dental pulp cavity

SUMÁRIO

RESUMO.....	05
SUMMARY.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3. PROPOSIÇÃO.....	39
4. METODOLOGIA.....	40
4.1. Tipo de estudo.....	40
4.2. Local de realização da pesquisa.....	40
4.3. Seleção da amostra e cálculo amostral.....	41
4.4. Preparo dos dentes.....	41
4.5. Inclusão das amostras em blocos de resina/raiz e molde de gesso.....	42
4.6. Secção das raízes.....	46
4.7. Medidas prévias aos preparos.....	46
4.8. Preparo dos canais radiculares.....	51
4.9. Medidas após preparos.....	58
4.10. Análise Estatística.....	60
5. RESULTADOS.....	62

6. DISCUSSÃO.....	65
7. CONCLUSÕES.....	80
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tubo de Eppendorf.....	43
Figura 2 . Sulcos de realocização nos blocos resina/raiz.....	44
Figura 3. Molde para a mufla.....	44
Figura 4. Parte interna da mufla.....	45
Figura 5. Encaixe perfeito da raiz em sua mufla.....	45
Figura 6. Lima de calibre 10 inserida em uma das metades do canal radicular para as medições.....	48
Figura 7. Linhas traçadas sobre o canal radicular segundo a técnica de Schneider et al.....	49
Figura 8. Cálculo do raio de um canal curvo.....	50
Figura 9. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 30 em posição após o preparo apical.....	52
Figura 10. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 35 em posição após o preparo apical.....	53
Figura 11. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 40 em posição após o preparo apical.....	54
Figura 12. Imagens sobrepostas e mensurações no programa AutoCad.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

∞ - alfa

cm - centímetros

d.p.i.- pontos por polegada

EDTA – Ácido Etileno Diamino Tetra Acético

GHz – *giga hertz*

° - graus

= - igual

Mb – *megabite*

μm - micrômetro

mm – milímetros

ml - mililitros

N - *newton*

% - por cento

r - raio

r.p.m. – rotações por minuto

sen - seno

1. Introdução

O preparo dos canais radiculares destaca-se no contexto geral da terapia endodôntica por atuar de forma direta no saneamento e na modelagem, proporcionando, com a obturação, o selamento hermético deste sistema de canais. O preparo biomecânico do canal radicular visa o seu esvaziamento, limpeza, modelagem e, nos casos de necrose pulpar, sua desinfecção.

Durante a modelagem dos canais radiculares, a manutenção de sua forma original e da posição do forame apical são fatores essenciais para obter-se sucesso do tratamento endodôntico (ELIAS *et al*, 1997).

Segundo Estrela e Figueiredo (1999), a anatomia interna do canal radicular é um importante obstáculo à execução plena do tratamento endodôntico. Frente a isso, é na fase do preparo químico-mecânico onde ocorrem as maiores dificuldades do tratamento, podendo ocorrer acidentes .

Acompanhando a simplificação e o aprimoramento das técnicas de preparo mecânico dos canais radiculares, um número expressivo de novos instrumentos e sistemas foram surgindo no mercado nesses últimos anos, buscando aperfeiçoar suas propriedades físicas e mecânicas. Cada vez mais, busca-se melhorar o desempenho quanto ao desgaste das paredes radiculares e a manutenção do trajeto original do canal radicular, sem promover desvios.

As limas manuais Triple Flex foram lançadas pela Kerr (SybronEndo, Glendora, CA, USA). Possuem secção transversal triangular, maior número de espirais e menor massa metálica, fatores que lhe conferem maior capacidade de corte associada a maiores flexibilidade e integridade. As espirais torcidas permitem corte agressivo sem sacrificar a estabilidade inerente a essas limas.

Segundo Schafer, Tepel e Hoppe (1995), quando as limas flexíveis são utilizadas em peça de mão automatizada, têm sua eficiência de corte potencializada.

Por volta dos anos 60, surgiram os primeiros sistemas automatizados com rotação alternada. Realizam um movimento em sentido horário/anti-horário, com uma amplitude de giro entre 30° e 45°, empregando limas de aço-inoxidável. Essas peças de mão são acopladas em micromotor, podendo ser acionadas a ar ou em motores elétricos. Segundo Cohen e Burns (1994) o sistema de rotação alternada apresenta algumas desvantagens como a sobreinstrumentação, desvio apical e arrombamento do forame, evidenciados principalmente em canais curvos.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico e a parceria da metalurgia com a endodontia permitiram que os instrumentos passassem a ser fabricados com a liga de níquel-titânio, apresentando em sua composição aproximadamente 55% de níquel e 45% de titânio.

Em 1988, Walia, Brantley e Gerstein avaliaram as propriedades físicas destas limas e concluíram que apresentavam de duas a três vezes mais flexibilidade, em

virtude de seus baixos valores de memória elástica, e maior resistência à fratura por torção quando comparadas às limas de aço inoxidável. Baseando-se nos resultados de seus estudos, os autores preconizam o uso das limas de níquel-titânio no preparo de canais curvos. Essas limas também mostraram-se superiores quanto à manutenção da forma original de canais curvos (BISCHOP; DUMMER, 1997; CAMARGO, 2000; CARVALHO, 2001; COLEMAN; SVEC, 1997), apresentando biocompatibilidade (CASTLEMAN *et al*, 1976), alta resistência à corrosão (ZUOLO; WALTON, 1997) e torção inalterada sob procedimentos de esterilização (MAYHEW; KUSY, 1988).

Atualmente, dispomos de vários sistemas de instrumentação automatizada de rotação contínua como, por exemplo, o sistema K3 (SybronEndo, Glendora, CA, USA), RaCe (FKG, Chaux-de-Fonds, Switzerland), ProTaper (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland), Lightspeed (Lightspeed Inc., San Antonio, TX, USA), Profile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland), Quantec (Tycom, Irvine, USA) e outros.

O sistema K3 foi desenvolvido por Dr. John Mc Spadden e lançado comercialmente em 2001. Os instrumentos desse sistema caracterizam-se por uma grande capacidade de corte por apresentar três lâminas de corte positivo, com ângulos diferentes, ao contrário da maioria dos instrumentos rotatórios que apresenta ângulo de corte negativo. Possuem uma ampla superfície radial, conferindo aos instrumentos maior massa na região de maior estresse no contato com a dentina, otimizando a resistência e o poder de corte. A presença da terceira guia radial estabiliza e mantém o instrumento centralizado no canal, minimizando possibilidades de travamento. Apresenta, também, além da seqüência de calibres de seus instrumentos, de acordo

com normativas ISO, uma variação de conicidades que vai de 0.02 mm/mm a 0.10 mm/mm.

De acordo com Leonardo e Leonardo (2001), a presença da superfície radial ampla é o fator determinante para que os instrumentos rotatórios fiquem centralizados em canais radiculares curvos.

Diante da importância da manutenção do trajeto original do canal radicular durante o seu preparo biomecânico, associado ao difundido uso da instrumentação automatizada nos dias atuais, torna-se relevante que se estabeleça uma comparação do preparo manual convencional com os sistemas de preparo automatizados de rotação alternada e contínua.

2. Revisão de Literatura

2.1 Métodos descritos para análise do preparo dos canais radiculares

A literatura propõe diferentes métodos de avaliação para diferentes técnicas de preparo dos canais radiculares.

O emprego de canais artificiais em resina de poliéster transparente foi introduzido por Weine, Kelly e Lio em 1975. Oitenta cones de prata de número 20 foram previamente pré-curvados de modo a simular curvaturas de canais radiculares mesiais de molares. Após, foram lubrificadas e colocadas em moldes de cera, os quais foram preenchidos com a resina de poliéster transparente. Os cones foram removidos após a completa polimerização do acrílico. As comparações foram realizadas por meio de fotografias dos canais executadas antes e após os preparos. Os autores apresentam como vantagens dessa metodologia a semelhança de forma, diâmetro e curvatura entre os canais e a visualização direta do preparo. Eles observaram que a instrumentação nesses canais simulados resultaram em deformações nas paredes semelhantes aos dentes extraídos, recomendando-os como modelos experimentais.

Esse mesmo modelo experimental foi empregado por Briseño *et al* (1993), Tharuni *et al* (1996), Coleman e Svec (1997), Bonetti Filho e Tanomaru Filho (1999),

Banegas *et al* (2000). Em seus trabalhos, os autores concluíram que os canais artificiais em blocos de acrílico constituem um modelo experimental adequado para o estudo comparativo da ação de diferentes instrumentos e técnicas de preparo.

Walton (1976), utilizando dentes extraídos, comparou diferentes métodos de preparo do canal radicular por meio de exame histológico. 52 dentes humanos, (total de 91 canais radiculares) com indicação de exodontia, foram divididos em três grupos e instrumentados. A porcentagem de paredes do canal radicular que foram tocadas pelos instrumentos endodônticos foi avaliada quantitativamente. O estudo ainda verificou estas diferenças entre canais radiculares retos e curvos. Após duas horas, os dentes foram extraídos e radiografados nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal para determinação do grau de curvatura (maiores ou menores de 10°). Após a remoção das coroas, as raízes foram descalcificadas e embebidas em parafina. Cortes de 6 µm a 8 µm de espessura foram obtidos em intervalos de 100 µm ao longo eixo do raiz, em alguns casos, e 300 µm em sentido axial em outros. Os cortes foram fixados com hematoxilina e eosina e, posteriormente, examinados em microscópio óptico. As porções do canal radicular onde houve a remoção da pré-dentina, expondo a dentina, foram medidas, obtendo-se a porcentagem das paredes tocadas pelos instrumentos.

Em 1982, Abou-Rass e Jastrab avaliaram canais radiculares de dentes extraídos instrumentados pelos sistemas manual e automatizado por meio de moldagem com silicone. Após os preparos, os condutos foram preenchidos com silicone. Então, os dentes foram descalcificados e toda estrutura dentária removida. Os moldes foram

fotografados nas faces mesial, distal e vestibular. As fotografias foram transformadas em *slides* que foram projetados para as devidas avaliações.

Em 1987, Bramante, Berbert e Borges apresentaram uma metodologia para comparar a anatomia do canal radicular de dentes humanos extraídos em secções transversais, antes e após a instrumentação. Trata-se de um método de fácil execução e entendimento que se difundiu mundialmente. Após a remoção de suas coroas, as raízes foram incluídas em resina acrílica transparente quimicamente ativada, obtendo-se um bloco de forma cônica. Após a confecção de sulcos de realocização nas superfícies externas de cada bloco, eles foram inseridos em muflas de gesso. Após a presa do gesso, os blocos resina/raiz foram removidos e seccionados horizontalmente em micrótomo. Foram realizadas fotografias dos cortes transversais. As porções de cada raiz foram, então, reposicionadas na mufla de gesso para o preparo do seu conduto. Após o preparo, as porções seccionadas foram novamente removidas das muflas e fotografadas para a obtenção de *slides*. Por meio da projeção desses *slides* foi realizada a comparação entre o canal anatômico com o cirúrgico. Ao longo dos anos, foram publicadas algumas adaptações para essa metodologia (HULSMANN; GAMBAL; BAHR, 1999; LÓPEZ *et al*, 2005).

Um método radiográfico, bastante consagrado, destacou-se pela confecção de uma plataforma radiográfica por Sydney, Batista e Melo em 1991. Tal método permite obter na mesma radiografia a posição do instrumento antes e após o preparo. Dessa forma, torna-se um importante instrumento para verificação do desvio apical após a instrumentação dos canais radiculares por meio da sobreposição de imagens. Esse

dispositivo é composto por um suporte que deve ser adaptado ao cilindro do aparelho de raios X, uma forma para cubo de gelo, dois lados de uma caixa de pontas de gutapercha, uma régua de plástico e cola plástica. Quando montado, ele permite que mais de uma tomada radiográfica seja realizada na mesma posição. Por meio da sobreposição das imagens é calculado o grau de desvio decorrente da instrumentação.

Um método para visualizar tridimensionalmente o canal radicular antes e após o preparo foi proposto por Berutti (1993). O autor realizou cortes axiais de 1mm em toda a extensão das raízes mesiais de molares inferiores. A remontagem dos cortes foi realizada empregando a mulfla de Bramante e o canal radicular foi preparado. Os cortes foram fotografados com lupa estereoscópica antes e após o preparo. As fotomicrografias foram digitalizadas e transferidas para um programa de computador que reconstituiu a imagem tridimensional do dente antes e após o preparo do canal radicular. O modelo computadorizado experimental permite a realização de medidas e análises dos preparos.

Berbert e Nyshiyama (1994) divulgaram uma metodologia para quantificar e localizar as curvaturas nas raízes, baseada em radiografias com instrumento dentro do canal e tomando-se como referência a anatomia externa radiográfica do dente.

A validade da microtomografia computadorizada para uso em pesquisa na endodontia foi avaliada por Nielsen *et al* em 1995. Quatro molares superiores foram digitalizados por aparelho de microtomografia computadorizada. Após o preparo dos seus canais radiculares, dois deles foram obturados. Cortes tomográficos de 127 μm

foram realizados e armazenados. Esse método foi capaz de registrar a anatomia dentária externa e interna, registrar mudanças, em tempos diferentes, de área e volume dos tecidos, avaliar mudança de volume depois do preparo ou da obturação e verificar o transporte do canal radicular após o preparo.

Comparando três métodos de instrumentação manual e dois mecanizados, Abou-Rass e Ellis (1996) utilizaram blocos de resina transparente. Preencheram os canais artificiais com azul de metileno para avaliar a forma do canal antes e após a instrumentação.

Schäfer, em 1996, empregou fotografias de blocos de resina transparente antes e após o preparo dos canais artificiais, analisando-as em aumento de 40 vezes.

Em 1997, Carvalho verificou o transporte do forame após a instrumentação em dentes humanos extraídos. As raízes foram seccionadas transversalmente e os canais analisados antes e após os preparos por programa de computador.

Svec e Wang (1998), estudaram os efeitos do pré curvamento de limas em canais artificiais tingidos por tinta nankin. Foi realizada a digitalização das imagens do pré e pós-operatório e a análise foi feita por meio da sobreposição destas imagens em programa de computador.

Rhodes *et al* (1999) baseados em seus estudos realizados com a microtomografia computadorizada concluíram que essa mostrou fidelidade para

experimentos em endodontia, possibilidade de reconstrução de imagens tridimensionais, aplicabilidade em avaliações tanto quantitativas quanto qualitativas, além de ser uma técnica não invasiva. Contudo, salientam algumas desvantagens como o alto custo e o tempo despendido, em torno de 3 horas para o exame e 6 horas para a reconstrução da imagem.

A tomografia computadorizada *Multi Slice* foi utilizada por Vanzin, em 2005, para avaliar comparativamente o preparo do canal radicular realizado por alunos de graduação com os sistemas manual e automatizada de rotação alternada. A amostra consistiu em 20 raízes mesiais de molares inferiores com dois condutos. Um deles foi instrumentado pela técnica manual e o outro pela técnica automatizada. Os dentes foram examinados em tomografia computadorizada antes e após o preparo. Por meio do programa Adobe Photoshop as imagens de tomografia computadorizada foram coloridas, sobrepostas e as áreas de contorno demarcadas. A medida da distância entre as superfícies externas dos canais radiculares anatômico e cirúrgico foi realizada. Utilizando-se a imagem anteriormente obtida para as medidas lineares, a área total de desgaste foi medida. A conclusão do estudo foi que não é possível afirmar que houve diferença de desgaste nas paredes do canal radicular, com exceção da distal, com relação aos terços e sistemas.

2.2 Instrumentação Rotatória – Rotação Alternada

Os primeiros aparelhos surgiram na década de 60. O Giromatic (Micro-Mega) foi o precursor, realizando a rotação alternada e utilizando limas manuais convencionais. Segundo Sydney *et al* (2000a) dentre as vantagens dos sistemas de rotação alternada estão a diminuição do tempo de trabalho, não necessitarem de limas especiais, permitirem maior ampliação do canal radicular, proporcionarem um canal cirúrgico mais centralizado e serem úteis em qualquer técnica de preparo. Esse e outros aparelhos da época caíram em desuso devido ao alto índice de fratura de limas (LEONARDO e LEONARDO, 2001).

O aparelho Giromatic foi estudado por Frank (1967) em dentes humanos extraídos. Em sua pesquisa o autor não observou fratura de instrumento ou perfuração de raiz. O autor recomendou o uso de alargadores ou preparo com limas manuais previamente ao uso desse aparelho, pois esse, freqüentemente, não atingiu o comprimento total de exploração ou obliterou o canal radicular. Em conclusão, o estudo indica que essa instrumentação deve ser usada como coadjuvante no preparo do canal radicular e não utilizada isoladamente.

Weine *et al* (1976) compararam dois movimentos de instrumentação manual, alargamento e limagem, e dois sistemas de rotação alternada, Giromatic e W&H, no preparo de canais simulados. Fotografias foram realizadas antes e após os preparos. O tempo dispendido para cada preparo foi tomado. Os pesquisadores executaram,

também, o preparo de canais curvos de um dente extraído com o sistema Giromatic. Realizaram radiografias após o uso de cada instrumento. Como resultados, a técnica mais rápida foi a manual com movimentos de alargamento, levando a metade do tempo dispendido pelas outras. O sistema W&H foi o mais demorado. As demais técnicas se equivaleram no tempo de execução. Após a análise das fotografias, os autores verificaram que quatro dos seis canais curvos preparados com o sistema W&H apresentaram degraus que não puderam ser ultrapassados. Na maioria dos casos, o tamanho do *zip* apical foi maior em canais preparados com os sistemas de rotação alternada e menor quando o preparo foi manual com movimentos de limagem. Na análise do preparo dos canais radiculares do dente extraído, observaram que houve desvio apical a partir da lima de calibre 25.

Em 1982, Abou-Rass e Jastrab avaliaram a qualidade dos preparos realizados por sistemas de rotação alternada. Numa amostra de 100 molares superiores e inferiores, compararam a instrumentação manual, com e sem preparo cervical realizado com brocas, com o sistema de rotação alternada Giromatic. O tempo de preparo e os erros ocorridos foram registrados para cada dente. Após os preparos, os condutos foram preenchidos com silicone. Os moldes de silicone foram fotografados nas faces mesial, distal e vestibular. Como resultados, os autores encontraram para o sistema Giromatic os menores tempos de trabalho e os maiores erros de preparo, tais como perfurações, degraus e empacotamento de dentina.

Um trabalho de Russel, Ryan e Towers, em 1982, trazem uma série de casos onde expõe complicações advindas deste tipo de técnica. São demonstrados casos de sobre-instrumentação, desvio apical, arrombamento do forame e perfuração apical.

Associada a essa idéia, Wildey e Senia (1989) e Dummer e Al-Omari (1995) colocam que o uso de limas mais flexíveis com movimentos suaves de rotação, produz um corte dentinário mais preciso e uniforme, prevenindo o acúmulo de raspas de dentina na porção apical do canal, evitando, dessa maneira, a incidência de transporte.

Zmener, Spielberg e Olmos (1994) afirmam que para prevenir deformações nas paredes do canal radicular, as técnicas convencionais de instrumentação com limas rígidas e sem alargamento cervical devem ser evitadas, pois tornam inevitáveis a formação de degrau, *zip* e transporte do forame, especialmente após a lima de número 25.

Abou-Rass e Ellis (1996) compararam o tempo e a qualidade dos preparos manual e automatizado com os sistemas Canal Finder e M4. A amostra foi composta por 125 canais simulados com curvaturas de 50° a 70°. Os resultados indicaram que os preparos realizados com os sistemas automatizados foram superiores quanto aos quesitos tempo e qualidade, mas não devem ser utilizados no comprimento total de trabalho em canais radiculares curvos e atrésicos.

Nagy *et al* (1997) estudaram, em 420 raízes de dentes extraídos, a instrumentação manual com limas tradicionais e flexíveis (K-Flex), sistemas automatizados com rotação alternada (Racer e Giro) e sistemas sônico e ultrassônicos. Em todos os sistemas o preparo apical foi realizado com o instrumento 40. A avaliação foi realizada através da sobreposição de radiografias realizadas antes e após os preparos. Os maiores escores para transporte apical ficaram com os sistemas automatizados de rotação alternada (Racer e Giro). As menores assimetrias encontradas na morfologia dos canais foram encontradas nos preparos realizados com as limas K-Flex e sistemas sônicos e ultrassônicos.

Lloyd *et al* (1997) avaliaram o sistema de rotação alternada M4 e limas Safety Hedstroem no preparo de canais simulados. Imagens dos canais simulados foram tomadas com uma câmera de vídeo antes e após os preparos. Essas imagens foram armazenadas e analisadas em programa de computador. *Zips* foram encontrados em 16 dos 40 canais. Degraus foram encontrados em 19 e perfurações em apenas um canal simulado. Em 20 canais houve superinstrumentação da zona de risco.

O preparo de 44 canais radiculares de dentes humanos com curvaturas médias de 30° com limas Safety Hedstroem e Flexofile acionadas pelo sistema M4 foi analisado por Cordero, López e Arroyo (1997). Através da sobreposição das imagens pré e pós-operatórias, os autores concluíram que o deslocamento do trajeto da curvatura, o transporte apical e a perda do comprimento de trabalho foram maiores para os canais instrumentados com as limas Flexofile. Em 40% dos casos preparados com as limas Safety Hedstroem houve fratura dos instrumentos de menor calibre.

Arroyo, Arroguia e Barbero (1998) analisaram as características, indicações, uso e contra-indicações do sistema de rotação alternada M4. Seu movimento é de giro horário/anti-horário com amplitude de 30°, reproduzindo o movimento de força balanceada, permitindo a utilização de qualquer técnica de preparo. Dentre as vantagens desse sistema os autores colocam o tempo de trabalho, fadiga do operador e do paciente reduzidos; o uso de limas convencionais; o emprego em toda a extensão do canal radicular; a limpeza mais efetiva, pois realiza maior remoção de dentina em menor espaço de tempo; o melhor acesso a canais atrésicos e curvos; o trabalho facilitado em pacientes com limitação de abertura de boca. Também apresentam desvantagens como a perda de sensibilidade tátil, dificuldade de confecção de um batente apical, movimentação dos cursores durante os movimentos e, devido à facilidade com que se chega com limas mais calibrosas ao limite apical, pode-se produzir dilacerações, *zips*, falsos trajetos e transporte do canal radicular. Os autores, por fim, concluem que, se a técnica empregada estiver correta, os resultados serão satisfatórios.

Em canais mesiais de molares inferiores extraídos com curvaturas moderadas foi medido, por Kosa, Marshall e Baumgartner (1999), o transporte apical. As raízes foram montadas numa modificação da mufla de Bramante e seccionadas 2mm aquém do comprimento de trabalho e na altura do início da curvatura. Os canais foram instrumentados por dois sistemas de preparo automatizado com rotação contínua, Profile 29 e Quantec 2000, e por dois sistemas automatizados com rotação alternada, M4 e Endo Gripper. Os autores não encontraram diferenças que fossem

estatisticamente significantes quanto ao transporte do canal quando todas as técnicas foram comparadas entre si.

Sydney *et al* (2000) avaliaram o desvio apical ocorrido durante o preparo do canal radicular realizado em raízes mesio-vestibulares de molares superiores extraídos, empregando em um grupo uma técnica manual e noutro uma técnica automatizada com rotação alternada. O preparo apical foi realizado com o instrumento 30. O método de avaliação empregado foi o da Plataforma Radiográfica, o qual permite obter, na mesma radiografia, a posição do primeiro e do último instrumento empregado. Os resultados mostraram a ocorrência de desvio apical em 13% das raízes preparadas pelo método manual e em 26% das raízes preparadas com a peça de rotação alternada. Mostraram também que a instrumentação manual foi mais eficiente na manutenção da curvatura apical.

Em 2001, Sydney *et al* verificaram o desvio apical produzido pelos preparo manual e pelos sistemas de rotação alternada M4, Endo-Gripper e contra-ângulo KaVo em raízes mesio-vestibulares de molares superiores humanos extraídos com curvaturas entre 13° e 24°. Para as mensurações utilizaram a metodologia da plataforma radiográfica. O preparo apical foi realizado com instrumento de calibre 35 em todos os sistemas. Como resultados, o percentual de desvio apical para os sistemas de rotação alternada foi de 14,28% e para o preparo manual de 7,14%.

O desempenho das limas Flex-R utilizadas manualmente e acopladas ao sistema de rotação alternada Endo-Gripper foi analisado por Simi Júnior, Silva e Vaz em 2002.

A amostra foi composta por 46 raízes mesiais de molares inferiores e méso-vestibulares de molares superiores. Um grupo teve o preparo realizado manualmente com movimentos de força balanceada e o outro com o sistema Endo-Gripper. A avaliação dos preparos foi realizada através da moldagem dos condutos. Os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre os métodos de preparo.

Batista *et al*, em 2003, pesquisaram, em 40 canais simulados com curvaturas de 20° e 40°, o preparo realizado com limas de níquel-titânio Onyx-R manualmente e acionadas pelo sistema de rotação alternada Endo-Gripper. Os canais foram fotografados antes e após o preparo. As fotografias foram digitalizadas, sobrepostas e analisadas no programa de computador Photoshop. A análise dos resultados não apresentou diferenças estatisticamente significantes quanto à presença de defeitos no preparo. Houve desvio apical e perda do comprimento de trabalho em um canal com 20° instrumentado manualmente e três casos de fratura de instrumento em canais com 40° de curvatura preparados com o sistema Endo-Gripper. O sistema automatizado apresentou um tempo de trabalho significativamente menor que o manual.

O desvio apical foi analisado por Lyon *et al* (2003), em canais instrumentados com limas de níquel-titânio e de aço inoxidável acionadas a micro-motor. Foram avaliados radiograficamente 30 canais méso-vestibulares de molares inferiores. 15 foram instrumentados com as limas de aço inoxidável e os demais com limas de níquel-titânio. As limas foram acionadas por um contra-ângulo redutor de velocidade e de rotação alternada acoplada a um micro-motor convencional. O resultado deste estudo

demonstrou não haver diferenças estatisticamente significantes entre os grupos experimentais.

A instrumentação com rotações alternada (limas Flexofile) e contínua (sistema K3) foram avaliadas por Schäfer e Schlingemann em 2003. A amostra foi formada por 60 canais radiculares de molares superiores e inferiores extraídos com curvaturas entre 25° e 35°. O calibre do instrumento utilizado para o preparo apical foi 35. Foram realizadas radiografias pré e pós-operatórias que, posteriormente, foram analisadas em um programa de computador. Como resultado, os autores encontraram que o sistema K3 manteve a curvatura original do canal significativamente melhor do que as limas de aço-inoxidável acopladas em peça de mão.

Limongi *et al* (2004) estudaram o desvio apical produzido pela instrumentação com rotação alternada (Endo Gripper e M4) em 42 raízes méso-vestibulares de molares superiores. A análise dos resultados demonstrou que o grupo onde o Endo-Gripper foi empregado apresentou graus de desvio significativamente maiores, entretanto houve ausência de associação entre presença de desvio e os dois sistemas empregados.

2.3 Instrumentação Rotatória - Rotação Contínua

Haller (1994) avaliou instrumentos manuais de níquel-titânio (Mity), de níquel-titânio movidos a motor (NT Sensor, Canal Master U, Lightspeed) e de aço inoxidável K-Flex no preparo de canais mesiais de molares inferiores humanos extraídos. As raízes foram seccionadas nos terços apical e médio e as imagens pré e pós-operatórias foram digitalizadas e submetidas a um programa de subtração de imagem. Os sistemas Canal Master U, Lightspeed e NT Sensor promoveram menor transporte do canal, permaneceram mais centralizados, removeram menos dentina e produziram preparos de forma mais arredondada. Ainda, os sistemas Lightspeed e NT Sensor, movidos a motor, apresentaram menor tempo de trabalho.

As instrumentações com limas de níquel-titânio manuais, acionadas em motor elétrico e limas manuais de aço inoxidável foram comparadas por Himel, Moore e Hicks (1994), em canais simulados em blocos de resina. O sistema automatizado com limas de níquel-titânio apresentou maior rapidez no preparo e melhor manteve a forma original do canal radicular.

O emprego das instrumentações manual com limas de aço-inoxidável e automatizada com limas de níquel-titânio (Canal Master) foi avaliada por Zmener, Spielberg e Olmos em 1994. A amostra foi composta por 40 incisivos superiores extraídos com curvaturas entre 30° e 40°. Após os preparos as raízes foram

seccionadas longitudinalmente e avaliadas em MEV. Para o sistema Canal Master os autores encontraram preparos bem centralizados, a manutenção da constrição apical e a ausência de formação de degraus. No outro grupo, o trajeto original dos canais radiculares foi retificado, havendo a presença de transporte do forame apical e formação de degrau.

Glosson *et al* (1995) analisaram o preparo com instrumentos de níquel-titânio manuais (Mity e Canal Master U), movidos a motor (Lightspeed e NT Sensor) e instrumentos de aço inoxidável manuais (K-Flex) em raízes mesiais de molares inferiores. Foram realizadas secções transversais nos terços apical e médio das raízes e suas imagens foram fotografadas antes e após os preparos. Os autores concluíram que os instrumentos de níquel-titânio movidos a motor, Lightspeed e NT Sensor, e o manual, Canal Master U, causaram menor transporte do canal, permaneceram mais centralizados, removeram menos dentina e produziram preparos mais circunferenciais.

O desvio apical foi verificado em canais com curvaturas entre 20° e 45° por Esposito e Cunningham (1995). Os autores compararam o emprego de limas manuais de aço inoxidável (K-Flex), limas de níquel-titânio manuais e limas de níquel-titânio acionadas a motor (Mac) para o preparo desses canais. Um total de cinco radiografias foram tiradas ao longo da instrumentação, sempre com uma lima no interior do canal. Primeiramente, com instrumento 15 inserido até o comprimento de trabalho e, subsequentemente, com os instrumentos 25, 30, 35, 40 e 45. Essas imagens foram digitalizadas e a inicial, com o instrumento 15, foi sobreposta a cada uma das demais e o desvio mensurado. Os instrumentos de níquel-titânio mantiveram a curvatura original

do canal radicular em todos os casos, sendo que a diferença entre os grupos com as limas de aço inoxidável e níquel-titânio tornou-se estatisticamente significativa quando foram empregados instrumentos com calibre superior ao de número 30.

Zmener e Balbachan (1995) compararam as técnicas manual com limas tipo K e automatizada com limas de níquel-titânio numa amostra de 40 incisivos superiores extraídos com curvaturas entre 30° e 40°. O preparo apical em ambos os grupos foi realizado com a lima de calibre 35. Após os preparos, as raízes foram seccionadas longitudinalmente no plano mesio-distal. As amostras foram analisadas em MEV. Os canais radiculares preparados com a limas de níquel-titânio acionadas a motor demonstraram preparos bem centralizados, seguindo a curvatura original. Nesse grupo, a constrição apical foi preservada e nenhuma formação de degrau foi observada. No outro grupo, os autores observaram que o trajeto original dos canais radiculares foi retificado em sua maioria. No terço apical, a parte interna da curvatura não foi instrumentada, enquanto que a parte externa foi alterada, promovendo transporte apical. Como conclusão, esse estudo coloca que limas de aço-inoxidável K-File com calibres superiores ao 25 são rígidas e propensas a produzir alterações morfológicas no terço apical de canais curvos.

Thompson e Dummer (1997) verificaram a formação de *zip*, perfuração ou desgaste excessivo da área de perigo após a instrumentação de canais simulados de blocos de resina. Compararam o uso dos sistemas rotatórios NT Engine e McXim. Em 42% dos canais ocorreu desgaste significativo na parede côncava em seu terço médio.

No terço apical dos canais, os autores encontraram transporte para a parede côncava e, no terço médio, para a parede convexa.

O desvio apical foi medido por Lopes *et al* (1997) em canais radiculares de primeiros e segundo molares extraídos por meio de análise radiográfica. Foram comparados os preparos realizados com limas manuais de aço inoxidável Flexofile, Flexofile Golden Mediums, limas de níquel-titânio manuais NitiFlex e Profile série 29. O preparo apical foi realizado com o instrumento de calibre 25 em todos os grupos. Diferenças estatisticamente significantes foram encontradas quando comparados os grupos de limas de níquel-titânio acionadas a motor e manuais e entre as limas de aço inoxidável e de níquel-titânio. Os desvios apicais foram nulos com o emprego das limas de níquel-titânio acionadas a motor.

Bryant *et al* (1999) analisaram as alterações morfológicas produzidas nas paredes de canais artificiais produzidos em blocos de resina transparente pelo sistema Profile com conicidades 0.04mm/mm e 0.06mm/mm. Os blocos foram fotografados antes e depois da instrumentação e as imagens sobrepostas para análise. Observaram uma perda do comprimento de trabalho em 83% dos canais, *zip* apical em 12,5% e um desgaste mais acentuado na parede côncava do canal em 60% dos casos. Não ocorreram alterações na forma original do canal no preparo até o instrumento de calibre 25, entretanto, a partir do instrumento 35 houve um maior desgaste na parede côncava. Concluíram que o sistema Profile é rápido, efetivo e modela bem as paredes do canal, exceto naqueles com curvaturas próximas ao forame e usando instrumentos mais calibrosos, pelo aumento da sua rigidez.

Versumer, Hulsmann e Schafer (2002) fizeram uma análise comparativa de dois sistemas de instrumentação mecanizada Profile 0.04mm/mm e Lightspeed em 50 canais de molares inferiores com curvaturas entre 20° e 40°. O sistema Profile foi utilizado na técnica coroa-ápice e o sistema Lightspeed na técnica ápice-coroa, de acordo com as instruções do fabricante. O instrumento utilizado para o preparo apical foi a lima de calibre 45. A avaliação foi realizada através da sobreposição de radiografias pré e pós-operatórias. O valor médio de desvio apical para os dois sistemas foi menor do que 1°. Os autores concluíram que os dois sistemas mantiveram a curvatura original dos canais, sendo que nenhum deles promoveu perda do comprimento de trabalho e perfurações apicais.

Yoshimine, Ono e Akamine (2005) compararam o transporte do canal radicular produzido por três sistemas de instrumentação rotatória contínua: ProTaper, K3 e RaCe. Canais simulados em blocos de resina foram preparados pela técnica coroa-ápice até a lima de calibre 30. Foram obtidas imagens pré e pós-operatórias e comparadas em um microscópio. O sistema ProTaper causou maior transporte do canal radicular, além da tendência em formar *zip* apical. Concluíram que os sistemas K3 e RaCe devem ser utilizados para o preparo apical em canais portadores de curvaturas acentuadas.

Guelzow *et al* (2005) realizaram uma análise comparativa da instrumentação com uma técnica manual e seis diferentes sistemas automatizados com limas de níquel-titânio: FlexMaster, System GT, HERO 642, K3, ProTaper e RaCe. Utilizaram 147

canais méso-linguais de molares inferiores com curvaturas semelhantes (em torno de 70°). Os preparos foram realizados pela técnica coroa-ápice até o instrumento de calibre 30. As medições foram realizadas através de imagens radiográficas padronizadas submetidas a um programa de computador. Como resultados os autores obtiveram que todos os sistemas automatizados mantiveram a curvatura original do canal.

Em 2006, Liu *et al* verificaram o desvio apical promovido por dois sistemas de rotação contínua, ProTaper e GT, e pelo preparo manual com limas Flexofile em canais de dentes extraídos com curvaturas entre 25° e 40°. Uma amostra de 45 canais foi dividida em três grupos de acordo com o seu ângulo e raio de curvatura. O preparo apical nos três grupos foi realizado com o instrumento de calibre 25. As medições foram realizadas pelo método radiográfico de dupla exposição. Como resultados os autores obtiveram que os dois sistemas de rotação contínua foram superiores do que a técnica manual na manutenção da curvatura original dos canais radiculares.

Três sistemas de rotação contínua (K3, ProFile e RaCe) foram comparados por Al-Sudani e Al-Shahrani (2006) quanto a centralização do preparo. Foram utilizados 60 canais radiculares de molares inferiores com curvaturas entre 15° e 40°. Os dentes foram divididos em três grupos de acordo com seus ângulos e raios de curvatura. Para a avaliação, as raízes foram seccionadas a 3mm, 5mm e 8mm do ápice. As secções transversais foram digitalizadas antes e após os preparos. O preparo apical foi realizado com instrumento de calibre 30 e conicidade 0.06 mm/mm em todos os grupos. Um

programa de computador foi empregado para a verificar a capacidade de centralização dos sistemas. Os resultados demonstraram que os três sistemas preservaram a estrutura dentinária, sendo que o sistema RaCe apresentou maior transporte do canal radicular.

Avaliando a instrumentação de canais radiculares curvos, Jodway e Hulsmann (2006) empregaram dois sistemas de rotação contínua, K3 e NiTi-Tee. A amostra foi formada por 50 canais mesiais de molares inferiores extraídos com curvaturas entre 20° e 40°. Num grupo, os canais radiculares foram instrumentados com as limas NiTi-Tee e preparo apical realizado com a lima de calibre 30 com conicidade 0.04mm/mm. No outro grupo de canais radiculares foi utilizado o sistema K3, com preparo apical realizado com a lima de calibre 45 e conicidade 0.02mm/mm. Foram realizadas tomadas radiográficas antes e após os preparos e fotografias de secções transversais para verificar mudanças nas curvaturas e diâmetros dos canais radiculares. Como conclusões deste estudo, os autores encontraram que ambos sistemas mantiveram a curvatura dos canais radiculares e são seguros para o uso.

Em 2006, Loizides, Eliopoulos e Kontakiotis avaliaram o transporte apical na instrumentação de canais artificiais realizado por um sistema de rotação contínua (ProFile) e o preparo manual com limas Flexofile. 30 canais simulados foram divididos em dois grupos. Um grupo foi preparado pelo sistema ProFile na técnica coroa-ápice e o outro com as limas manuais segundo a técnica ápice-coroa. Antes e após a instrumentação, os canais simulados tiveram suas imagens digitalizadas por *scanner* para transparências e as imagens foram sobrepostas. Através de um programa de

computador o transporte dos canais após os preparos foi calculado. Diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre os grupos a 1mm, 2mm, 4mm, 5mm e 6mm do forame apical. A 3mm do ápice as técnicas tiveram o mesmo transporte. Os resultados demonstraram que o sistema ProFile promoveu os menores desvios, indicando um preparo mais estandardizado.

Comparando o desvio apical e mudanças na curvatura dos canais radiculares, Javaheri e Javaheri (2007), analisaram três sistemas automatizados Hero 642, RaCe e ProTaper. 60 canais méso-vestibulares de primeiros molares superiores com ângulos de curvaturas entre 25° e 35° foram instrumentados pela técnica coroa-ápice até o instrumento de calibre 30. Usando a plataforma radiográfica, radiografias pré e pós operatórias foram obtidas. Através de um programa de computador, as imagens foram ampliadas e sobrepostas. O transporte apical foi mensurado na altura de 1mm do ápice. Os dados foram submetidos à análise estatística Anova e uma diferença estatisticamente significativa foi encontrada no grupo do sistema ProTaper. Os autores aconselham para o sistema ProTaper, o uso concomitante de limas mais flexíveis, como do sistema RaCe, no preparo de canais curvos.

2.4 Determinação da curvatura dos canais radiculares

Em 1971, Schneider propôs uma técnica pioneira objetivando determinar o grau de curvatura dos canais radiculares. Esse método consiste em traçar uma linha paralela ao longo eixo do canal radicular, sobre a imagem radiográfica do dente obtida previamente. Após, é traçada uma segunda linha que sairá do forame apical e fará intersecção com a primeira no ponto em que o canal começa a deixar o longo eixo traçado. O ângulo agudo formado é medido em graus. Este método classifica as curvaturas dos canais radiculares em leve (5° ou menos), moderada (10° a 20°) e severa (25° a 70°).

Em 1997, Pruet, Clement e Carnes constataram que dois canais que apresentassem o mesmo ângulo poderiam ter seus raios bastante diferentes ou curvaturas abruptas, tendo um diferente impacto na dificuldade da instrumentação dos condutos radiculares. Os autores sugeriram que considerando o ângulo da curvatura em combinação com o raio da curvatura tem-se maior exatidão na determinação da curvatura do canal radicular. Postulam, então, que o ângulo da curvatura de um canal radicular é independente de seu raio e uma curvatura mais abrupta corresponde a um menor raio.

Schäfer *et al* (2002) mediram o ângulo e o raio das curvaturas e o comprimento da parte curva de 1163 canais radiculares de 700 dentes permanentes humanos. A metodologia consistiu na introdução de uma lima número 08 nos canais radiculares e

realização de tomadas radiográficas utilizando técnica estandardizada. As radiografias foram digitalizadas e analisadas em computador. Os autores mediram o ângulo da curvatura dos canais radiculares seguindo a técnica proposta por Schneider (1971). O raio foi calculado através de uma fórmula matemática baseada no ângulo da curvatura e na medida do comprimento de uma linha reta que une o ponto do longo eixo do canal onde a curvatura inicia e o forame apical. Como conclusão do estudo os autores preconizam a mensuração não só do ângulo da curvatura, mas também de seu raio e do comprimento da parte curva dos canais radiculares para que se determine de forma exata e apropriada sua curvatura.

3. Proposição

Este estudo se propôs a realizar uma avaliação *in vitro* da ocorrência de desvio apical e sua magnitude nas instrumentações manual com limas de aço-inoxidável, rotatória de giro contínuo com o sistema K3 e rotatória de giro alternado com contra-ângulo NSK e limas de aço-inoxidável, em raízes méso-vestibulares de molares superiores.

4. Metodologia

4.1. Tipo de Estudo

Foi realizado um estudo randomizado *in vitro*, cego e controlado por técnica convencional.

4.2. Local de realização da pesquisa

Esse estudo foi realizado na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul do Brasil sob o protocolo número 196/06.

A etapa experimental foi desenvolvida no ambulatório de Endodontia da mesma instituição.

4.3. Seleção da amostra e cálculo amostral

Para este trabalho foram selecionados primeiros molares superiores humanos permanentes extraídos por razões diversas. Num primeiro momento, os dentes foram radiografados no sentido ortoradial. Foram excluídos aqueles que tiveram manipulação endodôntica anterior, dentes com formação radicular incompleta, presença de calcificações obliterando os condutos, reabsorções dentárias externa e interna e presença de curvaturas acima de 40°. Os dentes foram mantidos em formol a 10%.

Após a realização do experimento piloto, o tamanho final da amostra foi definido por meio de cálculo amostral, resultando num total de 60 canais.

4.4. Preparo dos dentes

As coroas de todos os dentes selecionados foram seccionadas 5mm aquém do limite amelocementário e a raiz méso-vestibular foi separada das demais, através de disco de diamante montado em peça reta.

4.4.1. Exploração dos canais radiculares e determinação do comprimento de trabalho

A exploração dos canais radiculares foi realizada com lima de aço inoxidável Triple Flex (SybronEndo, Glendora, CA, USA) número 10, sempre com os canais inundados com hipoclorito de sódio a 1%. O comprimento de trabalho foi estabelecido subtraindo-se 1mm quando a ponta da lima se encontrasse justaposta a saída foraminal.

4.4.2. Demarcação dos locais de secção das raízes

Os locais de secção das raízes foram demarcados previamente em sua superfície externa. Através da introdução de uma lima de número 10 em toda a extensão do canal e um pequeno trespasse no forame apical, foram traçadas com tinta nankin duas linhas retas nas superfícies externas, mesial e distal, da raiz, ligando os pontos onde a lima adentrava o canal radicular e sua saída no forame apical. Em seguida, foi realizado o vedamento da entrada do canal, bem como do forame apical de todos os canais com cera utilidade.

4.5. Inclusão das amostras em bloco de resina/raiz e molde de gesso

Para a avaliação do desvio apical promovido em cada técnica de preparo neste estudo foram construídas muflas à semelhança da proposta de Bramante, Berbert e Borges (1987) e modificada por López *et al* (2005).

Tubos plásticos de micro centrifuga de 1,5ml (Eppendorf AG, USA) (Figura 1) tiveram seus tampões removidos e seu interior isolado com vaselina. Após, foram preenchidos com resina autopolimerizável transparente (DuraLay, Reliance Dental Mfg Co Worth, IL, USA).



Figura 1. Tubo de Eppendorf

Durante a fase plástica da resina, foi introduzida a raiz até o limite da entrada do canal radicular, deixando-a livre na superfície externa do acrílico. Quando da polimerização completa, o bloco resina/raiz foi retirado do tubo plástico Eppendorf. No bloco foram feitos sulcos com disco diamantado, que serviram como localizadores na mufla (Figura 2).



Figura 2. Sulcos de realociação nos blocos resina/raiz

Como molde para a mufla foi usado um segmento plástico de condutor de fio elétrico de 5cm de comprimento por 5cm de largura (tipo conduíte, sistema X, marca Pial – Legrand, referência 300-24) (Figura 3).

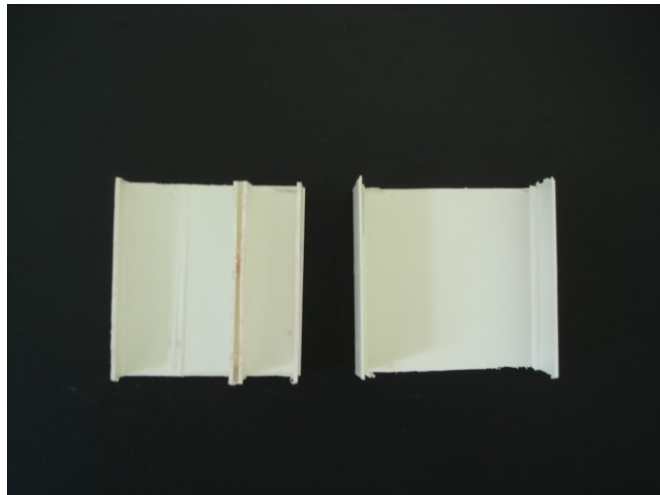


Figura 3. Molde para mufla

Na parte inferior do segmento do condutor foi despejado gesso pedra tipo especial, onde o bloco de resina, previamente isolado com vaselina, foi incluído,

horizontalmente, até a metade de sua espessura. Após a presa do gesso, toda sua superfície foi isolada com vaselina e, então, a porção superior do segmento do condutor elétrico foi encaixada. Em seu interior foi vazado gesso pedra tipo especial, completando a outra metade do conjunto, perfazendo a mufla (Figuras 4 e 5).

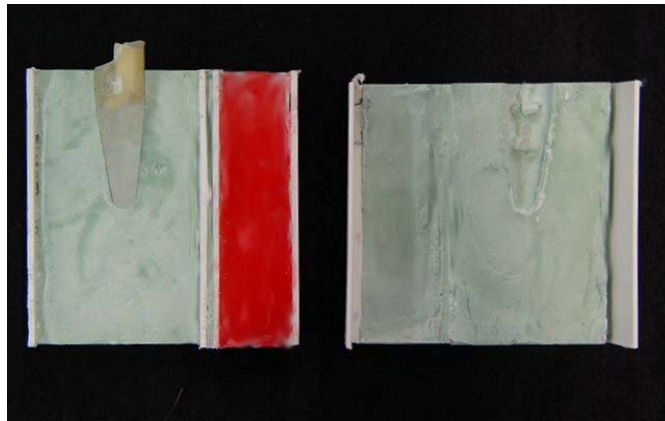


Figura 4. Parte interna da mufla

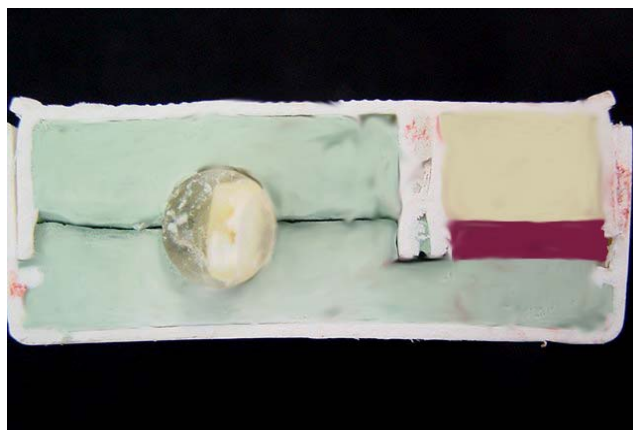


Figura 5. Encaixe perfeito da raiz em sua mufla

4.6. Secção das raízes

Removidos os blocos resina/raiz de suas muflas, foi realizado um corte longitudinal em cada bloco exatamente nas demarcações realizadas anteriormente nas superfícies mesial e distal de cada raiz, obtendo, portanto, 2 segmentos de bloco de resina, um com a porção vestibular da raiz e o outro com a palatina. Os cortes foram realizados na máquina de precisão Extec Labcut 1010 (Enfield, CT, USA), utilizando disco de diamante (Extec, Enfield, CT, USA) com 0,3mm de espessura e 120mm de diâmetro, numa velocidade 250 rpm.

Os segmentos resultantes foram reposicionados nos seus moldes na mesma e exata posição anterior do seu corte.

4.7. Medidas prévias aos preparos

Durante o projeto piloto foi realizada a calibragem intra-examinador, utilizando a Correlação Intra-Classe (ICC) para variáveis quantitativas. O valor obtido foi de 0,99, representando uma excelente correlação entre as medidas do examinador.

Previamente aos preparos, foi selecionada a metade onde o canal radicular apresentasse o seu trajeto mais nítido a olho nu. Os cortes escolhidos foram marcados para posterior identificação. A metade selecionada de cada raiz, contendo uma lima número 10 introduzida até o comprimento de trabalho e fixada com cera utilidade, teve

sua parte interna, com o trajeto original do canal exposto, digitalizada por *scanner* de mesa HP Photosmart 2600/2700 series All-in-One (Hewlett-Packard Development Company, CA, USA) (Figura 6). Os parâmetros de digitalização foram 8 bits, tamanho real, resolução de 300 d.p.i., ajuste automático de brilho e contraste e formato de arquivo JPEG. Foi utilizado um computador com processador Celeron M360 (1.4 GHz / 1MB) (Dell, Eldorado do Sul, RS, Brasil). As imagens foram trabalhadas no programa Adobe Photoshop 8.0.1 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA), as medições foram realizadas no programa AutoCAD 2004 (Autodesk Incorporated, CA, USA) e os cálculos necessários no programa Excel 2002 (Microsoft Corporation, USA). O examinador estava cego para os grupos.

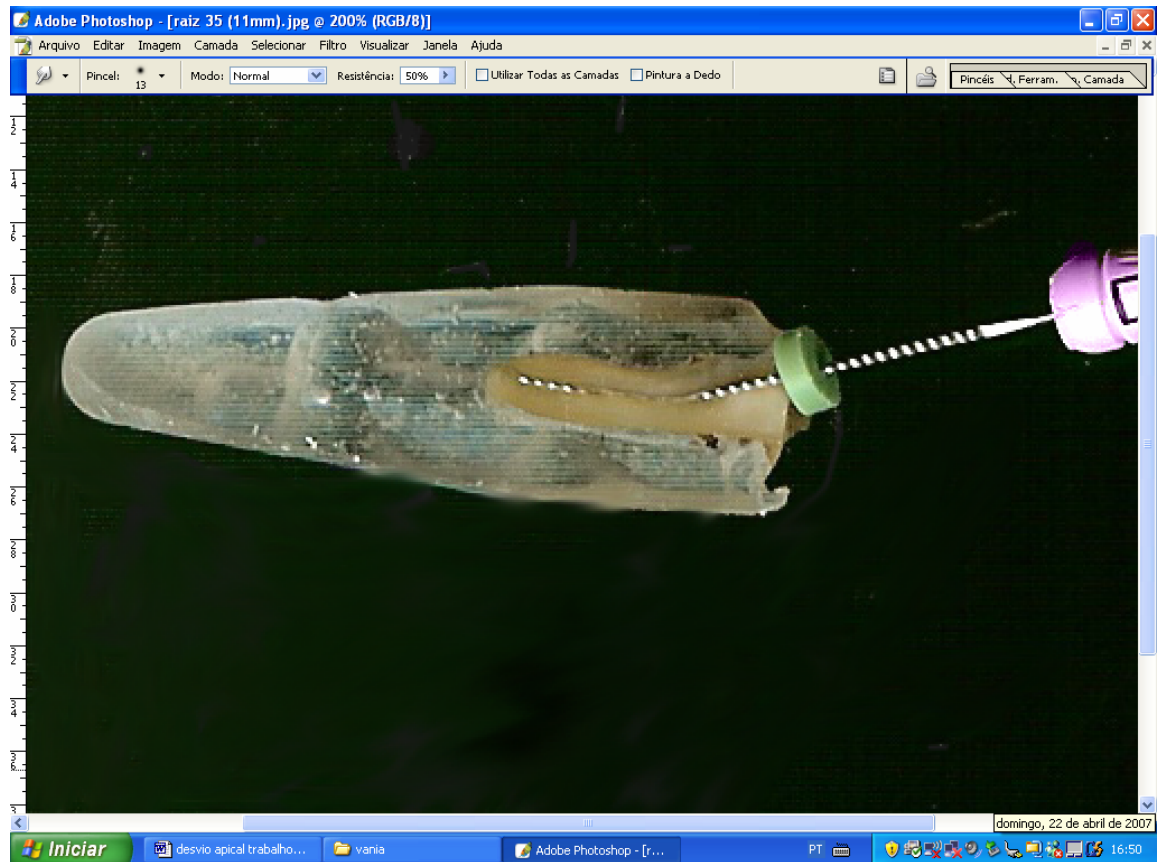


Figura 6 – Lima de calibre 10 inserida em uma das metades do canal radicular para as medições

No programa AutoCad 2000, foram traçadas duas linhas propostas pelo método de Schneider (1971) sobre cada uma das imagens digitalizadas (Figura 7). Sobre a parede mesial do canal radicular foi traçada uma linha, paralela ao seu longo eixo. Em seguida, foi traçada uma outra linha que partia exatamente da ponta da lima (Figura 7 - ponto B), que se encontrava no interior do canal radicular, e fazia intersecção com a primeira linha traçada no ponto onde tinha início a curvatura, ou seja, quando a parede mesial começava a deixar o longo eixo traçado (Figura 7 - ponto A). O ângulo agudo (x) formado por essas duas retas foi registrado.

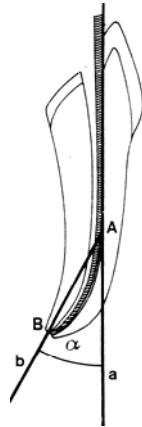


Figura 7. Linhas traçadas sobre o canal radicular segundo a técnica de Schneider et al

Fonte: Schäfer et al, 2002

A curvatura dos canais radiculares foi definida matematicamente através das medidas do ângulo (em graus) e do raio (em milímetros), segundo a proposta de Schäfer et al (2002).

A linha que une os pontos A e B (Figura 8) é uma corda do círculo hipotético que define a parte curva do canal radicular. A curvatura delimitada entre os pontos A e B é um arco do círculo hipotético, especificado por seu raio. O raio foi determinado através de cálculo matemático baseado no comprimento da linha A-B e no valor do ângulo agudo medido, segundo os princípios geométricos do triângulo isósceles ($r = \frac{A-B}{2 \sin \alpha}$).

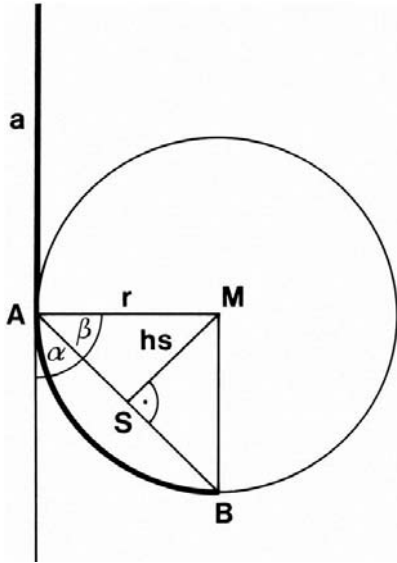


Figura 8. Pontos de referência para o cálculo do raio de um canal curvo. O canal radicular é representado pela linha em negrito.

A-B – comprimento desde o início da curvatura até o forame apical.

α - ângulo de curvatura.

Fonte: Schäfer et al, 2002

As medidas encontradas foram armazenadas em planilhas do programa Excel e as imagens digitalizadas foram armazenadas no formato JPEG, compressão 3:1.

Uma quantidade igual de raízes com graus curvatura e raio semelhantes foi aleatoriamente distribuída em 3 grupos. A medida em ângulo das curvaturas variou de 15° a 40°. Cada raiz foi identificada com o número do grupo e numerada para identificação individual. A amostra foi aleatoriamente distribuída entre os três sistemas de instrumentação propostos.

4.8. Preparo dos canais radiculares

Os preparos dos canais foram realizados por um único operador, especialista em Endodontia que foi treinado durante o projeto piloto, seguindo a técnica coroa-ápice. O preparo apical, nos três grupos, foi realizado com os instrumentos de calibre 30, 35 e 40. Primeiramente, ele foi confeccionado com a lima de calibre 30. Nesse momento, a mesma metade de cada raiz que teve sua imagem digitalizada anteriormente, foi novamente digitalizadas por scanner de mesa com a lima 30 introduzida até o comprimento de trabalho (Figura 9). Esses passos foram repetidos para as limas de calibres 35 e 40 na confecção do batente apical (Figuras 10 e 11).

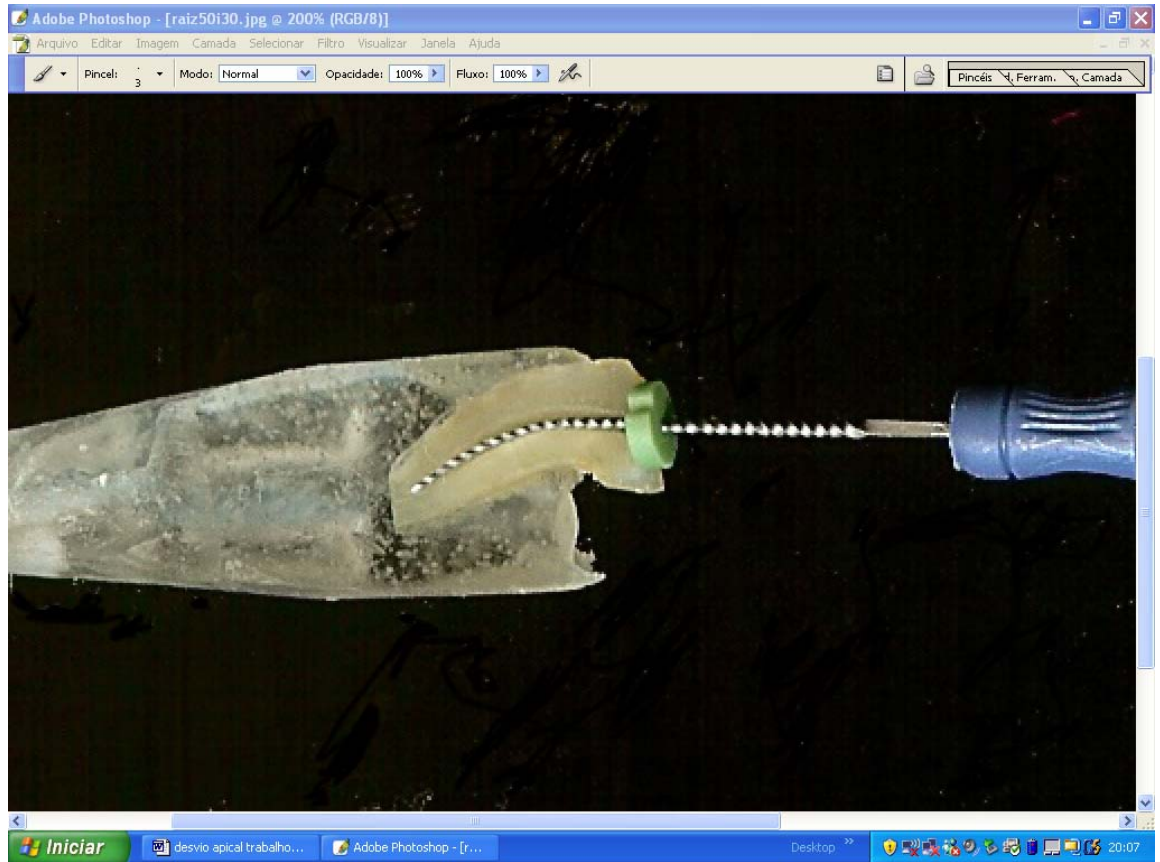


Figura 9. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 30 em posição após o preparo apical

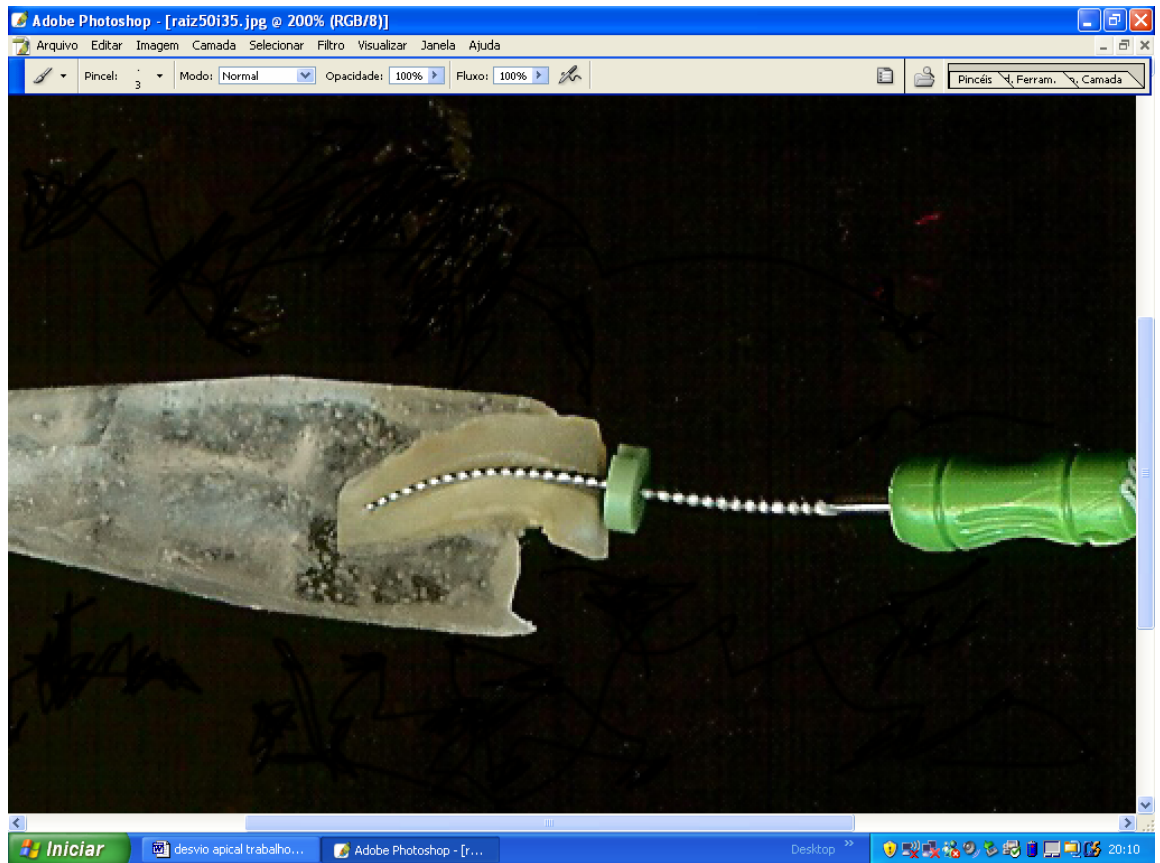


Figura 10. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 35 em posição após o preparo apical

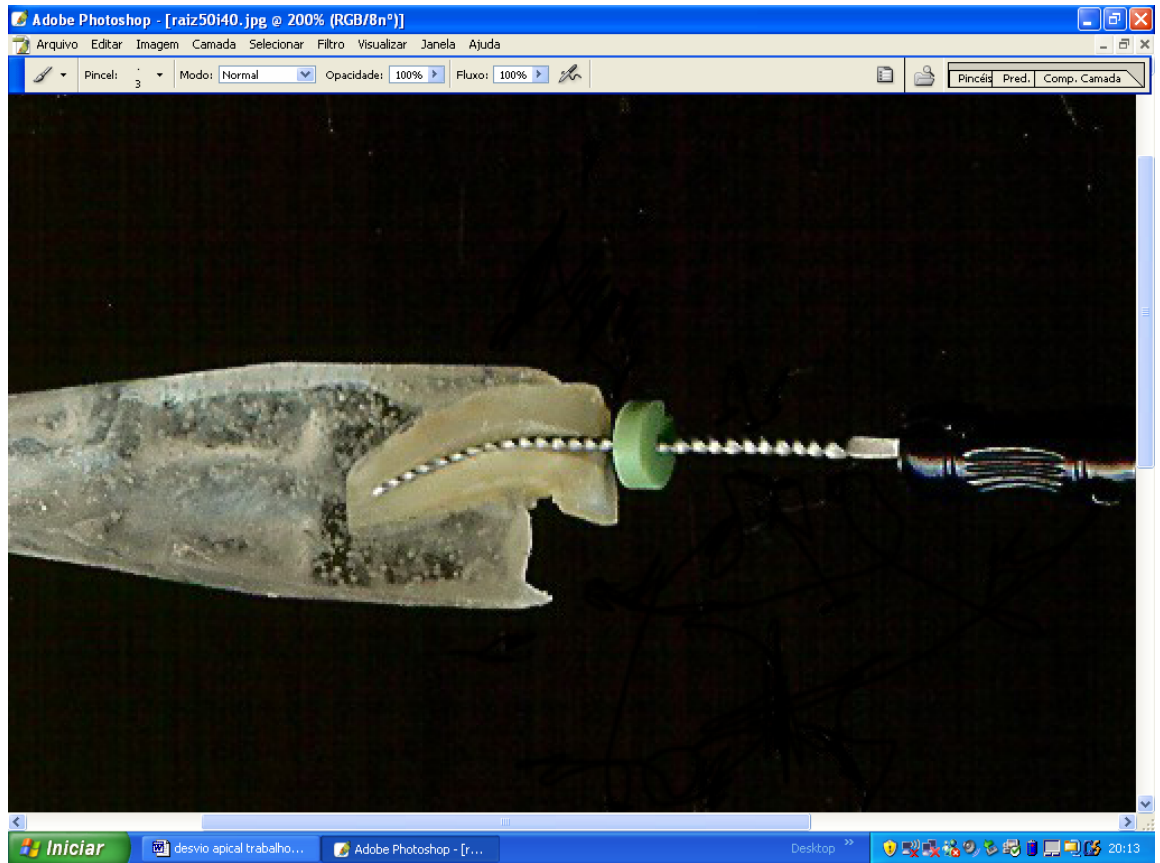


Figura 11. Digitalização da imagem da metade radicular com o instrumento de calibre 40 em posição após o preparo apical

Os canais foram instrumentados sob irrigação constante. A cada troca de instrumento foi realizada a recapitulação com a lima de aço inoxidável calibre 10 até o comprimento de trabalho.

Associada à recapitulação, a cada troca de instrumento, foi realizada irrigação com 2ml de solução, iniciando com hipoclorito de sódio 1%. A segunda irrigação foi feita com EDTA trissódico a 17% com pH 7,3. Dessa forma, a irrigação foi efetuada alternando essas duas soluções, sendo finalizada com hipoclorito de sódio. Para tal, cada solução foi acondicionada em uma seringa plástica descartável de 20ml (BD Indústria Cirúrgica Ltda) acoplada a agulha Ultradent (ref. IJP 349 – Ultradent Products Inc, USA).

Cada instrumento foi utilizado para o preparo de três canais radiculares e depois descartado.

8.1. **Grupo 1:** 20 raízes tiveram o preparo do canal com limas manuais Triple Flex (SybronEndo, Glendora, CA, USA). A técnica de preparo utilizada para este grupo foi proposta por Só *et al* (1999).

Com canal inundado com a solução irrigadora, a instrumentação foi iniciada com uma lima de calibre 45 ou 40 conforme diâmetro anatômico da embocadura do canal. Esse instrumento foi introduzido no canal até encontrar resistência. Então, foram empregados movimentos oscilatórios com discreta rotação à direita e à esquerda com suave pressão apical. Estes movimentos foram repetidos até que se observasse que a

lima, no mesmo comprimento de trabalho, se encontrasse folgada no canal. Este passo foi repetido sucessivamente com instrumentos de menor calibre até atingir o comprimento de trabalho.

As limas que atingiram o terço apical do canal radicular foram pré-curvadas em seus milímetros finais com auxílio de um flexor de limas endodônticas (Flexobend, Aronson, SP).

O preparo apical foi realizado com movimentos de introdução, oscilatórios de giro à esquerda e à direita no comprimento previamente determinado e depois tração. Foi iniciado com a lima que atingisse o comprimento de trabalho, sendo levado até as limas de calibres 30, 35 e 40.

Logo após, foi efetuado o recuo progressivo anatômico no qual foram empregadas as limas de calibres 45, 50, 55 e 60 com movimentos de imagem anti-curvatura (ABOU-RASS, FRANK e GLICK, 1980).

8.2. Grupo 2: 20 raízes tiveram o preparo do canal com o sistema automatizado com rotação contínua, utilizando limas de níquel-titânio. O sistema K3 (SybronEndo, Glendora, CA, USA) foi utilizado no motor elétrico redutor Endo Pró-Torque (Driller Equipamentos Elétricos Ltda, São Paulo, SP) onde foi acoplado um contra-ângulo (KaVo do Brasil Ltda, Joinville, SC). A velocidade utilizada foi de 300 r.p.m e torque ajustado em 2N.

No preparo do terço cervical foram empregados os alargadores 25/.10 e 25/.08; no terço médio as limas 30/.06 e 25/.04 e no terço apical foi utilizada a seqüência 30/.02, 35/.02 e 40/.02. A cinemática consistiu em movimentos de propulsão e recuo de pequena amplitude (bicadas) com leve pressão apical. Este movimento teve amplitude de 1 a 3 mm. O tempo de uso de cada instrumento durante o ato operatório foi de aproximadamente 5 a 10 segundos.

8.3. Grupo 3: 20 raízes tiveram o preparo do canal com o sistema automatizado de rotação alternada, utilizando limas de aço-inoxidável Triple Flex (SybronEndo, Glendora, CA, USA). O contra-ângulo redutor 16:1 (NSK, Nakanishi, Japão) foi acoplado no micro-motor (Kavo do Brasil Ltda, Joinville, SC), movido a ar comprimido. A cinemática utilizada foi introdução da lima de maior calibre (número 45, 40) até encontrar resistência e tração com movimentos anti-curvatura. Na seqüência foram utilizados os instrumentos de menor calibre, até que se atingisse o comprimento de trabalho.

Novamente, as limas que atingiram o terço apical dos condutos radiculares sofreram um pré-curvamento em sua extremidade. Após a confecção do batente apical, foi realizado o recuo progressivo anatômico (4 instrumentos com calibre superior ao memória).

4.9. Medidas após preparo

Utilizando o programa Adobe Photoshop, as imagens digitalizadas foram submetidas ao ajuste de contraste. Cada imagem pós-operatória, contendo a lima 30, 35 e 40, foi transformada em camada com 50% de transparência e cada uma delas foi, separadamente, sobreposta à imagem pré-operatória. Por meio de pequenos movimentos de translação e rotação, foi ajustada até que houvesse um encaixe perfeito de seus contornos com a imagem do plano de fundo (pré-operatória), de forma que o ponto A se localizasse exatamente no mesmo local em ambas.

Sobre as imagens sobrepostas foram demarcados três pontos: ponto 1 - extremidade apical da lima 10; ponto 2 - extremidade apical da lima memória (30, 35 e 40); ponto 3 - local onde o canal cirúrgico começa a desviar do canal anatômico. Essa imagem com as demarcações foi transferida para o programa AutoCAD 2000. Nesse programa foram traçadas duas linhas unindo os pontos 1 e 2 e 2 e 3, formando, dessa forma, um ângulo entre elas. Esse ângulo foi, então, mensurado (Figura 12).

As diferenças nas medições foram submetidas à análise estatística, quando então foi realizada a comparação entre os métodos de preparo dos canais radiculares.

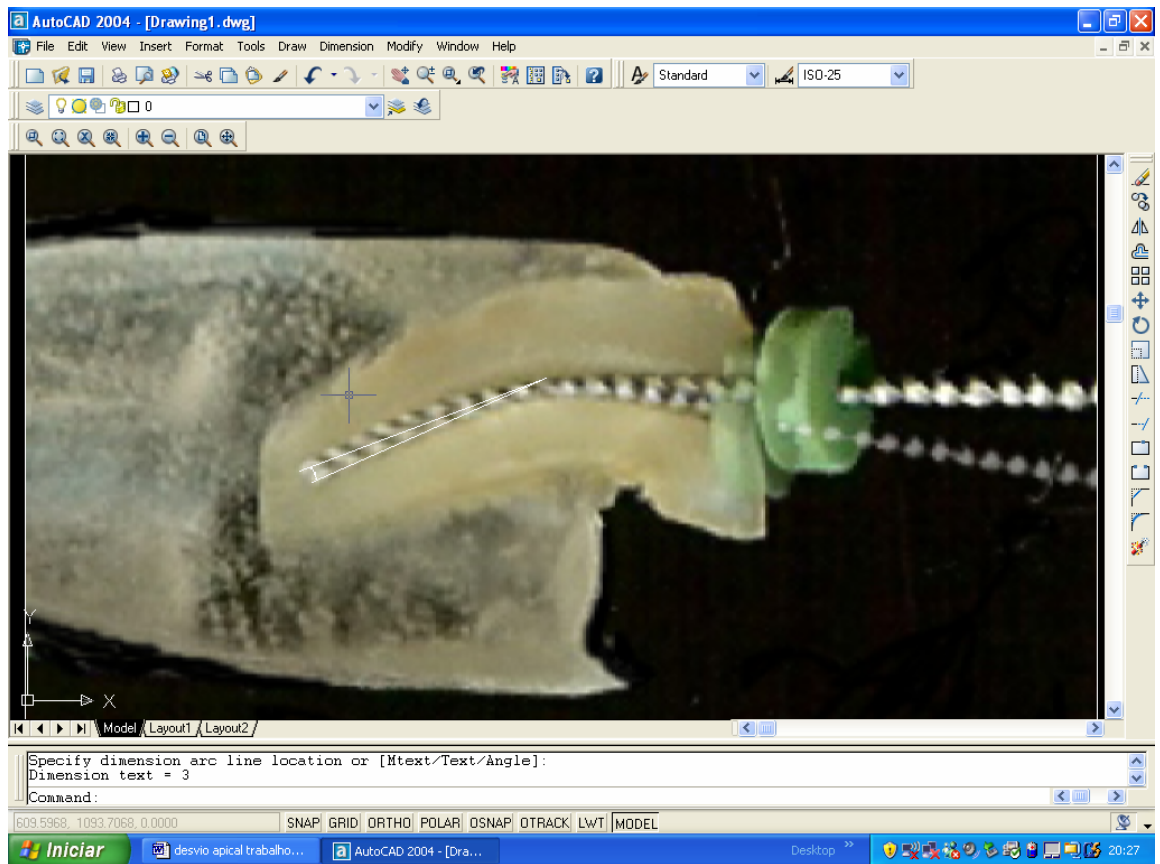


Figura 12. Imagens sobrepostas e mensurações no programa AutoCad

4.10. Análise Estatística

4.10.1. Experimento Piloto

Foi realizado um experimento piloto utilizando a metodologia acima proposta, para os 3 grupos, cada um deles composto por 10 raízes.

O principal objetivo de sua realização foi verificar a possibilidade de sua execução, calibrar o operador, treinar o examinador e levantar possíveis dificuldades.

A partir dos dados obtidos desse experimento, foram realizados ajustes no tamanho da amostra.

4.10.2 Cálculo do Tamanho da Amostra

De acordo com os dados do projeto piloto e considerando um poder de 80% e um nível de confiança de 95% o tamanho mínimo da amostra foi de 40 espécimes. Baseados nesse cálculo, definimos para cada grupo do presente experimento o número de 20 raízes.

4.10.3 Análise dos Resultados

Para a verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste não-paramétrico Kolmogorov-Smirnov. Este teste é considerado uma prova de aderência, diz respeito ao grau de concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais e determinada distribuição teórica específica, neste caso, a distribuição normal. Para os dados deste estudo, algumas medidas não apresentaram essa condição (medidas relacionadas à comparação entre os grupos e limas). Por este motivo, os testes aplicados nessa pesquisa foram testes não-paramétricos.

Para a comparação entre as limas, por serem dados pareados, foi utilizado o teste não-paramétrico de Friedman ($\alpha = 1\%$). Esse teste permite a comparação de dados resultantes de uma mesma amostra (dependentes) em momentos distintos (lima 30, 35 e 40). Quando a comparação foi realizada apenas para duas limas, o teste utilizado foi o Wilcoxon ($\alpha = 1\%$).

Para a comparação entre os três grupos foi utilizado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ($\alpha = 1\%$), teste esse que objetiva a comparação dos valores de uma amostra provenientes de 3 ou mais grupos.

Para o processamento e análise dos dados foi utilizado o software estatístico SPSS versão 10.0

5. Resultados

Quando se comparou as diferenças entre as limas 30, 35 e 40 para cada grupo em relação à lima inicial, a lima 30 não participou do teste estatístico nos grupos K3 e manual, pois todas as raízes apresentaram diferença zero em relação ao inicial. Por se tratar de uma comparação entre dois tipos de limas utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon onde se verificou que existe diferença significativa entre as limas estudadas. Observa-se que todas as limas diferem entre si, sendo que a lima 30 nos grupos manual e K3 não apresentou alteração na curvatura original do canal radicular. Observa-se que a lima 40 apresenta valores superiores à lima 35. ($p = 0,000$)

Para o grupo NSK, por ser uma comparação entre os três tipos de limas utilizou-se o teste não-paramétrico de Friedman onde se verificou que existe diferença significativa entre as limas estudadas. Observa-se que todas as limas diferem entre si. ($p = 0,000$)

Tabela 1. Comparação das diferenças nas medidas das curvaturas (em graus) após preparo em relação à curvatura inicial entre as limas para cada grupo

*Nos grupos K3 e manual a lima 30 não participou do teste estatístico pois todas as raízes apresentaram diferença zero em relação ao inicial

** Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si

<i>Diferença</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>P</i>
Manual* (grupo 1)				
Diferença Lima 30	20	0,00	0,00	
Diferença Lima 35	20	1,10 ^A	0,97	= 0,000
Diferença Lima 40	20	3,20 ^B	1,28	
Grupo K3* (grupo 2)				
Diferença Lima 30	20	0,00	0,00	
Diferença Lima 35	20	0,10 ^A	0,31	= 0,000
Diferença Lima 40	20	1,00 ^B	0,97	
NSK (grupo 3)				
Diferença Lima 30	20	0,35 ^A	0,49	
Diferença Lima 35	20	1,95 ^B	1,23	= 0,000
Diferença Lima 40	20	4,60 ^C	3,17	

Quando se comparou as diferenças entre os grupos em relação a cada lima 30, 35 e 40, observa-se por meio dos resultados obtidos pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis que existe diferença significativa entre os grupos estudados. Para as limas 35 e 40 todos os grupos diferem significativamente entre si ($p < 0,01$)

Tabela 2. Comparação das diferenças nas medidas das curvaturas (em graus) após preparo em relação à curvatura inicial entre os grupos para cada tipo de lima.

* Nos grupos K3 e manual a lima 30 não participou do teste estatístico pois todas as raízes apresentaram diferença zero em relação ao inicial

** Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si

<i>Grupo</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>Rank Médio</i>	<i>P</i>
Diferença Lima 30*					
Grupo Manual	20	0,00	0,00	-	
Grupo K3	20	0,00	0,00	-	
Grupo NSK	20	0,35	0,49	-	-
Diferença Lima 35					
Grupo Manual	20	1,10	0,97	32,45 ^A	
Grupo K3	20	0,10	0,31	16,45 ^B	
Grupo NSK	20	1,95	1,23	42,60 ^C	= 0,000
Diferença Lima 40					
Grupo Manual	20	3,20	1,28	35,67 ^A	
Grupo K3	20	1,00	0,97	13,05 ^B	
Grupo NSK	20	4,60	3,17	42,78 ^C	= 0,000

6. Discussão

É indiscutível que a endodontia, nesses últimos anos, apresentou grandes avanços nos que diz respeito aos materiais e técnicas de preparo e obturação dos canais radiculares. A fase do preparo químico-mecânico representa uma das etapas mais importantes da terapia endodôntica, onde é realizada a modelagem e desinfecção dos condutos. Durante a instrumentação de canais curvos, mudanças significativas podem ocorrer em sua anatomia interna dependendo da técnica e instrumentos utilizados em seu preparo. Por esta razão, tem-se lançado no mercado instrumentos cada vez mais flexíveis, capazes de acompanhar a curvatura dos canais.

Hoje, a instrumentação automatizada faz parte da rotina do especialista e, em alguns casos, do clínico também. Além de apresentar vantagens como a redução acentuada do tempo de trabalho, diminui a fadiga do operador e de seu paciente. Assim, inúmeras pesquisas têm sido direcionadas para avaliar a qualidade do preparo realizado por estes sistemas.

A introdução das limas de níquel-titânio veio para revolucionar a endodontia. Instrumentos que se caracterizam por extrema flexibilidade e, quando acionados por motor elétrico, têm sua ação de corte potencializada e tempo de trabalho reduzido (SHAFER, TEPEL E HOPE, 1995). Dessa forma, esses instrumentos permitem uma dilatação mais segura e controlada, inclusive no terço apical, onde pode-se realizar uma

limpeza mais efetiva com menores chances de acidentes operatórios (GLOSSON *et al*, 1995; VERSUMER, HÜLSMANN e SCHAFERS, 2002).

Apesar de todas essas inovações, a instrumentação manual continua sendo a técnica mais empregada no preparo dos canais radiculares. Nenhum aparelho, até os dias atuais, substituiu essa técnica em sua totalidade, proporcionando a sensação tátil e a segurança que se tem com o instrumento manual. Em canais radiculares portadores de curvaturas muito abruptas e acentuadas, o preparo com os sistemas automatizados é contra-indicado, sendo o preparo manual a alternativa mais segura e apropriada.

A metodologia de avaliação desse estudo, empregou uma modificação da mufla de Bramante (LÓPEZ *et al*, 2005), que permitiu a comparação de imagens realizadas dos condutos antes, durante e após a sua instrumentação. Trata-se de um método difundido mundialmente, de fácil execução e custo reduzido, características importantes para o seu uso em pesquisas.

A modificação introduzida por López *et al* (2005), emprega a utilização de materiais para a confecção da mufla que facilmente podem ser encontrados no mercado e de custo bastante acessível, como por exemplo os tubos de Eppendorf e os segmentos plásticos de condutor de fio elétrico. Contudo, a construção da mufla demanda cuidados. É importante o uso de gesso pedra de boa qualidade para que, ao remover o bloco resina/raiz para o corte não ocorra o rompimento das paredes que o envolvem, permitindo o seu reposicionamento na mesma e exata posição. A confecção dos sulcos de realocização nas paredes do bloco resina/raiz também deve ser

cuidadosa, de forma a promover um encaixe eficiente desse bloco na mufla. Esse fato é de grande importância, pois no momento do preparo, devido ao corte longitudinal, as metades de cada raiz necessitam ficar bem justapostas, sem espaços. Caso contrário, a instrumentação é inviabilizada.

As coroas de todos os dentes selecionados foram seccionadas 5mm aquém do limite amelocementário, buscando uma padronização no momento da remoção da estrutura coronária e, também, manter as dificuldades características do acesso ao canal méso-vestibular em molares.

Outro fator importante, é a etapa da inclusão da raiz na resina acrílica. As marcações realizadas nas faces mesial e distal de cada raiz com tinta nankin são de extrema importância para que o corte acompanhe, o máximo possível, o trajeto do canal radicular. O emprego da resina acrílica transparente permite a sua completa visualização no momento do posicionamento do bloco resina/raiz na máquina de corte.

O vedamento com cera utilidade, tanto do forame apical quanto da embocadura do canal radicular é imprescindível, impedindo a entrada do acrílico e também, no caso da embocadura do canal radicular, gesso pedra. Ainda, nessa etapa, deve-se cuidar para que a raiz fique bem centralizada dentro do tubo de Eppendorf, para que no momento do corte do bloco não ocorra que uma das metades fique delgada demais, dificultando sua realocação na mufla.

O corte longitudinal das raízes, permitiu a visão direta de toda a extensão dos condutos e, dessa forma, observar qualquer modificação em seu trajeto após o preparo sem erros. Nesse estudo, os corte foram realizados na máquina de precisão Extec Labcut 1010, utilizando disco diamantado de espessura que permitiu a realização de cortes que não comprometessem a estrutura do canal radicular, visto que, se trabalhou com condutos extremamente atrésicos.

Por meio da digitalização dessas imagens, foi possível transferí-las para programas de computador específicos, onde foram trabalhadas e os desvios mensurados. No programa Photoshop foi realizada a sobreposição das imagens antes e após o preparo do canal radicular. Com o emprego de camadas, alterando transparências, torna-se possível o encaixe com exatidão dessas imagens. Após, o programa AutoCad foi empregado, pois permite a mensuração do ângulo formado entre as limas com extrema confiabilidade e segurança. Apesar de se tratar de uma técnica de execução complexa e delicada, o seu resultado não deixa dúvidas quanto a sua exatidão.

Metodologias como as de Baker (1975), com a análise em MEV, Walton (1976), com os cortes histológicos e Abou-Rass e Jastrab (1982), com a moldagem em silicone, impossibilitam comparações entre o canal anatômico com o cirúrgico. Portanto, esses métodos de análise não são viáveis para avaliação de desvio apical.

De outra parte, poderiam ter sido utilizadas técnicas que empregam o uso de imagens como a plataforma radiográfica de Sydney *et al* (1991) ou mesmo a

microtomografia computadorizada (NIELSEN *et al*, 1995; RHODES *et al*, 1999). Nessa ordem de idéias, o método descrito por Sydney é de fácil confecção e não invasiva. Verifica até pequenos desvios. Contudo, pequenas distorções na hora da tomada radiográfica podem ocorrer, acarretando erros de medições. Já a microtomografia computadorizada constitui um grande avanço e tem sido cada vez mais investigada para medições em endodontia. Segundo Tachibana e Matsumoto (1990) e Rhodes *et al* (1999), a tomografia é válida para estudos *in vitro*, visto que a dose de radiação é alta para utilização *in vivo*.

A seleção de dentes humanos extraídos para comporem a amostra dessa pesquisa procurou aproximar o nosso experimento das condições clínicas de trabalho. O emprego de canais simulados permite a padronização do comprimento de trabalho, curvatura e forma do canal. Alguns autores como Weine, Kelly e Lio (1975), Briseño *et al* (1993), Tharuni *et al* (1996), Coleman e Svec (1997), Bonetti Filho e Tanomaru Filho (1999), Banegas *et al* (2000) concluíram que os canais artificiais em blocos de acrílico constituem um modelo experimental adequado para o estudo comparativo da ação de diferentes instrumentos e técnicas de preparo. Entretanto, autores como Rhodes *et al* (1999) afirmam que a morfologia dos canais simulados é demasiada simples, de formato circular e com curvaturas em apenas um sentido, o que foge muito da anatomia real de uma canal radicular. Ainda Peters *et al* (2001) afirmam que o canal simulado não possui as características da dentina humana, tendo uma microdureza menor. Lim e Webber (1985) relatam que o calor friccional de alguns sistemas pode derreter algumas resinas.

A escolha da raiz méso-vestibular dos primeiros molares superiores traz consigo a intenção de avaliar o desvio apical promovido por três diferentes técnicas de instrumentação numa área fortemente sujeita a acidentes. Essa raiz é extremamente delgada, com curvaturas bastante acentuadas e com canais atrésicos, características que aumentam consideravelmente a dificuldade de instrumentação (HARTMANN *et al*, 2007).

Para a padronização das curvaturas das raízes foi utilizado o método de Shafer *et al* (2002). Essa metodologia mede ângulo da curvatura dos canais radiculares seguindo a técnica proposta por Schneider (1971) e seu raio através de uma fórmula matemática baseada no ângulo da curvatura e na medida do comprimento de uma linha reta que une o ponto do longo eixo do canal onde a curvatura inicia e o forame apical. Muitos estudos utilizam apenas a medida do ângulo da curvatura para tal padronização, o que, muitas vezes, pode conduzir a erros. Tal fato foi comprovado por Pruet, Clement e Carnes (1997) que constataram em sua pesquisa que dois canais que apresentassem o mesmo ângulo poderiam ter seus raios bastante diferentes ou curvaturas abruptas, tendo um diferente impacto na dificuldade da instrumentação dos condutos radiculares. Os autores sugeriram que considerando o ângulo da curvatura em combinação com o raio da curvatura tem-se maior exatidão na determinação da curvatura do canal radicular.

Dessa forma, neste estudo, após os cortes longitudinais e digitalização da imagem de uma das metades de cada raiz com uma lima de calibre 10 em seu interior, foram realizados os cálculos de ângulo e raio de curvatura para cada uma delas nos

programas de computador AutoCad, Adobe Photoshop e Excel. Esse procedimento demonstrou a preocupação do estudo em que as raízes fossem divididas de forma equivalente entre os grupos de instrumentação.

Na instrumentação dos canais radiculares foram utilizadas as limas Triple Flex para as técnicas manual e automatizada de rotação alternada e as limas de níquel-titânio do sistema K3 para a técnica automatizada de rotação contínua. As limas manuais Triple Flex foram escolhidas por possuírem ponta inativa, secção transversal triangular, maior número de espirais e menor massa metálica, fatores que lhe conferem maior capacidade de corte associada a maior flexibilidade e integridade, características desejáveis para o preparo de canais curvos (LEONARDO e LEONARDO, 2001). O sistema K3 foi escolhido entre tantos pela sua grande capacidade de corte e ampla superfície radial, que lhe confere maior resistência. Apresenta, também, uma terceira guia radial que estabiliza e mantém o instrumento centralizado no canal, minimizando possibilidades de travamento (LEONARDO e LEONARDO, 2001). Estudos como de Schäfer e Schlingemann (2003), Yoshimine, Ono e Akamine (2005), Guelzow *et al* (2005), Al-Sudani e Al-Shahrani (2006) comprovaram sua eficiência na instrumentação de canais curvos. Além de todas essas vantagens, esse sistema possui limas de maior calibre para o preparo apical, fato indispensável para essa pesquisa.

A técnica de preparo utilizada foi a coroa-ápice, escolhida por ser o método de eleição para o preparo de canais radiculares atrésicos e curvos. O estreitamento presente na entrada dos canais méso-vestibulares de molares superiores cria uma curvatura para o instrumento ao adentrar o canal radicular, representando um obstáculo

para o preparo. Através do preparo cervical, elimina-se essa constrição, permitindo que o instrumento entre reto e trabalhe com menos tensão na região apical do canal radicular (HARTMANN *et al*, 2007). Além disso, esse método permite que as soluções irrigadoras tenham uma melhor penetração, promovendo uma lavagem mais eficiente e diminuindo as chances de empacotamento de dentina no terço apical.

Cada lima foi utilizada no preparo de três canais e descartada, devido à perda de suas características, tais como capacidade de corte e resistência à torção e à flexão, o que poderia comprometer os resultados da pesquisa.

O uso da irrigação alternada objetivou aproximar as condições experimentais das clínicas, onde o hipoclorito de sódio e o EDTA são empregados por sua ação sobre as matérias orgânica e inorgânica consecutivamente. O controle do volume da solução utilizada a cada troca de instrumento permitiu uma adequada remoção das raspas de dentina produzidas, eliminando fatores que pudessem interferir na qualidade do preparo.

Como já foi mencionado anteriormente, com o advento dos instrumentos de níquel-titânio o preparo dos canais radiculares se tornou mais seguro, pois propiciou desgastes mais controlados e a diminuição de acidentes operatórios tais como desvios apicais, transportes, perfurações apicais e cervicais, formação de degraus, dentre outros. Estes instrumentos também permitiram, quando de sua indicação, a realização do preparo apical com limas de maior calibre como, por exemplo, em casos de necrose onde se objetiva um saneamento e desinfecção mais eficientes. De acordo com os

trabalhos de Wu *et al* (2002), Card *et al* (2002), Vier *et al* (2004) e Baugh e Wallace (2005), o preparo do terço apical dos canais radiculares, quando realizado com instrumentos de maior calibre promove melhor desinfecção. Segundo esses autores, o calibre do terço apical de canais méso-vestibulares de molares aproxima-se do calibre de uma lima 30. Dessa forma, têm sido lançados no mercado, até mesmo dentro de sistemas já existentes, limas mais calibrosas para o terço apical. A literatura apresenta dados animadores quanto à segurança no seu emprego. Tendo em vista esses novos conceitos, o presente estudo, além de comparar diferentes sistemas de preparo tendo como instrumento memória 30, o que seria o convencional (ABOU-RASS e JASTRAB, 1982; RHODES *et al*, 1999), buscou verificar também o emprego de limas mais calibrosas, 35 e 40, no preparo apical.

Os resultados dessa pesquisa demonstraram haver uma diferença estatisticamente significativa quando o preparo apical é realizado por limas de maior calibre, aumentando o desvio apical. A lima de calibre 30 foi considerada, por muito tempo, o instrumento de eleição para estudos como esse, pois se tinha idéia que ela promovia a limpeza adequada da região apical, mesmo em casos onde microorganismos estavam presentes, ao mesmo tempo em que, devido à sua flexibilidade, acompanhava as curvaturas dos canais radiculares (ABOU-RASS e JASTRAB, 1982; RHODES *et al*, 1999). Contudo, tendo em vista os novos conceitos para dilatação apical, no uso das limas 35 e 40, onde temos uma crescente perda de flexibilidade, principalmente no que se refere às limas de aço-inoxidável, temos valores maiores de desvio. Isso foi comprovado nos grupos 1 e 3, onde as limas 35 e 40 apresentaram um desvio apical significativamente maior (Tabela 1) (Figura 13).

Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Zmener, Spielberg e Olmos (1994), Wildey e Senia (1989), Dummer e Al-Omari (1995) que aconselham o uso de limas de menor calibre e, por consequência mais flexíveis, no preparo apical, evitando a ocorrência de transporte.

Observa-se uma grande diferença entre os três sistemas, manual e nas rotações contínua e alternada, onde os menores índices de desvio para os três calibres de limas foram encontrados no sistema K3, ficando os maiores valores para o sistema NSK.

A primeira tabela nos traz dados referentes ao comportamento das limas dentro de cada sistema. No sistema automatizado de rotação alternada NSK foi encontrado desvio apical já a partir da lima 30, valor médio que ficou em 0,35°. Para a lima 35 o desvio mensurado foi de 1,95° e para a 40, 4,60°, havendo diferença estatisticamente significativa entre os três calibres de limas.

Estes achados vão de encontro aos resultados de pesquisas como as de Abou-Rass e Jastrab (1982), Nagy *et al* (1997), Sydney *et al* (2000), Sydney *et al* (2001) que compararam o preparo automatizado com rotação alternada com o preparo manual, encontrando os maiores escores de desvio apical para os preparos realizados com o sistema automatizado.

Estudos como o de Russel, Ryan e Towers (1982) apresentam uma série de casos expondo complicações advindas desse tipo de técnica, sendo o desvio apical uma das mais comuns. Abou-Rass e Ellis (1996), mesmo trabalhando com instrumentos

de menor calibre nos sistemas de rotação alternada, não aconselham o seu uso no comprimento total de trabalho em canais atrésicos e curvos.

Estando de acordo com os resultados do presente estudo, Glosson *et al* (1995) mostram que o uso indiscriminado de limas de aço-inoxidável de maior calibre no preparo dos canais radiculares podem criar alterações indesejáveis como degraus, perfurações, *zips* e transporte. E complementam que quando essas limas são acionadas por sistema automatizado com rotação alternada causam problemas significativos como perda do comprimento de trabalho, degrau, perda de sensibilidade tátil e desvio apical.

Os dados da pesquisa de Sydney *et al* (2001) também demonstraram um percentual expressivamente maior de desvio apical para o sistema de rotação alternada quando comparado ao preparo manual para a lima 35. Torna-se possível uma comparação bastante próxima com este estudo devido à semelhança nas características da amostra, raízes méso-vestibulares de molares superiores com curvaturas moderadas.

Ainda, no estudo de Nagy *et al*, em 1997, onde o preparo apical foi realizado com a lima 40, diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre os preparos manual e automatizado com rotação alternada, empregando limas de aço-inoxidável. Os preparos realizados com a rotação alternada apresentaram os maiores valores de desvio apical.

Já no estudo de Kosa, Marshall e Baumgartner (1999), os autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes quando compararam quatro sistemas de preparo automatizados, dois de rotação contínua e dois de rotação alternada. Contudo, a lima empregada nos sistemas de rotação alternada para o preparo apical foi o calibre 25.

Em 2003, Shafer e Schlingemann, comparando a rotação alternada utilizando as limas Flexofile com o sistema K3 encontraram diferenças referentes ao desvio apical ainda maiores. Em seu estudo, os autores utilizaram a lima de calibre 35 no preparo apical, obtendo um desvio médio de $1,36^\circ$ para o sistema K3 e $6,91^\circ$ para as limas Flexofile. Muito provavelmente as diferenças nos valores de desvio médio entre tal estudo e a presente pesquisa se dê em função de possíveis variações nas amostras, podendo ter graus de curvaturas distintas, e no uso de instrumentos de maior conicidade para o sistema K3 no trabalho de Shafer e Schlingemann (0.04mm/mm), enquanto que no presente trabalho a conicidade utilizada foi de 0.02mm/mm.

Dessa forma, corroborando os resultados da presente pesquisa, vários estudos sugerem que o uso de limas de aço-inoxidável de maior calibre em canais curvos promove efeitos indesejáveis. Efeitos esses potencializados quando essas limas são acopladas à peça de mão com rotação alternada.

De acordo com os resultados do presente trabalho, tanto no grupo de preparo manual quanto no grupo do sistema K3 não foram encontrados desvios apicais para a lima 30. Os valores médios de desvio para a lima 35 foram de $0,10^\circ$ para o sistema K3

e 1,10° para o preparo manual. Quando se analisou a lima 40, os valores médios de desvio ficaram em 1° para o sistema K3 e 3,20° para a instrumentação manual.

Quando Himel, Moore e Hicks (1994), Glosson *et al* (1995), Zmener e Balbachan (1995), Lopes *et al* (1997), Liu *et al* (2006), Loizides, Eliopoulos e Kontakiotis (2006) compararam em suas pesquisas a instrumentação manual com a automatizada de rotação contínua concluíram que os preparos realizados com os sistemas automatizados apresentaram qualidade superior e menores desvios apicais, acordando com os achados desse trabalho.

Dentro desse contexto, Yoshimine, Ono e Akamine (2005) avaliando o transporte do canal radicular produzido por três sistemas automatizados com rotação contínua, concluem que o sistema K3, o mesmo sistema utilizado no presente estudo, pode ser utilizado no preparo apical até a lima 30 em canais portadores de curvaturas acentuadas sem promover desvios.

No estudo de Liu *et al* (2006), onde a amostra foi composta por canais radiculares de dentes extraídos com curvaturas entre 25° e 40°, foram evidenciadas diferenças estatisticamente significantes entre os dois métodos, instrumentação manual e rotação contínua de preparo na lima de calibre 25 no preparo apical. A instrumentação automatizada apresentou os menores valores de desvio apical.

Versumer, Hülsmann e Schafers, em 2002, avaliando os sistemas automatizados Profile 0.04mm/mm e Lightspeed em canais com curvaturas entre 20° e 40°

encontraram o valor médio de desvio apical menor do que 1° para ambos os sistemas quando o preparo apical foi realizado com a lima 45. Esse valor médio aproxima-se bastante do encontrado na presente pesquisa que ficou em 1° para o instrumento de níquel-titânio de calibre 40.

Em um estudo muito semelhante a esse, onde o desvio apical foi mensurado para instrumentos de diferentes calibres no preparo apical, Esposito e Cunningham (1995), compararam a instrumentação manual com limas de níquel-titânio, manual com limas de aço-inoxidável e automatizada com rotação contínua encontrando achados semelhantes aos desse estudo. Assim como nos resultados da pesquisa, os autores encontraram diferenças estatisticamente significantes para o desvio apical entre os grupos quando foram empregados instrumentos de calibre superior ao de número 30. Concluíram, também, que as limas de níquel-titânio foram significativamente mais efetivas que as limas de aço-inoxidável na manutenção da curvatura original dos canais radiculares quando as limas de calibre 35, 40 e 45 foram empregadas no preparo apical, indo de encontro aos achados desse trabalho.

Autores como Glosson *et al* (1995) também avaliando diferentes sistemas de preparo em canais mesiais de molares, não encontraram diferenças estatisticamente significativas quando o preparo apical foi realizado até o instrumento de calibre 30, sendo a ocorrência do desvio estatisticamente significativa quando se emprega o instrumento de calibre 45.

Bryant *et al*, em 1999, também analisaram os preparos realizados com o sistema Profile de conicidades 0.04 mm/mm e 0.06 mm/mm, variando o calibre das limas e verificaram a ocorrência de alterações na forma original dos canais radiculares a partir do instrumento de calibre 35, resultados aproximados aos dessa pesquisa, porém nesse trabalho foi utilizado instrumento de conicidade 0.02mm/mm para o preparo apical.

Resultados similares foram obtidos nos trabalhos de Zmener, Spielberg e Olmos (1994) e Zmener e Balbachan (1995). Na comparação dos preparos manual com limas K-File e automatizado com limas de níquel-titânio com o instrumento de calibre 35 no preparo apical os autores encontram que o grupo da limas K-File promoveu alterações morfológicas e transporte apical, enquanto que o grupo de preparo automatizado manteve a curvatura original dos canais radiculares, preservou a constrição apical e não promoveu a formação de degraus. Concluíram, então, que os instrumentos de aço-inoxidável se tornam muito rígidos após o instrumento 25 e não devem ser utilizados no preparo apical de canais curvos.

Diante das dificuldades encontradas na instrumentação de canais com curvaturas, o preparo com a rotação contínua demonstrou, através dessa análise, ser um método de preparo eficaz no que se refere ao desvio apical, principalmente, em casos que requerem maior dilatação do terço apical como, por exemplo, as necroses pulpares associadas a lesões periapicais.

7. Conclusões

A partir da metodologia empregada no presente estudo e consequente resultados submetidos à análise estatística pode-se concluir que:

1. o emprego dos instrumentos de calibre 30 e conicidade .02mm/mm mostraram-se seguros na execução de um preparo apical com poucos desvios.
2. a rotação alternada associada aos instrumentos de calibres 35 e 40 promoveram desvios apicais significativos na confecção de um canal cirúrgico.
3. o uso de instrumentos de níquel-titânio associados aos diâmetros 30, 35 e 40 constituíram-se um meio eficaz na confecção do preparo apical, quando os desvios apicais foram considerados.

8. Referências Bibliográficas

ABOU-RASS, M.; FRANK, A. L.; GLICK, D. H. The Anticurvature Filling Method to Prepare the Curved Canal. **J Am. Dent. Assoc.**, v. 101, no. 5, p.792-794, Nov., 1980.

ABOU-RASS, M.; JASTRAB, R. J. The Use of Rotary Instruments as Auxiliary Aids to Root Canal Preparations of Molars. **J Endod**, v. 8, no. 2, p. 78-82, Feb., 1982.

ABOU-RASS, M.; ELLIS, M. A. A Comparison of Three Methods of Hand and Automated Instrumentation Using the CFS and M4 for Preparations of Curved and Narrow Simulated Root Canals. **Bras. Endod. J.**, v.1, no. 1, p. 25-33, 1996.

AL-SUDANI, D.; AL-SHAHRANI, S. A Comparison of the Canal Centering Ability of ProFile, K3 and RaCe Nickel Titanium Rotary Systems. **J Endod** v. 32, no .12, p. 1198-1201, Oct., 2006.

ARROYO, M. A.; ARROGUIA, J. J. H.; BARBERO, E. G. Ajudas en la Instrumentación: la Pieza de Mano Safety – M4. **Endodoncia**, v. 16, no. 1, p. 38-43, 1998.

BATISTA, A.; COSTA, A. L. C.; SYDNEY, G. B.; MELO, L. L.; MATTOS, N. H. R. Análise do Preparo de Canais Simulados Realizado Manualmente e com Sistema de Rotação Alternada com Instrumentos de Níquel-Titânio. **J Bras Endod**, v. 4, no. 12, p. 51-58, Jan.-Mar., 2003.

BANEGAS, G.; ZMENER, O.; GRIMBERG, F.; CHIACHIO, L. Conductos Radiculares Artificiales: Análisis de Su Confiabilidad para el Estudio de Diferentes Técnicas de Instrumentación. **Rev. Assoc. Odontol. Argent.**, v. 88, p. 269-272, May-Jul., 2000.

BAUGH, D.; WALLACE, J. The Role of Apical Instrumentation in Root Canal Treatment: A Review of the Literature. **J Endod**, v. 31, no. 5, p. 333-340, May., 2005.

BERBERT, A.; NISHIYAMA, C. K. Curvaturas Radiculares – Uma Nova Metodologia para Mensuração e Localização. **Rev Gaúcha Odont**, v.42, n.6, p.356-358, Nov.-Dec., 1994.

BERUTTI, E. Computerized Analysis of the Instrumentation of the Root Canal System. **J. Endod**, v.19, no. 5, p. 236-238, May., 1993.

BISCHOP, K.; DUMMER, P. M. H. A Comparison in Stainless Steel Flexofiles and Nickel-Titanium Nitiflex Files During the Shapping of Simulated Canals. **Int. Endod. J.**, v.30, no. 1, p. 25-34., Jan., 1997.

BONETTI FILHO, I.; TANOMARU FILHO, M. Avaliação do Sistema Quantec e Limas Manuais de Níquel Titânio na Instrumentação de Canais Radiculares em Blocos de Resina Transparente. **Odontol. Clín.**, v. 9, n.1, p. 11-14, 1999.

BRAMANTE, C. M.; BERBERT, A.; BORGES, R. P. A Methodology for Evaluation of Root Canal Instrumentation. **J. Endod.**, v. 13, no. 5, p. 243-245, May, 1987.

BRISEÑO, B. M.; KREMES, L.; HAMM, G.; NITSCH, C. Comparison by Means of a Computer-Supported Device of the Enlarging Characteristics of Two Different Instruments. **J. Endod.**, v.19, no. 6, p. 281-287, Jun., 1993.

BRYANT, S. T.; DUMMER, P. M. H.; PITONI, C.; BOURBA, M. MOGHAL, S. Shaping Ability of .04 and .06 Taper Profile Rotary Niquel-Titanium Instruments in Simulated Root Canals. **Int. Endod. J.**, v. 32, no. 3, p. 155-164, May., 1999.

CAMARGO, J. M. P. **Avaliação da Eficácia das Instrumentações Rotatórias (Sistemas Quantec LX, Pow-R, Profile e Profile Série 29) em Canais Radiculares Simulados.** 2000. 215f. Dissertação (Mestrado em Endodontia). Faculdade de Odontologia – Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

CARD, S.; SIGURDSSON, A.; ORSTAVIK, D.; TROPE, M. The Effectiveness of Increased Apical Enlargement in Reducing Intracanal Bacteria. **J. Endod**, v. 28, no.11, p. 779-783, Nov., 2002.

CARVALHO, L. A. P.; **Análise Comparativa da Extensão e da Direção do Transporte do Centro Axial do Canal Radicular Após a Instrumentação com Limas de Níquel e Titânio e de Aço Inoxidável.** Araraquara, 1997. 157 p. Dissertação (Mestrado em Endodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, L. A. P. **Avaliação do Preparo de Canais Radiculares com Limas Manuais e Rotatórias de Níquel-Titânio e Análise do Aspecto Morfológico das Limas, Antes e Após o Uso.** 2001. 206f. Dissertação (Doutorado em Endodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

CASTLEMAN, L. S.; MOTZKIN, S. M.; ALICANDRI, F. P.; BONAWIT, V. L. Biocompatibility of Nitinol Alloy as an Implant Material. **J. Biomed. Mater. Res**, v.10, no.5, p.645-731, Sep., 1976.

COHEN,S.;BURNS, R.C. **Caminhos da Polpa.** 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.390, 1994

COLEMAN, C. L.; SVEC, T. A. Analysis of Ni-Ti Versus Stainless Steel Instrumentation in Resin Simulated Canals. **J Endod**, v. 23, no. 4, p. 232-235, Apr., 1997.

CORDERO, E. G. O.; LÓPEZ, J. G.; ARROYO, M. A. Deformación del Conducto Radicular Trans la Instrumentación con Limas K-Flexofile y Safety Hedstroem Utilizando la Pieza de Mano M4. **Endodoncia**, v. 15, no. 4, p. 192-201, 1997.

DUMMER, P.M.H.; AL-OMARI, M. A. O. Canal Blockage and Debris Extrusion with Eight Preparation Techniques. **J. Endod.**, v. 21, no. 3, p.154-158, Mar., 1995.

ELIAS, C. N.; LOPES, H. P.; ESTRELA, C.; SIQUEIRA, J. F.; FONTES, P. P. Influência de Limas Endodônticas de NiTi e de Aço Inoxidável, Manuais e Acionadas a Motor no Deslocamento Apical. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 54, n. 2, p. 67-70, 1997.

ESPOSITO, P. T. CUNNINGHAM, C. J. A Comparison of Canal Preparation with Nickel-Titanium and Stainless-Steel Instruments. **J. Endod.**, v. 21, no. 4, p. 173-176, Apr., 1995.

ESTRELA, C.; FIGUEIREDO, J.A.P. **Endodontia Princípios Biológicos e Mecânicos**. Artes Médicas, 1ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 819p., 1999.

FRANK, A. L. An Evaluation of the Giromatic Endodontic Handpiece. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 24, no. 3, p. 419-421, Sep., 1967.

GLOSSON, C. R.; HALLER, R. H.; DOVE, S. B.; DEL RIO, C. E. A Comparison of Root Canal Preparations Using NiTi Hand, NiTi Engine Driven and K-Flex Endodontic Instruments. **J. Endod.**, v. 21, no. 3, p. 146-151, Mar., 1995.

GUELZOW, A.; STAMM, O.; MARTUS, P.; KIELBASSA, A.M. Comparative Study of Six Rotary Nickel-Titanium Systems and Hand Instrumentation for Root Canal Preparation. **Int. Endod. J.**, v. 38, no.10, p. 743-752, Oct., 2005.

HALLER, R. H. Nickel-titanium Hand and Engine Driven Root Canal Preparations: a Comparison Study. **J. Endod.**, v. 20, no. 4, p. 209, Apr., 1994.

HARTMANN, M.; BARLETTA, F. B.; FONTANELLA, V., VANNI, J. R. Canal Transportation After Root Canal Instrumentation: a Comparative Study With Computed Tomography. **J Endod.**, v. 33, no. 8, p. 962-965, Aug., 2007.

HIMEL, V. T.; MOORE, R. E.; HICKS, V. E. The Effects Which Three Endodontic Files Have on Canal Shape. **J. Endod.**, v. 20, no. 4, p. 204, Apr., 1994.

HULSMANN, M.; GAMBAL, A.; BAHR, R. An Improved Technique for the Evaluation of Root Canal Preparation. **J. Endod.**, v. 25, no. 9, p. 599-602, Jun., 1999.

JAVAHERI, H. H.; JAVAHERI G. H. A Comparison of Three Ni-Ti Rotary Instruments in Apical Transportation. **J. Endod.**, v. 33, no. 3, p. 284-286, Mar., 2007.

JODWAY, B.; HULSMANN, M. A Comparative Study of Root Canal Preparation with NiTi-TEE and K3 Rotary Ni-Ti Instruments. **Int Endod J.**, V. 39, no. 1, p.71-80, Jan., 2006.

KOSA D. A., MARSHALL G., BAUMGARTER, J.C. An Analysis of Canal Centering Using Mechanical Instrumentation Techniques. **J. Endod.**, v. 25, no. 6, p. 441-445, Jun., 1999.

LEONARDO, M. R.; LEONARDO, R. T.; **Sistemas Rotatórios em Endodontia.** 1ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2001. 323p.

LIM, K. C.; WEBER, J. The Validity of Simulated Root Canals for Investigation of the Prepared Root Canal Shape. **Int Endod J**, v. 18, p. 240-246, Oct., Jan.-Mar., 1985.

LIMONGI, O.; RAMOS, I. F. A.; TROIAN, C. H.; VANNI, J. R.; ALBUQUERQUE, D. S.; BARATTO FILHO, F. Análise In Vitro do Desvio Apical, Observado no Sentido Proximal, Produzido por Dois Sistemas de Rotação Alternada, Endo-Gripper e M4. **J. Bras. Endodontia**, v.5, n. 16, p. 67-72, 2004.

LIU, S. B.; FAN, B.; CHEUNG, G. S.; PENG, B.; FAN, M.W.; GUTMANN, J. L.; SONG, Y. L.; FU, Q.; BIAN, Z. Cleaning Effectiveness and Shaping Ability of Rotary ProTaper Compared with Rotary GT and Manual K-Flexofile. **Am J Dent.**, v. 19, no.6, p.353-358, Dec., 2006.

LLOYD, A.; JAUNBERZINS, A.; DHOPATKAR, A.; BRYANT, S.; DUMMER, P. M. H. Shaping Ability of the M4 Handpiece and Safety Hedstroem Files in Simulated Root Canals. **Int Endod J**, v. 30, no. 1, p. 16-24, Jan., 1997.

LOPES, H. P.; ELIAS, C. N.; ESTRELA, C.; SIQUEIRA JR, J. F.; FONTES, P. P. Influência de Limas Endodônticas de NiTi e Aço Inoxidável, Manuais e Acionadas a Motor no Deslocamento Apical. **Rev. Bras. Odont.**, v. 54, n. 2, p. 67-70, Mar.-Apr., 1997.

LOPEZ, F. U.; FERRONATO, G.; LIMONGI, O.; IRALA, L. E. Preparo do Canal Radicular: Proposta de Metodologia para sua Avaliação. **Rev. Fac. Odontol.**, Porto Alegre, v. 46, n. 2, p. 24-26, Dec., 2005.

LOIZIDES, A.; ELIOPOULOS, D.; KONTAKIOTIS, E. Root Canal Transportation with a Ni-Ti Rotary File System and Stainless Steel Hand Files in Simulated Root Canals. **Quintessence Int**, v. 37, no.5, p. 369-374, May., 2006.

LYON, L. A.; LOPES, H. P.; LYON, J. P. ; ROBAZZA, C. R. C. Instrumentos de Niti e Inox Acionados por um Contra-Ângulo Especial: Deslocamento Apical. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 60, n. 5, p. 340-342, Set.-Out., 2003.

MAYHEW, M. J.; KUSY, R. P. Effects of Sterelization on the Mechanical Properties and the Surface Topography of Nickel-Titanium Arch Wire. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.93, no. 3, p.232-236, Mar., 1988.

NAGY, C.D.; BARTA, K.; BERNATH, M.; VERDES, E.; SZABO, J. A Comparative Study of Seven Instruments in Shaping the Root Canal In Vitro. **Int. Endod. J.**, v. 30, no.2, p. 124-132, Mar., 1997.

NIELSEN, R. B.; ALYASSIN, A. M.; PETERS, D. D.; CARNES, D. L.; LANCASTER, J.. Microcomputed Tomography: an Advanced System for Detailed Endodontic Research. **J. Endod.**, v. 21, no. 11, p. 561-567, Nov., 1995.

PETERS, O. A.; SCHÖNENBERGER, K.; LAIB, A. Effects of Four Ni-Ti Preparations Techniques on Root Canal Geometry Assessed by Micro Computed Tomography. **Int Endod J**, v. 34, no. 3, p. 221-230, Apr., 2001.

PRUETT, J. P.; CLEMENT, D. J.; CARNES, D. L. Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. **J. Endod.**, v.23, no. 2, p. 77-85, Feb., 1997.

RHODES, J. S.; PITT FORD, T. R.; LYNCH, J. A.; LIEPINS, P.J.; CURTIS, R. V. Microcomputed Tomography: a New Tool for Experimental Endodontology. **Int Endod J**, v. 32, no. 3, p. 165-170, May., 1999.

RUSSEL, D. I.; RYAN, J. W.; TOWERS, J. F. Complications of Automoted Root Canal Treatment. Apical perforation and overfilling. **Br. Dent. J.**, v.153, no.11, p.393-398, Dec., 1982.

SCHÄFER, E.; TEPEL, J.; HOPPE, W. Properties of Endodontic Hand Instruments Used in a Rotary Motion. Part 2. Instrumentation of Curved Canals. **J. Endod.**, v. 21, no. 10, p. 493-497, Oct., 1995.

SCHÄFER, E. Effects of Four Instrumentation Techniques on Curved Canals: a Comparison Study. **J. Endod.**, v. 22, no. 12, p. 685-689, Dec., 1996.

SCHÄFER, E.; DIEZ, C.; HOPPE, W.; TEPEL, J. Roentgenographic Investigation of Frequency and Degree of Canal Curvatures in Human Permanent Teeth. **J. Endod.**, v.28, no.3, p.211-215, Mar., 2002.

SCHÄFER, E.; SCHLINGEMANN, R. Efficiency of Rotary Nickel-Titanium K3 Instruments Compared with Stainless Steel Hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning Effectiveness and Shaping Ability in Severely Curved Root Canals of Extracted Teeth. **Int. Endod. J.**, v.36, no. 3, p.208-217, Mar., 2003.

SCHNEIDER, S.W. A Comparison of Canal Preparations in Straight and Curved Root Canals. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v. 32, no. 2, p.271-275, Aug., 1971.

SIMI JUNIOR, J.; SILVA, A. H. F.; VAZ, J. A. O. Avaliação Morfológica Comparativa do Preparo de Canais Curvos, Utilizando-se Limas Flex-R Frente a Duas Técnicas de Preparo: Manual e Endo-Gripper. **Rev Odontol UNICID**, v. 14, n. 2, p. 113-119, May.-Aug., 2002.

SO, M. V. R.; LIMONGI, O.; FIGUEIREDO, J. A. P.; BARLETTA, F.B. Preparo do Canal: Proposição de uma Técnica. **Stomatol**, n.9, p.35-38, Jul.-Dez., 1999.

SVEC, T. A.; WANG, M. M. The Effect of Instrument Precurving on Transportation in Simulated Root Canals. **J. Endod.**, v. 24, no 2, p. 122-124, Feb., 1998.

SYDNEY, G. B.; BATISTA, A.; MELO, L. L. The Radiographic Platform: a New Method to Evaluate Root Canal Preparation In Vitro. **J Endod**, v. 17, no. 11, p. 570-572, Nov., 1991.

SYDNEY, G. B.; FERREIRA, J. L.; BERGER, C. R.; PELLISSARI, C. A. Estudo Comparativo do Preparo do Canal Radicular Realizado Manualmente Acionado a Motor com Rotação Alternada. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 57, n. 2, p. 91-95, Mar.-Abr., 2000.

SYDNEY, G. B.; BATISTA, A.; MELO, L. L.; MATTOS, N. H. R. Sistemas de Rotação Alternada em Endodontia. **J. Bras. Endod.**, v. 1, no. 3, p. 59-64, Out.-Dez., 2000a.

SYDNEY, G. B.; ZAMBERLAN, T. M. A.; BATISTA, A.; MELO, L. L. Estudo Comparativo da Ocorrência de Desvio Apical com Sistemas de Rotação Alternada. **J. Bras. Endod.**, v. 2, no. 6, p. 246-252, Jul.-Set., 2001.

THARUNI, S. L.; PARAMESWARAN, A.; SUKUMARAN, V. G. A Comparison of Canal Preparation Using the K-File and Lightspeed in Resin Blocks. **J. Endod.**, v. 22, no. 9, p. 474-476, Sep., 1996.

THOMPSON, S. A.; DUMMER, P. M. H. Shaping Hability of NT Engine and McXim Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated Root Canals. Part 2. **Int. Endod. J.**, v. 30, no. 12, p. 270-278, Jul., 1997.

VANZIN, A. **Avaliação comparativa *in vitro* do preparo do canal radicular realizado com os sistemas manual e oscilatório por alunos de graduação, através da tomografia computadorizada.** 2005. 113f. Dissertação (Mestrado em Endodontia). Faculdade de Odontologia – Universidade Luterana do Brasil, Canoas.

VERSUMER, J.; HULSMANN M.;SCHAFERS F. A Comparative Study of Root Canal Preparation Using Profile.04 and Lightspeed Rotary Ni-Ti Instruments. **Int. Endod. J.**, v. 35, no. 1, p. 37-46, Jan., 2002.

VIER-PELLISSER, F. V.; TOCHETTO, F. F.; BARLETTA, F. B.; XAVIER, L. L.; ORLANDIN, L. I.; MICHELON S. Avaliação *in vitro* do diâmetro anatômico de canais

radiculares de molares humanos, segundo a influência da idade. **J Bras End**, v. 5, n. 16, p. 52-60, Jan.-Mar., 2004.

WALIA, H.; BRANTLEY, W.A.; GERSTEIN, H. An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of Nitinol Root Canal Files. **J. Endod.**, v. 14, no.7, p. 346-351, Jul., 1988.

WALTON, R. E. Histologic Evaluation of Different Methods of Enlarging the Pulp Canal Space. **J. Endod.**, v. 2, no. 10, p. 304-311, Oct., 1976.

WEINE, F. S.; KELLY, R. F.; LIO, P.J. The Effect of Preparation Procedures on Original Canal Shape and on Apical Foramen Shape. **J. Endod.**, v. 1, no. 8, p. 255-262, Aug., 1975.

WEINE, F. S.; KELLY, R. F.; BRAY, K. E. Effect of Preparation with Endodontic Handpieces on Original Canal Shape. **J. Endod.**, v. 2, no. 10, p. 298-303, Oct., 1976.

WILDEY, W. L.; SENIA, E. S. A New Root Canal Instruments and Instrumentation Technique: a Preliminary Report. **Oral Surg**, v. 67, no. 2, p. 198-207, Feb., 1989.

WU, M. K.; BARKIS, D.; RORIS, A.; WESSELINK, P. R. Does the First File to Bind Correspond to the Diameter of the Canal in the Apical Region? **Int Endod**, v. 35, no. 3, p. 264-267, Mar., 2002.

YOSHIMINE, Y.; ONO, M.; AKAMINE, A. The Shaping Effects of Three Nickel-Titanium Rotary Instruments in Simulated S-Shaped Canals. **J. Endod.**, v. 31, no. 5, p.373-375, May., 2005.

ZMENER, O.; BALBACHAN, L. Effectiveness of Nickel-Titanium Files for Preparing Curved Root Canals. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 11, no. 3, p. 121-123, Jun., 1995.

ZMENER, O.;SPIELBERG, C.;OLMOS, J. Effectiveness of Two Different Methods of Preparing Root Canals. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 10, no. 5, p.215-219, Oct., 1994.

ZUOLO, M. L.; WALTON, R. E. Instrument Deterioration With Usage: Nickel-Titanium Versus Stainless Steel. **Quintessence Int.**, v. 28, no. 6, p.397-402, Jun.,1997.