

Cesar Augusto Pereira Oliveira

Análise tomográfica do terço apical de canais curvos após preparo endodôntico com diferentes sistemas automatizados

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Endodontia.

Prof. Dr. Silvio Rocha Corrêa da Silva

Ribeirão Preto

2009

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da
Biblioteca Central da UNAERP

Universidade de Ribeirão Preto –

O482a Oliveira, Cesar Augusto Pereira, 1965 -
Análise tomográfica do terço apical de canais curvos após
preparo endodôntico com diferentes sistemas automatizados /
Cesar Augusto Pereira Oliveira. - - Ribeirão Preto, 2009.
84 f.: il. color + anexos.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Rocha Corrêa da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Odontologia, área de concentração: Endodontia.
Ribeirão Preto, 2009.

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Tomografia computadorizada -
Odontologia. 4. Instrumentação – Rotação. I. Título.

CDD: 617.6342



Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto e na Clínica de Diagnóstico por Imagem Céfalo-X em Florianópolis.



Dedicatória

À minha esposa **Fernanda**, e aos meus filhos **Vitor** e **Bruno**, que são a razão de todos os meus esforços do dia a dia, para um sucesso pessoal e que souberam compreender a minha ausência durante todo este tempo. Amo vocês.

À minha mãe **Eloah**, pela educação e exemplos de dignidade e honra durante toda a minha vida.

Ao meu sogro **Paulo**, e à minha sogra **Arlete**, pelo carinho e atenção que nunca me foram negados e por confiarem e torcerem por mim.

*As mais lindas palavras de amor
são ditas no silêncio de um olhar.*

Leonardo da Vinci



Agradecimento

Ao meu Orientador, ***Prof. Dr. Silvio Rocha Corrêa da Silva***, pela paciência e colaboração na realização deste trabalho.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP**, representado pela Magnífica **Reitora Profa. Dra. Elmara Lúcia de Oliveira Bonini Corauci**, por possibilitar a realização deste trabalho.

À coordenadora do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto **Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa**, pela compreensão e dedicação.

Ao **Prof. Dr. Manoel D. de Sousa Neto**, pela colaboração, conhecimento, dedicação, seriedade e pelos ensinamentos que me foram dispensados por esses anos de convívio.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho, Prof. Celso Bernardo de Souza Filho, Prof. Dr. Danyel Elias da Cruz Perez, Prof. Dr. Edson Alfredo, Profa. Dra. Lisete Diniz Casagrande, Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan, Prof. Manoel Henrique Gabarra, Prof. Dr. Manoel D. Sousa Neto, Profa. Dra. Melissa Andréia Marchesan, Profa. Dra. Neide Aparecida de Souza Lehfeld, Profa. Dra. Yara T. Corrêa Silva Sousa**, pelos ensinamentos transmitidos com amor, dedicação e profissionalismo.

Aos meus queridos colegas de curso, **Adriana Corrêa Lima, Alison Luís Kirchhoff, Caroline Zamin, Ernando Assunção, Felipe Barros Matoso, Jorge Alexandre da Costa, Livia Maria Rodrigues, Lisandro Gonçalves, Marcelo Fagundes Munhoz, Raqueli Viapiana e Roseli Azevedo**, pelo excelente convívio durante o período que estive junto e pela amizade que surgiu entre todos nós.

Ao amigo **Prof. Dr. Bráulio Pasternak Júnior**, por ter me incentivado para que realizasse este mestrado. Meu eterno agradecimento pela confiança ajuda e atenção que nunca me foram negados.

Ao **Prof. Dr. Ilson José Soares**, pela confiança e pela oportunidade de ingressar na vida acadêmica.

À minha co-orientadora **Profa. Dra. Cleonice da Silveira Teixeira**, pela disposição, compreensão, paciência e grande ajuda na elaboração e correções do meu trabalho. Muito obrigado!

À **Profa. Dra. Maria Inês Meurer**, pela valiosa contribuição da metodologia, sem a qual não seria possível concretizar esse trabalho. Muito obrigado!

À **Cecília Maria Zanferdini**, secretária da Pós-Graduação, pela atenção dispensada durante a minha passagem pela Universidade.

*A mais alta recompensa pelo trabalho de uma
pessoa não é o que ela consegue com este
esforço, mas o que ela se torna por meio dele.*

John Ruskin



Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar por meio de Tomografia Computadorizada Volumétrica de Feixe Cônico (Cone-Beam), o transporte e a capacidade de centralização de diferentes sistemas automatizados. Raízes méso-vestibulares de primeiros molares superiores foram distribuídas em quatro grupos (n=10) de acordo com os sistemas automatizados utilizados: GI – oscilatório com lima K-Flexofile, GII - oscilatório com lima NiTiflex, GIII - rotatório com limas do sistema K3 e GIV - rotatório com limas do sistema RaCe. Realizaram-se exames tomográficos antes e após o preparo biomecânico com batente apical estabelecido em 40.02. O transporte foi mensurado a partir das menores distâncias entre a parede interna do canal e os lados mesial e distal das raízes e a capacidade de centralização pela relação entre as diferenças das mensurações obtidas na avaliação do transporte, por meio do método de análise linear *voxel a voxel*. O transporte foi, em média, de $0,06 \pm 0,14$ mm, sendo a tendência do desvio para mesial (n=22), porém sem diferença estatística entre os grupos ($p=0,4153$). O índice de centralização foi, em média, de $0,15 \pm 0,65$, sem diferença estatística entre os grupos ($p=0,0881$). Concluiu-se que o transporte e a capacidade de centralização não foram influenciados pelo tipo de movimento mecânico e instrumentos utilizados.



Summary

This study aimed to evaluate through Beam Computed Tomography Volumetric cone (Cone-Beam), transport and the ability to centralize various automated systems. The mesiobuccal roots of maxillary first molars were divided into four groups (n=10) according to the automated systems used: GI - reciprocating with K-file Flexofile, GII - reciprocating with file NiTiflex, GIII - rotatory of the system files with K3 and GIV - rotatory with the system files RaCe. Tomographic examinations were carried out before and after biomechanical preparation with apical stop set at 40.02. The transport was measured from the lowest distance between the inner wall of the channel and the mesial and distal sides of the roots and the ability to centralize the relationship between the differences in measurements obtained in the assessment of transport, using the linear method of analysis voxel to voxel. Transportation was on average 0.06 ± 0.14 mm, and the tendency of the diversion to mesial (n=22), but without statistical difference between groups ($p=0.4153$). The index of centralization was, on average, 0.15 ± 0.65 , without statistical difference between groups ($p=0.0881$). It was concluded that the transport and the ability to centralize were not influenced by the type of mechanical movement or instruments used.



Sumário

RESUMO

SUMMARY

INTRODUÇÃO.....	1
REVISTA DA LITERATURA.....	7
PROPOSIÇÃO.....	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS.....	58
DISCUSSÃO.....	63
CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ANEXO



Introdução

O preparo biomecânico do sistema de canais radiculares é fundamental para obtenção da limpeza, desinfecção e adequada modelagem do canal radicular (ESPOSITO; CUNNINGHAM, 1995; KOSA et al., 1999; SIQUEIRA-JÚNIOR, 2005; VERSIANI et al., 2008; VAUDT et al., 2009).

Durante esta etapa, a ação dos instrumentos endodônticos nas paredes do canal pode causar transporte em canais radiculares com curvatura acentuada, devido à flexibilidade do instrumento e à técnica de instrumentação empregada (KOSA et al., 1999; GARIP; GÜNDAY, 2001; HATA et al., 2002; LIMONGI et al., 2004; TASDEMIR et al., 2005; LOIZIDES et al., 2007; NECCHI et al., 2008; VAUDT et al., 2009). O desvio dificulta a limpeza adequada do canal radicular ao deixar áreas sem atuação dos instrumentos (PETERS et al., 2001b), favorecendo a presença de tecido necrosado ou em decomposição, enquanto outras áreas são excessivamente desgastadas (FARINIUK et al., 2003; FOSCHI et al., 2004; HARTMANN et al., 2007; VAUDT et al., 2009), podendo comprometer o prognóstico da terapia endodôntica (HÜLSMANN et al., 2005; TASDEMIR et al., 2005; LIMONGI et al., 2007; LOIZIDES et al., 2007; YOUNG et al., 2007).

Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas permitiram o desenvolvimento de instrumentos e o aperfeiçoamento de técnicas que possibilitam maior precisão e eficiência do tratamento endodôntico. Atualmente, são disponibilizados no mercado instrumentos endodônticos produzidos em aço inoxidável e ligas de níquel-titânio (NiTi) que podem ser utilizados tanto em técnicas manuais como automatizadas

(BATISTA et al., 2003; HÜLSMANN et al., 2005; HARTMANN et al., 2007; LÓPEZ et al., 2008).

Os instrumentos manuais de aço inoxidável apresentam rigidez e resistência à deformação que impedem sua correta adaptação à curvatura do canal radicular e, conseqüentemente, favorecem o transporte apical (WALIA et al., 1988; ESPOSITO; CUNNINGHAM, 1995; SHORT et al., 1997; GARIP; GÜNDAY, 2001; BAUMANN, 2005; SCHAEFFER, 2005). Os instrumentos de NiTi, por sua vez, são flexíveis, possuem memória elástica e são mais resistentes à torção do que aqueles feitos de aço inoxidável (XU et al, 2006; CHEUNG; CHEUNG, 2008), além disso, apresentam variado *design* e características que visam minimizar o risco de transporte, quais sejam: ponta inativa, áreas de contato (superfícies radiais), variações no ângulo helicoidal, ângulo de corte neutro ou levemente negativo ou positivo e aumento de conicidade por milímetro de comprimento na conformação de sua parte ativa (RHODES et al., 2000; THOMPSON, 2000; PETERS et al., 2001a; HÜLSMANN et al., 2005; PÉCORÁ; CAPELLI, 2006; NAIR; NAIR, 2007; TORTINI et al., 2007; YANG et al., 2007).

As técnicas que utilizam sistemas automatizados para o preparo biomecânico podem ser realizadas com movimentos contínuos (rotatórios) ou alternados (oscilatórios). O sistema rotatório, que se caracteriza pela rotação em 360°, tem se mostrado eficaz na manutenção da curvatura original do canal radicular quando associado a instrumentos de NiTi (JODAWAY; HÜLSMANN, 2006; LOIZIDES et al., 2007; TORTINI et al., 2007; YANG et al., 2007; VAUDT et al., 2009) e apresentam resultados

mais satisfatórios em relação à ocorrência de desvio que as técnicas de instrumentação manual (SCHIRRMEISTER et al., 2006; LÓPEZ et al., 2008; VAUDT et al., 2009).

O sistema oscilatório caracteriza-se por movimentos de 45° ou 30° com variação de amplitude horária e anti-horária (SYDNEY et al., 2000; HÜLSMANN et al., 2005; BARLETTA et al., 2007) e pode ser associado a limas manuais de aço inoxidável ou de NiTi. Estudos demonstram que este sistema apresenta semelhante desempenho em relação à ocorrência de desvios quando comparado ao preparo manual com limas de aço inoxidável (SYDNEY et al., 2001; BATISTA, 2002; LÓPEZ et al., 2008), ou com limas manuais de NiTi (BATISTA et al., 2002; BATISTA et al., 2003).

A análise do transporte ocorrido após o preparo biomecânico do canal radicular é uma grande preocupação dos pesquisadores. Ao longo da história, diferentes métodos para avaliar o transporte apical do canal radicular foram utilizados, destacando-se a plataforma radiográfica com sobreposição das imagens antes e após a instrumentação (SYDNEY et al., 1991, KUM et al., 2000; SCHÄFER; SCHLINGERMANN, 2003; YUM; KIM, 2003; SANTOS et al., 2006; JAVAHERI; JAVAHERI, 2007), o sistema de muflas (BRAMANTE et al., 1987; SHORT et al., 1997; KOSA et al., 1999; HÜLSMANN et al., 2003; PAQUÉ et al., 2005; LOPEZ et al., 2008) e a tomografia computadorizada (TC), que é a metodologia mais atual para este tipo de análise (GAMBILL et al., 1996; GARIP; GÜNDAY, 2001; GLUSKIN et al., 2001; HÜBSCHER et al., 2003; TASDEMIR et al., 2005; UYANIK et al., 2006; HARTMANN et al., 2007; LIMONGI et al., 2007; HOWERTON; MORA, 2008; VERSIANI et al., 2008; PASTERNAK-JÚNIOR et al., 2009).

A análise das imagens obtidas por meio de tomografia pode ser realizada por diferentes métodos. GAMBILL et al. (1996) e TADESMIR et al. (2005) avaliaram o desvio dos canais radiculares por meio de tomografia computadorizada, e compararam as imagens pré e pós instrumentação com auxílio do *software* do próprio aparelho tomográfico. Outros estudos relatam a utilização da mesma metodologia, porém, utilizando o *software AutoCad* (LIMONGI et al., 2007; LOIZIDES et al., 2007), o *software Adobe Photoshop* (HARTMANN et al., 2007) e o *software Canvas 9* (UYANIK et al., 2006).

SANTOS et al. (2006); VERSIANI et al. (2008) e PASTERNAK-JÚNIOR et al. (2009) delimitaram o contorno externo da raiz e da luz do canal radicular por meio do *software Adobe Photoshop*, antes e após a instrumentação, e obtiveram medidas lineares do desvio por meio do *software Image Tool 3.0*. CHEUNG; CHEUNG et al. (2008) avaliaram o diâmetro do canal radicular e a espessura de dentina remanescente após a instrumentação, por meio de microtomografia computadorizada (μ TC) e realizaram análise utilizando o *software ImageJ 1.36b*.

Segundo MAHRAN; ABOEL-FOTOUTH (2008) e VAN DER STELT (2008), as imagens obtidas nas tomografias podem também ser analisadas por meio de outros *softwares* que não interfiram no formato *Digital Imaging Communications in Medicine* (DICOM) da imagem, possibilitando a avaliação da posição e direção do desvio do canal radicular por meio de imagens tomográficas obtidas *voxel a voxel*, em análise tridimensional que permite determinar o valor de densidade radiológica.

Diante disso, torna-se importante estudar os diferentes sistemas automatizados na manutenção da curvatura original do canal radicular a partir da aquisição de diferentes cortes, por meio do uso do tomógrafo, e sua análise por meio de método linear *voxel/a voxel*.



Revista da Literatura

SCHNEIDER (1971) propôs um método para mensuração do ângulo de curvatura da raiz. Para isto, a partir da radiografia do elemento avaliado, traçava-se uma linha paralela ao longo do eixo do dente. Em seguida, uma segunda linha, traçada a partir da saída do forame apical, intersectava com a primeira no ponto onde o canal começava a sair do longo eixo do dente, em razão da curvatura. O ângulo formado seria considerado como o ângulo de curvatura da raiz. O autor conclui que um ângulo de curvatura $\geq 20^\circ$ seria considerado como severo.

WEINE et al. (1975) observaram as possíveis deformações que poderiam ocorrer durante a instrumentação dos canais radiculares. Para isso, instrumentaram canais simulados em blocos de resina e de dentes extraídos. Foi demonstrado que toda lima pré-curvada ou não, tinha a tendência a se tornar reta quando dentro do canal radicular, desgastando, assim, as paredes convexas do mesmo e determinando um desgaste com a forma de gota, no ápice, que foi denominado de "zip", que ocorria quando o instrumento ultrapassava a extensão do canal radicular artificial. O zip apical prejudica o selamento do canal radicular com o material obturador. Os autores também observaram que as deformações das paredes dos canais simulados em blocos de resina foram semelhantes àsquelas observadas nas paredes dos canais radiculares dos dentes extraídos, recomendando, então, esses blocos como modelo experimental.

BRAMANTE et al. (1987) propuseram avaliar a qualidade do preparo do canal radicular por meio de sistema de mufla. Após a inclusão do dente em bloco de resina acrílica, cortes transversais com discos de pequena espessura eram realizados em três

níveis (cervical, médio e apical), permitindo que o sistema fosse remontado para possibilitar obtenção de imagens radicular pré e pós-instrumentação do canal, utilizando-se os mesmos espécimes.

WALIA et al. (1988) introduziram, na Endodontia, a liga de níquel e titânio (Nitinol) para a fabricação de instrumentos endodônticos manuais e rotatórios, como alternativa para substituição do aço inoxidável. Os pesquisadores verificaram que, em virtude de seus baixos valores da memória elástica, as limas de Nitinol apresentaram flexibilidade duas a três vezes maiores do que as limas de aço inoxidável, além de possuírem maior resistência à fratura, quando torcionadas no sentido horário ou anti-horário.

SYDNEY et al. (1991) propuseram um método radiográfico, a plataforma radiográfica, para avaliar a ocorrência de desvio apical após o preparo do canal radicular. Trata-se de um método não invasivo e fornece uma imagem em duas dimensões, porém apresenta limitações de visualização das áreas onde os instrumentos não atuaram.

ESPOSITO; CUNNINGHAM (1995) analisaram a capacidade dos instrumentos manuais NiTi, rotatórios NiTi e limas de aço inoxidável K-Flex, de manter a luz do canal radicular durante o preparo de canais curvos. Utilizaram molares humanos extraídos com curvaturas entre 20° e 45° que foram montados em aparato que permitia a realização de radiografias padronizadas. O instrumento #15 foi radiografado em posição com o intuito de determinar o caminho original do canal radicular e, também, durante o preparo com instrumentos #25, #30, #35, #40 e #45. As imagens eram sobrepostas à

radiografia inicial e analisadas. Os resultados mostraram que os instrumentos NiTi utilizados manual e mecanicamente mantiveram o trajeto do canal original em todos os casos. A incidência de desvio apical nos instrumentos de aço inoxidável aumentou com o aumento do calibre do instrumento.

GAMBILL et al. (1996) avaliaram o transporte apical por meio de tomografia computadorizada. Os canais radiculares foram preparados manualmente com instrumentos endodônticos de níquel-titânio (Ni-Ti) e de aço inoxidável. Trinta e seis dentes unirradiculares foram divididos em três grupos e, submetidos à tomografia computadorizada antes e após o preparo biomecânico. No grupo I, os canais foram instrumentados com limas de aço-inoxidável K que flexionam com $\frac{1}{4}$ de volta/tração. No grupo II, os canais foram preparados com as limas manuais de NiTi (limas de Mity) com a mesma técnica do grupo I. No grupo III, os canais foram preparados com limas manuais de Ni-Ti (limas de Mity) pela técnica de alargamento. Os autores concluíram que os instrumentos de Ni-Ti (lima de Mity) causaram significativamente menor transporte apical que os instrumentos de aço inoxidável ($p < 0,05$), removeram significativamente menor volume de dentina ($p < 0,05$), requereram um menor tempo de preparo biomecânico ($p < 0,05$) e produziram preparos mais centralizados. Os autores salientaram que o tomógrafo computadorizado é um método reproduzível e não invasivo.

PRUETT et al. (1997) realizaram um estudo sobre fadiga cíclica, relatando um novo método de avaliação da angulação e raio de curvatura de canais radiculares. Estes autores confirmaram que, para instrumentos de NiTi acionados a motor, o raio de

curvatura, ângulo de curvatura e tamanho do instrumento são realmente mais importantes do que a velocidade empregada em prognosticar fratura de um instrumento.

SHORT et al. (1997) avaliaram, por meio do sistema de muflas, o preparo de 60 canais mesiais de molares inferiores com limas manuais de aço inoxidável Flex-R e com os sistemas rotatórios McXIM, Lightspeed e ProFile .04 Series 29. Os resultados mostraram que os sistemas rotatórios prepararam os canais mais rapidamente e de forma mais centralizada. Os autores concluíram que a utilização dos sistemas rotatórios favorecia a diminuição da fadiga do operador, reduzindo o tempo de trabalho.

LOPES et al. (1998) avaliaram a influência do ângulo e do raio de curvatura no transporte apical dos canais de 20 raízes mesiais curvas de molares inferiores preparados com limas K-Flexofile e K-Flexofile Golden Medium. Esses autores classificaram o raio de curvatura como suave (≥ 20 mm), moderado (entre 10 e 20 mm) e severo (≤ 10 mm). Os resultados mostraram que não houve diferença no transporte entre os grupos, independente do ângulo e raio de curvatura. Os autores concluíram que, na determinação do grau de curvatura do canal, o raio e o ângulo de curvatura devem ser avaliados.

KOSA et al. (1999) avaliaram o transporte apical em canais mesiais de molares inferiores. As raízes foram montadas numa mufla de BRAMANTE modificada e seccionadas 2 mm aquém do comprimento de trabalho e na altura do início da curvatura. Os canais foram instrumentados por dois sistemas rotatórios, Profile 29 e Quantec 2000, e por dois sistemas alternados, M4 (limas Hedströen) e Endo-Gripper

(limas Flex-R). Os autores não encontraram diferença estatisticamente significativa quanto ao transporte do canal quando todas as técnicas foram comparadas entre si.

KUM et al. (2000) avaliaram o preparo de 48 canais simulados em resina com limas K-Flexofile e com os sistemas ProFile GT e ProFile, por meio de sobreposição das imagens dos canais pré e pós-instrumentados. Os autores concluíram que os sistemas rotatórios resultaram em canais com melhor conicidade e mínima incidência de erros, chamando atenção para o fato de que o uso de instrumentos de maior conicidade, no terço apical de canais curvos, deveria ser cuidadosamente considerado uma vez que tende a promover alterações significativas no canal.

RHODES et al. (2000) compararam, por meio da μ TC, 30 canais de 10 molares inferiores humanos preparados com limas manuais Nitiflex e com o sistema ProFile .04. Os resultados mostraram que ambas as técnicas produziram canais bem centralizados e cônicos, não havendo diferença entre os grupos quanto ao transporte, volume de material excisado e tempo de preparo. Os autores concluíram que ambas as técnicas permitiram o preparo dos canais radiculares com boa conicidade e mínimo transporte.

SYDNEY et al. (2000) avaliaram o desvio apical ocorrido durante o preparo do canal radicular em raízes méso-vestibulares de molares superiores com curvatura em torno de 27°, com técnica manual e técnica automatizada com sistema alternado. Em ambos os casos o preparo apical foi realizado até o instrumento #30. O método de avaliação empregado foi da plataforma radiográfica, que 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 sistema alternado. Mostraram também que a instrumentação manual foi mais eficiente na manutenção da curvatura apical.

THOMPSON (2000) revisou a aplicabilidade da liga de NiTi em Endodontia. Segundo o autor, a utilização dessa liga na confecção de instrumentos endodônticos se deu em virtude de sua maior resistência e baixo módulo de elasticidade. Além disso, a super elasticidade permite que, após submetida à deformação, retorne à forma original. Concluiu-se que essas propriedades eram interessantes para a Endodontia uma vez que permitiria a confecção de instrumentos com características ideais para o preparo de canais curvos.

BERGMANS et al. (2001) apresentaram nova metodologia para a avaliação da instrumentação dos canais radiculares por meio de μ TC e desenvolveram um *software* baseado na construção de modelo matemático. Os resultados mostraram transporte apical variando de 18 a 25 μ m e índice de centralização entre -0,25 e 0,25. Os autores concluíram que essa metodologia permite avaliar tridimensionalmente a forma do canal radicular antes e após o preparo e a obtenção de valores numéricos para o volume, alteração de volume e do trajeto original do canal, sem perda de estrutura dental.

GARIP; GÜNDAY (2001), utilizando canais simulados em resina, avaliaram o preparo nos terços médio e apical de 80 canais, com curvaturas entre 20° e 30°, com limas Hedströen e manuais tipo K, de NiTi e aço inoxidável, por meio de TC. Os resultados mostraram que não houve diferença entre os critérios avaliados em relação à influência dos diferentes ângulos de curvatura. O transporte no terço apical foi, em média, de $0,08 \pm 0,04$ mm, quando do uso de limas de NiTi, e de $0,52 \pm 0,13$ mm para

limas Hedströen. O melhor índice de centralização foi obtido em canais com curvatura de 30° preparados com limas de NiTi ($0,63\pm 0,36$). Foram observados maiores desgastes na porção interna da curvatura pelo uso de limas de aço inoxidável no terço médio e de NiTi no terço apical. Os autores concluíram que os instrumentos de NiTi permitiram o preparo dos canais com melhor conicidade e alargamento, além de menor transporte.

GLUSKIN et al. (2001) compararam o preparo endodôntico de 54 canais mesiais de molares inferiores extraídos, realizado por estudantes de Odontologia, com limas Flexofile ou sistema ProFile GT, por meio de tomografia computadorizada de alta resolução. Os resultados mostraram que o grupo ProFile GT apresentou menor ampliação nos terços cervical e médio, menos transporte em direção à furca no terço médio e menor tempo de preparo. O transporte, no terço apical, variou de $0,06\pm 0,10$ a $0,14\pm 0,14$ mm com o sistema ProFile GT e manual, respectivamente. Os autores concluíram que o uso do sistema ProFile GT permitiram aos alunos de graduação preparar canais curvos com transporte menor, maior conservação de estrutura e em menor tempo.

PETERS et al. (2001a) utilizaram a μ TC, com resolução isotrópica de 34 μ m, para comparar o preparo endodôntico de 6 molares superiores extraídos com instrumentos manuais tipo K de aço inoxidável e com os sistemas Lightspeed e ProFile taper 04. A diferença entre o volume de dentina e área preparada, antes e após a instrumentação foi, em média, de $1,61\pm 0,07$ mm³ e $4,16\pm 2,63$ mm², respectivamente. O transporte variou de 1,8 a 50 μ m, sendo menor quando do uso dos sistemas rotatórios. Os autores

concluíram que as características geométricas do canal tiveram maior influência nos resultados observados que em relação à técnica utilizada.

PETERS et al. (2001b) compararam, por meio de μ TC com resolução isotrópica de 19,6 μ m, o preparo endodôntico de 40 molares superiores extraídos com instrumentos manuais de NiTi e com os sistemas Lightspeed, ProFile .04 e ProFile GT. O resultado após o preparo demonstrou canais mais cônicos e arredondados, além de aumento no volume e área preparada. O transporte apical foi, em média, de $97,72 \pm 99,13$ mm. Em todos os grupos pelo menos 35% da área de superfície do canal não foi tocada pelos instrumentos. Os autores concluíram que não houve diferença significativa entre as técnicas testadas sendo possível visualizar grandes variações na anatomia do canal original, comprovando o uso deste método não-destrutivo na endodontia experimental.

SYDNEY et al. (2001) analisaram a ocorrência de desvio apical no preparo dos canais radiculares de raízes mesio-vestibulares de molares superiores, empregando os sistemas M-4, Endo-Gripper e contra-ângulo Kavo (série Duratec) utilizando apenas limas de aço inoxidável. Esses pesquisadores usaram como controle a técnica manual com movimentos oscilatórios, realizando, em todos os grupos, a ampliação reversa com preparo cérvico-apical. O batente apical foi padronizado no instrumento #35. Com a utilização de uma plataforma radiográfica, foi possível aos pesquisadores registrar que os modelos automatizados promoveram índice de desvio apical de 14,28% contra apenas 7,14% da instrumentação manual, observando ainda que a variação de amplitude de 30° ou 45° dos sistemas utilizados não interferiu nos resultados.

BATISTA (2002) ao comparar a técnica manual e o sistema oscilatório Endo-Gripper no preparo de canais méso-vestibulares de molares superiores, com raio de curvatura médio de 7,7 mm, utilizando-se de limas de aço inoxidável (Flex-R) e de NiTi (Ônix-R) verificou que o desvio apical ocorreu somente nos casos em que se utilizou lima de aço inoxidável, tanto na técnica manual como com o sistema Endo-Gripper.

HATA et al. (2002) avaliaram o preparo apical de 160 canais simulados em resina, com curvaturas de 20° e 30°, com limas Flex-R e os sistemas ProFile Series 29 e ProFile GT™. Os resultados mostraram que, nos canais com ângulo de 30°, o tempo de preparo variou, em média, de 251,7" a 439,25" nos grupos ProFile GT e Flex-R, respectivamente. O sentido do transporte a 1 mm da saída do canal, em geral, foi em direção à porção externa da curvatura, com exceção do grupo Flex-R. Os autores concluíram que o menor tempo de preparo obtido com os sistemas rotatórios poderiam contribuir para redução da fadiga do operador.

TAN; MESSER (2002) investigaram a influência do pré-alargamento na determinação do comprimento de trabalho em 112 canais de pré-molares e molares extraídos, preparados com limas manuais tipo K ou sistema Lightspeed. Os resultados mostraram que, em geral, o primeiro instrumento do sistema Lightspeed a atingir o comprimento de trabalho era dois diâmetros ISO superiores ao grupo manual. Os autores concluíram que o pré-alargamento dos terços cervical e médio influenciou diretamente o diâmetro do primeiro instrumento a atingir o comprimento de trabalho em ambos os grupos, principalmente, no grupo Lightspeed.

BATISTA et al. (2003), fazendo uso apenas de limas de NiTi Onyx-R, analisaram a qualidade do preparo do canal radicular realizado com o sistema alternado Endo-Gripper e a instrumentação manual. Embora estes pesquisadores tenham observado que tanto o sistema alternado como a técnica manual mostraram-se eficientes no preparo do canal, não havendo diferenças estatísticas significativas em relação à ocorrência de defeitos de perda de medida de trabalho e à conicidade, constataram que o sistema alternado foi significativamente mais rápido no tempo de preparo, em relação à técnica manual, e que fratura de instrumento só foi observada na técnica manual, em canais com 40° de curvatura.

HÜBSCHER et al. (2003) avaliaram o preparo de molares superiores humanos com μ TC, quanto ao volume, a superfície de área e o diâmetro dos canais dos dentes preparados com o Sistema FlexMaster. Os canais foram avaliados sob o ponto de vista da sua amplitude: amplos ou constrictos, e entre as diferentes raízes. O volume e a área aumentaram significativa e similarmente em todos os canais radiculares, e não foram encontrados erros evidentes de preparo. A medida dos diâmetros dos canais no terço apical, a 5 mm do ápice radicular, aumentou de 0,45 a 0,65 mm para os canais méso-vestibulares, 0,41 a 0,56 mm para os canais disto-vestibulares e de 0,79 a 0,85 mm para os canais palatinos. O transporte apical foi medido em milímetros, e variou de 0,01 a 0,29 mm, independente do canal ser amplo ou constricto. Os autores concluíram que é possível executar preparos em canais achatados e curvos de molares superiores, até os tamanhos 40 e 45, sem erros significantes de preparo. A anatomia do canal radicular teve um impacto insignificante neste estudo.

HÜLSMANN et al. (2003) realizaram um estudo comparativo no preparo do canal radicular de molares inferiores, utilizando instrumentos rotatórios contínuos FlexMaster e Hero 642, por meio do sistema de mufla. Todos os canais foram preparados até o instrumento #45 na região apical. Os parâmetros avaliados foram: retificação da curvatura dos canais radiculares, diâmetro do canal após o preparo, uso seguro dos instrumentos, habilidade de limpeza das técnicas e tempo de trabalho. Os autores concluíram que ambos os sistemas respeitaram a curvatura original dos canais radiculares e foram seguros no seu uso. Porém, na maioria, dos casos falharam em remover a camada de *smear* e *debris*.

FARINIUK et al. (2003) avaliaram por meio de análise histológica e morfométrica, a capacidade de limpeza das limas Profile .04, Pow-R, limas ENDOFlash, acionadas pelo motor ENDOFlash e das limas manuais Ni-Ti Flex. Todos os grupos foram irrigados com água destilada e deionizada. Os resultados evidenciaram diferença estatística entre os grupos testados, sendo que o grupo que utilizou a lima ProFile .04 foi o mais eficiente na limpeza, o Pow-R apresentou valores intermediários e as limas ENDOFlash e o NitiFlex apresentaram os menores índices de limpeza dos canais radiculares.

SCHÄFER; FLOREK (2003) compararam o tipo de preparo obtido com o sistema K3 com as limas manuais de aço inoxidáveis K-Flexofile. Foram utilizados 48 blocos de resina com canais curvos simulados, cuja curvatura era de 28° e 35°. Com o sistema K3 foram instrumentados 24 blocos, a uma velocidade de 250 rotações por minuto (RPM) pela técnica *crown-down*. No grupo das limas manuais de aço inoxidável K-Flexofile foram instrumentados, também, 24 blocos, realizando movimento de imagem.

Todos os canais artificiais foram dilatados até #35. As imagens dos canais artificiais foram feitas e registradas antes e após a instrumentação, para então serem transportadas para o computador e analisadas por programa específico para análise de imagens. Concluíram que o sistema K3 preparou canais curvos rapidamente com mínimo de transporte do canal em direção ao lado externo da curvatura em comparação com as limas manuais de aço inoxidável K-Flexofile.

SCHÄFER; SCHLINGEMANN (2003) avaliaram o preparo de 60 canais de molares humanos, com curvaturas entre 25° e 35°, com limas K-Flexofile e com o sistema K3, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sobreposição de radiografias. Os autores concluíram que o preparo manual promoveu melhor remoção de *debris* enquanto o preparo com instrumentos K3 resultou em canais mais centralizados.

YUN; KIM (2003) avaliaram o preparo de 48 canais simulados em resina com os sistemas ProFile, ProFile GT, Quantec e ProTaper, por meio de sobreposição de imagens e moldagem com silicone. Os resultados mostraram que o sistema ProTaper preparou os canais mais rapidamente e com maior remoção de material, mantendo a curvatura original do canal, apesar de apresentar maior percentual de deformação dos instrumentos que nos outros sistemas.

FOSCHI et al. (2004) pesquisaram por meio de MEV, a limpeza dos terços apical, médio e cervical de 24 canais de dentes humanos preparados com instrumentos do sistema Mtwo e ProTaper. A irrigação foi realizada com NaOCl 5%, água oxigenada 3% e EDTA 17%, depois do uso de cada instrumento. Os resultados mostraram diferença entre os terços em cada grupo. Entre os grupos, contudo, não houve diferença. No

terço apical, a presença de *debris* inorgânicos, *smear* e áreas de dentina não instrumentadas foram comuns. Os autores concluíram que, independentemente do sistema utilizado para o preparo dos canais, foi possível verificar a presença de áreas livres de *debris* apenas nos terços cervical e médio.

HATCHER; ABOUDARA (2004) relataram a utilização do Tomógrafo Computadorizado Volumétrico Newton QR9000 no diagnóstico e planejamento do tratamento ortodôntico. Esse tipo de tomografia computadorizada tem sua utilização na investigação de dentes impactados, na avaliação da articulação temporo mandibular e no diagnóstico de patologias, pois a utilização do *software* viabiliza a reconstrução das imagens em 3D. As imagens obtidas por tomógrafos digitais têm como característica serem compostas de pixels, que são arranjados em uma matriz retangular bidimensional, sendo que cada pixel tem tamanho, cor, grau de intensidade e localização específica na imagem. O menor elemento de uma imagem tridimensional é o voxel, que apresenta altura, largura e profundidade, caracterizando a menor unidade de volume de uma imagem 3D.

IQBAL et al. (2004) avaliaram radiograficamente o transporte apical de 40 canais méso-vestibulares de molares inferiores extraídos e preparados com os sistemas ProFile Series 29.06 e ProTaper. Os resultados indicaram que o transporte apical variou de $0,10 \pm 0,09$ a $0,24 \pm 0,21$ mm, e que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos apenas a 4 mm do comprimento de trabalho. Os autores concluíram que os sistemas ProFile Series 29.06 e ProTaper foram efetivos no preparo de canais curvos, resultando em mínimo transporte.

LIMONGI et al. (2004) estudaram a ocorrência de desvio apical no sentido proximal de 42 raízes méso-vestibulares de molares superiores após instrumentação com limas de aço inoxidável K-Flexofile associadas ao sistema Endo-Gripper ou M4. Utilizaram o método da plataforma radiográfica para avaliarem os resultados e observaram maior desvio no grupo do Endo-Gripper.

PETERS (2004) revisou a influência do preparo com instrumentos rotatórios na predição da qualidade final do tratamento endodôntico. Segundo o autor, os fatores pertinentes à qualidade final do preparo endodôntico estariam relacionados à experiência do operador, às características geométricas do canal radicular e dos instrumentos como, secção transversal, tip, velocidade de rotação e sequência técnica. O autor concluiu que a utilização de instrumentos rotatórios prescindia a necessidade de treinamento pré-clínico e que, apesar dos resultados favoráveis apresentados em estudos laboratoriais, suas conseqüências na prática clínica ainda necessitavam de maior avaliação.

SCHÄFER; VLASSIS (2004a), por meio de investigação comparativa do transporte apical, avaliaram a capacidade dos sistemas rotatórios ProTaper e RaCe em manter o longo eixo de canais simulados em resina após o preparo biomecânico. Foram analisadas imagens antes e após a instrumentação por meio de *software*. Os resultados permitiram concluir que, em média, os canais preparados com instrumentos do sistema RaCe, mantiveram-se mais centralizados que os do ProTaper. O preparo com instrumentos do sistema RaCe foi significativamente mais rápido em relação ao do ProTaper; além de respeitaram melhor a curvatura original do canal que os do

ProTaper, os quais tenderam a transportar os canais em direção à parede externa da curvatura.

SCHÄFER; VLASSIS (2004b) testaram os sistemas ProTaper e RaCe, em 48 canais de molares superiores e inferiores com curvaturas entre 25° e 35°. Foram analisadas imagens antes e após a instrumentação por meio de MEV. Os resultados mostraram que o sistema RaCe manteve a curvatura original do canal significativamente melhor que o sistema ProTaper.

VELTRI et al. (2004) avaliaram, radiograficamente, o preparo de 20 canais mesiais de molares inferiores extraídos, com ângulos de curvatura variando de 23 a 54°, com os sistemas ProTaper e ProFile GT. Os resultados mostraram que não houve correlação entre as características geométricas do canal e a quantidade de dentina excisada, não havendo alteração significativa do comprimento de trabalho, apesar de duas fraturas em cada grupo. Os autores concluíram que os sistemas foram eficientes na manutenção do eixo original dos canais, sendo que o sistema ProTaper apresentou o tempo de preparo mais rápido.

BAUMANN (2005) reportaram que propriedades específicas da liga de NiTi como a maior resistência à deformação e o baixo módulo de elasticidade permitiram o desenvolvimento de instrumentos com características importantes para Endodontia. Segundo o autor, o entendimento das limitações inerentes ao processo de fabricação permite entender os desafios futuros para confecção de instrumentos mais seguros para uso clínico. A liga de NiTi facilitou a confecção de instrumentos com modificações importantes quanto à secção transversal, ângulo de corte, superfície radial, área de

escape, lâmina de corte e conicidade. O autor concluiu que, apesar das inovações tecnológicas incorporadas a estes novos instrumentos, em virtude do advento da liga de NiTi, ainda persistia o desafio do controle da fadiga cíclica.

GUELZOW et al. (2005) realizaram análise comparativa da instrumentação com técnica manual e seis diferentes sistemas automatizados com limas de NiTi: 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 #30 e as medições foram realizadas através de imagens radiográficas standardizadas submetidas a um programa de computador. Como resultados os autores obtiveram que todos os sistemas automatizados mantiveram a curvatura original do canal.

HÜLSMANN et al. (2005) revisaram os conceitos e técnicas de preparo do sistema de canais radiculares. Os autores enfatizaram que, apesar das inúmeras pesquisas clínicas publicadas, em relação à qualidade do tratamento endodôntico, a evidência científica final a respeito da influência de diferentes instrumentos e técnicas de preparo ainda permanecia obscura em virtude, principalmente, das diferenças metodológicas que dificultavam ou impediam comparações entre os diferentes estudos. Os autores concluíram que, apesar destas dificuldades, poder-se-ia considerar como certo que o preparo mecânico promove a redução significativa de bactérias, aumentando a quantidade de *debris* e *smear*. Além disto, o diâmetro cirúrgico deveria ser definido de acordo com as características anatômicas de cada canal.

PAQUÉ et al. (2005) avaliaram, por meio do sistema de muflas e MEV, a qualidade do preparo de 50 canais de raízes mesiais de molares inferiores com os sistemas rotatórios RaCe e ProTaper até o instrumento #30. Os resultados mostraram pequena tendência de retificação ($<1^\circ$) em ambos os grupos. Os autores concluíram que ambos os sistemas respeitaram a curvatura dos canais radiculares e foram seguros para o uso.

PATIÑO et al. (2005) compararam a influência do preparo cervical na fratura de instrumentos dos sistemas ProTaper, ProFile e K3, em 208 canais de molares superiores e inferiores. Os resultados mostraram correlação positiva entre o ângulo de curvatura, a frequência de uso e a fratura dos instrumentos. Os instrumentos utilizados acima de oito vezes apresentaram de uma a duas vezes mais fratura. Os autores recomendaram que, previamente ao uso de instrumentos rotatórios, o canal deveria ser ampliado com limas manuais.

SIQUEIRA-JÚNIOR (2005) ressaltou as conseqüências do preparo biomecânico em relação aos tecidos periapicais, com ênfase na dor pós-operatória e no prognóstico do tratamento endodôntico. Além disso, verificaram possíveis alterações sistêmicas após os procedimentos endodônticos. O autor concluiu que, em virtude dos microrganismos serem os principais responsáveis pela resposta dos tecidos apicais, todos os esforços deveriam ser direcionados para sua erradicação.

SCHAEFFER et al. (2005) conduziram estudo de meta-análise a partir de trabalhos de preservação de tratamentos endodônticos para definir o limite apical ideal na instrumentação e obturação. Os autores concluíram que o sucesso foi obtido quando

o tratamento foi realizado dentro dos limites do canal radicular e aquém do forame apical.

TASDEMIR et al. (2005) avaliaram, por meio de TC helicoidal, o preparo biomecânico realizado manualmente com limas de aço inoxidável tipo K com o sistema rotatório Hero 642, em canais méso-vestibulares de molares superiores, com ângulo de curvatura entre 25° e 35°. Os autores encontraram menos transporte do canal, utilizando os instrumentos rotatórios do Sistema Hero 642, em relação aos canais preparados com os instrumentos manuais tipo K. A média de transporte no terço apical, a 3 mm do ápice, foi de 0,13 mm para o grupo instrumentado pelo Sistema Hero 642, e de 0,24 mm para o grupo instrumentado pela técnica manual. Concluíram que o preparo endodôntico realizado com o sistema Hero 642 resultou em menor transporte em todos os terços e manutenção do canal centralizado.

VANNI et al. (2005) avaliaram a influência do preparo cervical na determinação da lima apical inicial, de raízes méso-vestibulares de 50 primeiros molares superiores, por meio de MEV. Os dentes foram divididos em cinco grupos de acordo com o tipo de alargamento realizado. A discrepância entre o diâmetro do canal e a do instrumento apical inicial foi comparada. Os resultados mostraram que o pré-alargamento realizado com brocas LA Axxess promoveu menor diferença entre o diâmetro anatômico no comprimento de trabalho e o instrumento apical inicial. Os autores concluíram que o pré-alargamento cervical permitiu melhor determinação do instrumento apical inicial.

YOSHIMINE et al. (2005) compararam o transporte do canal radicular proporcionada pela instrumentação com três sistemas rotatórios: ProTaper, K3 e RaCe.

Canais simulados em blocos de resina foram preparados pela técnica coroa ápice até o instrumento #30. Foram obtidas imagens pré e pós-operatórias avaliadas por meio de estereomicroscopia. Resultados mostraram que, no terço apical, o sistema ProTaper mostrou maior tendência de alargamento, desvio e formação de zip. Os autores concluíram que, em caso de canais com curvaturas severas, instrumentos rotatórios mais flexíveis seriam os mais indicados.

JODWAY; HÜLSMANN (2006) avaliaram o preparo de canais radiculares curvos instrumentados pelos sistemas rotatórios K3 e NiTi-Tee. Para tanto, utilizaram 50 canais mesiais de molares inferiores extraídos com curvaturas entre 20° e 40°. No grupo das limas NiTi-Tee o preparo apical foi realizado com a lima 30.04. No grupo do sistema K3 o preparo apical foi realizado com a lima 45.02. Foram realizadas tomadas radiográficas antes e após os preparos e fotografias de secções transversais para verificar mudanças nas curvaturas e diâmetros dos canais radiculares. Os autores concluíram que os dois sistemas mantiveram a curvatura dos canais radiculares e são seguros para o uso.

KHADEMI et al. (2006) estudaram, por meio de M. E. V., em 40 canais méso-vestibulares de primeiros molares inferiores, o diâmetro apical mínimo exigido para conseguir a penetração efetiva da solução irrigante e a eliminação dos debris e da camada de smear. Os dentes foram divididos em quatro grupos de acordo com o instrumento apical final (20, 25, 30, 35) e a técnica de instrumentação foi a crown-down. Com base nos resultados obtidos, a instrumentação mínima para a penetração da solução irrigante deve ser realizada com lima #30.

LUDLOW et al. (2006) realizaram estudo comparativo entre as doses efetivas de radiação para três tipos de aparelhos disponíveis comercialmente: CB Mercuray, NewTom 3G e I-CAT. Foram utilizados dosímetros termoluminescentes, colocados em 24 locais, ao longo da cabeça e pescoço de um crânio simulado. As doses de radiação foram calculadas em mSv, sendo para o NewTom 3G, 45-59 mSv, para o I-CAT, 135-193 mSv e para o CB Mercuray, 477-558 mSv. Esses aparelhos apresentaram doses maiores de radiação, de quatro a 42 vezes, quando comparadas às da radiografia panorâmica (6.3 mSv, 13.3 mSv), mas efetivamente menores que as doses das TC convencionais. As doses de radiação da TCCB variam e dependem substancialmente do aparelho e fatores de técnica. Concluíram ainda que a TCVCB tem sido utilizada com bastante freqüência na prática odontológica, devido à qualidade das imagens obtidas, baixa dose de radiação e baixo custo em relação à TC convencional.

PÉCORA; CAPELLI (2006) relataram a mudança no paradigma da instrumentação dos canais radiculares curvos a partir do desenvolvimento de instrumentos confeccionados com diferentes ligas e novas concepções de *design*. Segundo os autores, o paradigma do preparo de canais curvos com instrumentos de aço inoxidável se restringia à ampliação da porção apical com lima 25, haja vista o uso de instrumentos mais calibrosos causarem maior risco de promover alterações indesejadas, como transporte, zip, perfurações, desvios, dentre outros. Este paradigma permaneceu vigente até o início do século atual quando o surgimento de novos instrumentos, confeccionados em liga de NiTi, se mostrou eficaz na ampliação apical com instrumentos acima do 45, proporcionando melhor limpeza, com mínimo transporte. Concluíram que

embora seja possível a boa modelagem de canais curvos com instrumentos 25.04 ou 25.06, sua porção apical permaneceria sub-instrumentada, sendo importante a determinação prévia do diâmetro anatômico real do canal, de forma mais acurada, por meio da pré ampliação dos terços cervical e médio.

SANTOS et al. (2006) avaliaram o desvio apical em dentes submetidos ao preparo biomecânico com os sistemas rotatórios K3 e ProTaper. Foram feitas radiografias antes e após a instrumentação para avaliação do desvio por meio da sobreposição das imagens. Em 3 espécimes, de cada grupo, foi realizada a tomografia computadorizada, como forma adicional de avaliar o desvio apical. Os resultados mostraram não haver diferença estatisticamente significativa em relação ao desvio entre os grupos estudados. Os resultados das imagens tomográficas mostraram que o maior desvio ocorreu no sentido disto-lingual. Concluíram que ambas as técnicas promoveram desvio apical e que a tomografia computadorizada revelou ser um método de análise promissor na área da endodontia.

SCARFE et al. (2006) relataram as aplicações clínicas da TCVCB, na prática odontológica. E verificaram que por meio desta tecnologia, pode-se obter imagens de alta qualidade para o diagnóstico, com pequeno tempo de obtenção (10-70 segundos) e níveis de dosagem de radiação até 15 vezes menores que a TC.

SCHIRRMEISTER et al. (2006) analisaram, comparativamente, a instrumentação com técnica manual (limas Hedströen) e com sistemas automatizados com limas de NiTi: FlexMaster, ProSystem GT, Profile, ProTaper e RaCe, em 150 canais simulados de resina com curvatura de 20° e raio de 10 mm, empregando a técnica coroa-ápice até o

instrumento #30. As medições foram realizadas com auxílio de um programa de análise de imagens, comparando as imagens pré e pós-instrumentação. Os espécimes instrumentados com o sistema RaCe em comparação com os outros grupos obtiveram melhores resultados, seguido pelo ProTaper.

UYANIK et al. (2006) fizeram uma avaliação comparativa do transporte apical, por meio da Tomografia Computadorizada, utilizando 3 sistemas rotatórios de NiTi: Hero Shaper, ProTaper e RaCe. Foram utilizadas raízes mesiais dos molares inferiores, nas quais realizaram-se tomografias para comparação pré e pós-instrumentação utilizando um *software* de análise de imagens. Foi possível comprovar que houve um aumento transversal do canal radicular em todos os grupos, sendo a diferença não significativa entre os sistemas ($p > 0.05$). O sistema RaCe transportou significativamente os canais no terço cervical ($p < 0.05$) e o ProTaper removeu significativamente mais dentina que o HERO Shaper ($p < 0.05$).

XU et al. (2006) investigaram a influência da forma da secção transversal sobre o comportamento mecânico de seis instrumentos endodônticos de NiTi disponíveis no mercado utilizando o Método dos Elementos Finitos. As características mecânicas não-lineares da liga de NiTi foram consideradas. As limas endodônticas avaliadas foram: ProTaper, Hero642, Mtwo, Profile, Quantec, e NiTiflex. Modelos matemáticos destes instrumentos foram construídos e seus desempenhos foram analisados sobre as mesmas condições de torque. Os modelos do ProTaper e Hero 642 alcançaram o nível mais baixo de estresse por tensão, tornando-os mais resistentes ao torque. Por outro lado o modelo NiTiflex teve o pior desempenho. O valor máximo de *stress* e a

distribuição da tensão em um modelo foram fortemente influenciados pela forma da secção transversal. Fatores que afetam a distribuição do *stress* incluem a inércia da secção transversal, profundidade da conicidade, a área interna do núcleo, guia radial plana e superfície externa de corte. Com a área da secção do núcleo interno aumentada, o modelo foi mais torque-resistente.

BARLETTA et al. (2007) avaliaram, *in vitro*, a capacidade do sistema oscilatório Endo-Griper e do sistema rotatório Profile taper 04, na desobturação mecânica de canais curvos. Quarenta canais méso-linguais e 40 canais méso-vestibulares foram instrumentados e obturados. Após 6 meses foram obtidas imagens 3D destes canais através de tomografia computadorizada e o volume das obturações foi calculada. As obturações foram removidas pelo uso de limas K montadas no sistema Endo-Griper e do sistema rotatório Profile. O volume de debris remanescente foi avaliado através de tomografia computadorizada. Os resultados mostraram que nenhum dos sistemas foi capaz de remover completamente o material obturador. Não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade de material remanescente após a remoção mecânica. O volume de material obturador que permaneceu no canal foi significativamente menor no canal méso-lingual do que do méso-vestibular. Os autores concluíram que os sistemas automatizados não foram efetivos na completa desobturação de canais radiculares.

JAVAHERI; JAVAHERI (2007) avaliaram o desvio apical em canais méso-vestibulares de primeiros molares superiores com curvatura entre 25° e 35°, instrumentados com 3 sistemas rotatórios: Hero 642, RaCe e ProTaper. Utilizou-se

plataforma radiográfica e programa, para mensuração do transporte apical a 1 mm do ápice. Encontrou-se diferença estatisticamente significativa no grupo do sistema ProTaper. Os autores recomendaram que no preparo de canais curvos, o sistema ProTaper seja utilizado concomitante a limas mais flexíveis, como do sistema RaCe.

HARTMANN et al. (2007) avaliaram a ocorrência de desvio apical em raízes méso-vestibulares de molares superiores, instrumentados: manualmente com limas tipo K, pelo sistema oscilatório com limas tipo K e pelo sistema rotatório ProTaper. A técnica utilizada para avaliar o desvio foi a TC em que, as imagens pré e pós-instrumentação, foram comparadas e a distância entre elas convertidas em milímetros. Constatou-se maior desvio na utilização da técnica oscilatória com limas tipo K, seguida pelo sistema rotatório e por último a técnica manual.

LIMONGI et al. (2007) avaliaram por meio de TC, a quantidade de dentina removida das paredes do canal radicular utilizando-se técnicas de instrumentação manual e rotatória. Quarenta incisivos inferiores com único canal foram divididos em 2 grupos, de acordo com a técnica empregada: Grupo I - técnica manual com limas manuais de aço inoxidável e Grupo II - técnica automatizada rotatória com sistema RaCe. Em cada dente, procedeu-se à mensuração (em mm) da espessura da dentina radicular nas faces vestibular, lingual, mesial e distal dos terços apical, médio e cervical por meio de tomografia computadorizada. Após a instrumentação dos canais radiculares novas tomografias foram realizadas para mensuração da espessura das paredes dentinárias radiculares. Os autores concluíram que, com relação à remoção de dentina

das paredes dos canais radiculares durante a instrumentação, as duas técnicas avaliadas tiveram desempenho semelhantes.

LOIZIDES et al. (2007) comparam o transporte em raízes méso-vestibular de primeiros molares inferiores, com curvatura aproximada de $22,7^\circ$, submetidas ao preparo biomecânico com os sistemas rotatórios Hero 642 e Protaper, por meio da μ TC. As imagens tomográficas foram obtidas antes e após o preparo biomecânico realizado com os dois sistemas rotatórios e as imagens das secções transversais foram obtidas com intervalos de 2 mm. As diferenças na circunferência do canal radicular, área de secção transversal, perímetro do canal foram calculadas utilizando um *software* de análise de imagens. Não houve diferença significativa entre os sistemas rotatórios com relação ao tempo de trabalho. Após a instrumentação, a forma adquirida pelo canal radicular foi circunferencial para os dois sistemas utilizados. O sistema Hero 642 mostrou maior eficiência de corte a 4, 6 e 8 mm, quando comparado ao sistema ProTaper, que por sua vez apresentou alta eficiência de corte em todas as regiões analisadas (2, 4, 6 e 8 mm). Entretanto, o sistema ProTaper apresentou tendência ao desvio apical. Os autores concluíram que os dois sistemas rotatórios permitiram rápida realização do preparo biomecânico, além de produzirem canais com formato circunferencial.

NAIR; NAIR (2007) em revisão da literatura sobre os avanços no uso de imagem na Endodontia salientaram o uso da radiografia digital, com algumas vantagens em relação à radiografia convencional, que, apesar da rapidez de aquisição, menor dose de radiação e possibilidade de manipulação da imagem, apresenta limitação da imagem

bidimensional e sua resolução espacial. Quanto à evolução da tomografia computadorizada com imagens tridimensionais, os profissionais necessitam de treinamento específico na interpretação das imagens, mas representa um grande avanço no diagnóstico clínico, pela baixa radiação e grande magnificação da imagem.

TORTINI et al. (2007), em revista da literatura, discorreram sobre as diferentes técnicas de instrumentação: manual com limas de aço inoxidável ou por meio de sistemas rotatórios com instrumentos de NiTi. Os autores verificaram que a necessidade de instrumentos que apresentam tamanho compatível para atingir a região apical de canais radiculares curvos conduziu ao desenvolvimento de técnicas de instrumentação direcionadas para o preparo da porção apical. A técnica coroa-ápice envolve o alargamento da entrada dos canais radiculares com brocas Gates-Glidden seguido da remoção do conteúdo orgânico proveniente da região apical com limas manuais. As limas são utilizadas do maior para a de menor diâmetro, sem exercer pressão apical. O preparo biomecânico dos canais radiculares foi revolucionado pelo desenvolvimento da liga de NiTi, que confere grande flexibilidade aos instrumentos e permite a fabricação de limas com diferentes conicidades quando comparadas as limas de aço inoxidável. Além disso, a revista da literatura dispõe de exemplos que permitem comparar os sistemas de NiTi e descrevem as técnicas de uso. Os autores concluíram que a técnica de instrumentação coroa-ápice apresenta algumas vantagens em relação às demais, incluindo imediata remoção de debris, acúmulo da solução irrigante, acesso direto a porção apical de canais com curvatura e maior precisão de instrumentação em relação ao exato comprimento de trabalho e diâmetro apical.

YANG et al. (2007) comparam a conicidade progressiva e a constante na modelagem de canais radiculares com curvatura entre 20 e 40° com sistema Protaper (conicidade progressiva) ou com sistema Hero (conicidade constante). Os dentes foram incluídos em sistema de mufla e radiografados antes e após o preparo. As imagens das seções transversais foram avaliadas considerando-se os seguintes parâmetros: segurança (fratura do instrumento, obstrução apical e perda do comprimento de trabalho) e capacidade de modelagem (capacidade de retificação, área de secção transversal, transporte e capacidade de centralização). O sistema Hero mostrou menor grau de retificação ($p < 0,05$), resultando em menos transporte apical ($p < 0,01$) e melhor capacidade de centralização ($p < 0,01$) na secção apical. O sistema ProTaper removeu maior quantidade de dentina nas secções do terço coronal e médio dos canais. Os autores concluíram que os dois sistemas rotatórios foram seguros e permitiram manter o comprimento de trabalho. Os canais instrumentados com limas Hero apresentaram menor transporte apical e melhor centralização na região apical provavelmente devido à conicidade menor que reduz a rigidez do instrumento.

YOUNG et al. (2007) descreveram, por meio de revisão da literatura, os princípios biológicos da instrumentação de canais radiculares com ênfase na utilização das técnicas de preparo com instrumentos rotatório de NiTi, bem como a função e as propriedades das soluções irrigantes atualmente utilizadas. Neste contexto, o principal objetivo do preparo biomecânico é a eliminação de microrganismos do sistema de canais radiculares. Com este objetivo, os instrumentos de NiTi foram introduzidos no tratamento endodôntico em 1988 e desde então o uso deste tipo de instrumentos tem

se difundido devido a capacidade que apresentam de permitir a modelagem de canais radiculares com mínima probabilidade de ocorrência de falhas ou complicações decorrentes desta fase do tratamento endodôntico.

CHEUNG; CHEUNG (2008) estudaram a eficácia e a segurança da instrumentação rotatória com limas de níquel-titânio no preparo de canais em forma de "C". Quarenta e três segundos molares humanos com canais em forma de "C" foram instrumentados por meio da técnica coroa-ápice até o instrumento de calibre #30, utilizando a combinação de instrumentos tipo Profile e Hero. Para analisar o diâmetro do canal após a instrumentação e verificar a espessura remanescente das paredes dentinárias realizou-se tomografias computadorizadas. De acordo com as seções transversais verificou-se que somente regiões isoladas nos canais em forma de "C" foram preparadas. A parede da furca, que apresenta aspecto côncavo na secção transversal do canal em "C", em todos os canais identificados clinicamente, apresentou espessura de 1 a 7 mm a partir da constrição apical antes e após a instrumentação. Maior quantidade de dentina foi removida da face externa (convexa do aspecto tipo "C"), quando comparado ao aspecto de furca apresentada na região apical, entretanto, o inverso é verdadeiro com relação à parte coronal. Os autores concluíram que embora o uso dos sistemas rotatórios mostre-se seguro para o uso em canais em forma de "C", o alargamento do terço apical além do calibre #30 (conicidade 0.06) não é recomendado.

HOWERTON; MORA (2008) relataram que a tomografia Cone Beam permite mudanças na percepção do clínico em relação ao complexo oro-maxilo-facial e é uma ferramenta tecnológica útil durante o processo de diagnóstico. Esta tomografia usa

radiação de forma similar às imagens por diagnóstico convencionais e convertem os dados em DICOM. Estes últimos são importados para um *software* que realiza a manipulação e reconstrução multiplanar em slices e a representação volumétrica tri-dimensional. Quando analisado por outros programas este sistema também auxilia o posicionamento de implantes, cirurgias ortognáticas e avaliação ortodôntica. Ressaltando que há necessidade de cuidadosa análise das imagens obtidas em tomografia Cone Beam para permitir tratamentos com resultados mais confiáveis.

LÓPEZ et al. (2008) avaliaram a ocorrência de desvio apical em raízes méso-vestibulares de molares superiores após a instrumentação manual com limas de aço-inoxidável, rotatória com o sistema K3 e oscilatória com contra-ângulo NSK e limas de aço-inoxidável. A amostra foi formada por 60 raízes que, após a inclusão numa modificação da mufla de Bramante, foram seccionadas longitudinalmente e de acordo com o ângulo e raio da curvatura foi dividido em três grupos. Cada imagem pós-operatória (limas 30, 35 e 40) foi escaneada e sobreposta à imagem pré operatória no programa *Adobe Photoshop*. As limas de aço inoxidável #35 e #40 provocaram significativo transporte apical com instrumentação manual e oscilatória, enquanto que sistema K3 mostrou-se seguro no preparo com mínimo desvio.

MAHRAN; ABOEL-FOTOUB (2008) compararam os efeitos de 3 diferentes instrumentos utilizados para o preparo de canais radiculares sobre a dentina remanescente cervical e a espessura total removida durante a instrumentação por meio de tomografia computadorizada multislice. Quarenta e cinco canais méso-vestibulares de primeiros molares inferiores com curvatura entre 30 e 40° foram divididos em 3

grupos: ProTaper, Hero Shaper, e Gates-Glidden com Flex-R manual. A espessura e o volume de dentina do canal cervical foram medidos antes e depois da instrumentação, usando a tomografia computadorizada multislice, onde as imagens foram analisadas por um *software*. Os resultados indicaram que o ProTaper removeu significativamente menos dentina cervical da parede distal da raiz (zona de perigo) do que HeroShaper e Gates-Glidden ($p < 0.05$). O valor total de dentina removida durante o preparo do canal foi significativamente maior para o ProTaper ($p < 0.05$).

NECCHI et al. (2008) desenvolveram um modelo de elemento finito do instrumento Protaper F1 para avaliar e demonstrar o uso de instrumentos rotatórios durante o preparo de canais radiculares. A interação do instrumento girando em canais com diferentes formas durante a inserção e remoção deste no canal foi estudada em modelo de elemento finito. O complexo comportamento termo-mecânico da liga de NiTi foi reproduzida utilizando sistema de computador *ad hoc*. A mesma análise foi realizada para demonstrar a forma da memória da liga. Os resultados obtidos para o instrumento de NiTi operando neste intervalo pseudo-elástico permitiram seu retorno à forma original e percorreram a curvatura sem desvios. O raio e a posição da curvatura do canal são os parâmetros mais críticos na determinação do *stress* de um instrumento, sendo maior *stress* encontrado com a diminuição do raio e variação de localização do terço apical para o médio. Verificaram que condições de trabalho mais exigentes foram observadas em canais com curvatura acentuada, especialmente em áreas onde maiores instrumentos com maior conicidade foram utilizados. Para prevenir danos e fratura do instrumento recomendam descartá-lo após o uso neste tipo de canais.

SCHMITZ et al. (2008) investigaram a influência do alargamento cervical com diferentes instrumentos rotatórios na determinação do instrumento apical inicial (IAI) das raízes méso-vestibulares de molares inferiores. Foram utilizados 50 molares inferiores cujas raízes mesiais apresentavam dois forames apicais nitidamente separados (méso-vestibular e méso-lingual). Os dentes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos (n= 10) de acordo com o tipo de instrumento utilizado no alargamento cervical. No grupo I, o IAI foi definido sem o prévio alargamento dos terços médio e cervical das raízes. Nos grupos II a V, o terço cervical e médio do canal radicular foi alargado com as brocas de Gates-Glidden, instrumentos ProTaper, EndoFlare e brocas LA Axxes, respectivamente. As seções transversais do CRT foram observadas através da MEV e os desajustes entre o diâmetro do canal e o diâmetro do IAI foram calculados com a função "régua" do *software* do próprio microscópio. Os resultados mostraram que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$). O alargamento cervical com as brocas LA Axxess apresentou os menores desajustes ($55,10 \pm 48,31$ mm), seguido de EndoFlare ($68,20 \pm 42,44$ mm), Gattes-Glidden ($68,90 \pm 42,46$ mm) e limas ProTaper ($77,40 \pm 73,19$ mm). Conclui-se que o alargamento cervical melhorou a adaptação do IAI aos canais no CRT das raízes méso-vestibulares dos primeiros molares inferiores e que os instrumentos rotatórios avaliados neste estudo não apresentaram diferenças estatísticas entre si no que diz respeito aos desajustes entre as dimensões do IAI e o diâmetro do canal no CRT.

VAN DER STELT (2008) relatou os benefícios do uso das técnicas radiográficas digitais em relação às técnicas convencionais que utilizam filme radiográfico e evidencia

os custos envolvidos neste processo, tanto em relação à aquisição dos equipamentos quanto na capacitação do profissional para seu uso. Dentre os benefícios estão diversas novas possibilidades de diagnóstico que facilitam a desempenho do dentista e sua equipe durante os procedimentos operatórios e melhoram o prognóstico do tratamento.

VERSIANI et al. (2008) compararam por meio de tomografia computadorizada helicoidal, o tempo de trabalho, o transporte, a direção do transporte, o índice de centralização e o aumento percentual da área de canais preparados com os sistemas rotatórios ProTaper, ProFile e ProSystem GT. Utilizaram quarenta molares inferiores, instrumentados até o diâmetro cirúrgico correspondente a 0,30 mm. Concluíram que o tempo de trabalho foi menor com o sistema ProSystem GT, não ocorrendo diferença entre os sistemas quanto ao transporte, índice de centralização e aumento da área preparada. A tendência do transporte ocorreu no sentido mesial.

PASTERNAK-JÚNIOR et al. (2009) avaliaram por meio de Tomografia Computadorizada Volumétrica de Feixe Cônico (Cone Beam), o transporte e a capacidade de centralização do Sistema Rotatório RaCe em canais méso-vestibulares de molares superiores. Vinte e sete dentes foram submetidos a 3 tomadas tomográficas sendo uma pré-operatória e duas após a preparação com instrumentos 35.02 e 50.02 respectivamente. Concluíram que o sistema RaCe preparou os canais curvos com o mínimo de transporte e centralização mesmo com instrumentos de diâmetros maiores que o normalmente usados.

VAUDT et al. (2009) estudaram o tempo necessário para instrumentação, segurança e capacidade de modelagem de dois sistemas rotatórios NiTi (Alpha System e

ProTaper Universal) em comparação com instrumentação manual com limas de aço inoxidável. Quarenta e cinco canais de raízes mesiais de molares inferiores foram selecionados e de acordo com o grau de curvatura das raízes os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos (n=15). No grupo I os canais foram alargados até o diâmetro #30 por meio de técnica manual, enquanto que nos grupos II e III utilizaram-se limas de NiTi do sistema rotatório seguindo as recomendações dos fabricantes. O tempo de instrumentação do sistema Alpha foi significativamente menor que a instrumentação manual ou com sistema ProTaper Universal ($p < 0,05$). Esse sistema também mostrou menor grau de retificação quando comparado às demais técnicas de instrumentação testadas ($p < 0,05$). Os autores concluíram que, independente das diferenças verificadas entre os sistemas, o efeito de retificação apical não pôde ser evitado e áreas não instrumentadas permaneceram em todas as regiões analisadas após a utilização de todos os sistemas testados.



Proposição

O presente estudo teve como objetivo de avaliar o transporte apical e a capacidade de centralização do sistema oscilatório, utilizando limas manuais de aço inoxidável e NiTi, e do sistema rotatório, com limas de NiTi K3 e RaCe, em canais méso-vestibulares de primeiros molares superiores, por meio de análise linear *voxel a voxel* de imagens obtidas em tomografia de feixe cônico (Cone Beam).



Material e Métodos

O projeto de pesquisa do presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade de Ribeirão Preto, que o aprovou sem restrições (Anexo).

1. Seleção da amostra

Para padronização da amostra, primeiros molares superiores humanos, previamente conservados em solução de timol 0,1% a 9°C, foram examinados macroscopicamente com objetivo de selecionar dentes com raízes completamente formadas. Após exame visual, os dentes foram radiografados com filme Ektaspeed EP M2 (Kodak, São José dos Campos, SP, Brasil), tempo de exposição de 0,5 segundos e distância objeto-filme de 10 cm, utilizando-se aparelho de raios-X Pro dental (Pro dental LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com potência de 70 kV, corrente de 10 mA, cilindro localizador aberto de 20 cm e filtragem total de 1,5 mm de alumínio. O processamento radiográfico foi realizado manualmente e as radiografias analisadas com auxílio de negatoscópio (Microem, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Foram selecionados dentes que apresentavam raiz méso-vestibular, ausência de calcificações e de reabsorções internas.

As radiografias foram digitalizadas para determinação do ângulo e raio de curvatura das raízes méso-vestibulares, de acordo com SCHNEIDER (1971) e PRUETT et al. (1997), respectivamente.

O ângulo de curvatura das raízes foi determinado pela ferramenta *Angle* do software *ImageTool 3.0 for Windows* (University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX, EUA). A partir da embocadura do canal, traçou-se uma linha no sentido do longo eixo do canal (x). Em seguida, uma segunda linha (y), traçada a partir do forame

apical, cruzou com a primeira no ponto onde o canal radicular começava a se desviar, em razão da curvatura. O ângulo agudo (α) formado pela intersecção das linhas foi considerado o ângulo de curvatura da raiz (Figura 1A).

O raio de curvatura foi determinado por meio da ferramenta *Dimensão Inclinada* do *software CorelDraw 12* (Corel Corporation, USA). A partir da embocadura do canal, foi traçada uma linha no seu longo eixo (z). Em seguida, uma segunda linha (w) foi traçada a partir da saída do forame, seguindo o longo eixo do canal no terço apical. Em razão da curvatura da raiz, há dois pontos; um em z (b) e um em w (a); onde o canal começa a se desviar e sobre os quais tangencia um círculo cujo raio (r), mensurado em mm, foi definido como raio de curvatura do canal (Figura 1B).

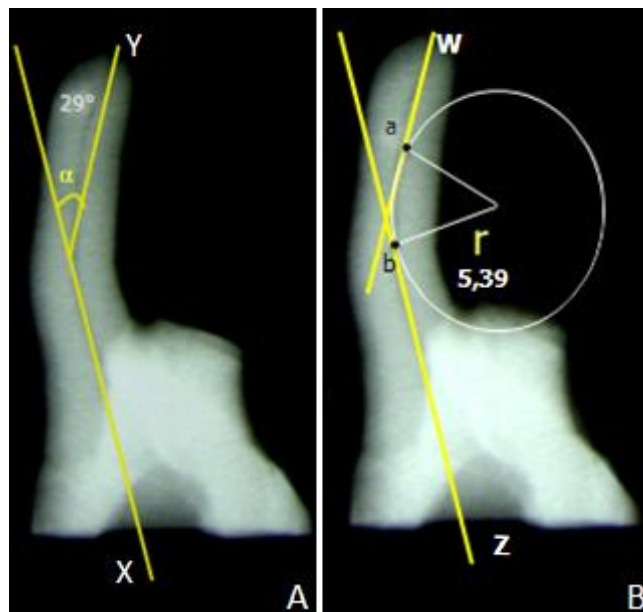


Figura 1. A) Esquema da determinação do ângulo de curvatura (α) da raiz; B) Esquema da determinação do raio de curvatura (r) da raiz.

Foram selecionados 50 dentes que apresentavam raízes méso-vestibulares com comprimento maior que 17 mm, com curvatura entre 22 e 38° e raio entre 5,39 e 11,42 mm.

Após a seleção dos dentes, as coroas foram seccionadas transversalmente com broca tronco-cônica em alta rotação (Zekrya, Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça), sob refrigeração, para padronização do comprimento do dente em 17 mm. A remoção do teto da câmara pulpar foi realizada com broca Endo Z (Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça) em alta rotação, sob refrigeração, e as raízes palatinas e disto-vestibulares foram seccionadas 6,0 mm a partir do ápice com auxílio de uma broca tronco-cônica em alta rotação (Zekrya, Dentsply Maillefer, Ballaigües, Suíça), sob refrigeração.

O comprimento de trabalho foi estabelecido introduzindo-se lima #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça) no canal radicular da raiz méso-vestibular até que a ponta do instrumento fosse visualizada no forame apical e recuada 1 mm. Raízes que apresentaram forames lateralizados, nos quais o comprimento real do canal foi inferior a 16 mm, foram substituídas.

2. Preparo do corpo-de-prova

Dos 50 dentes selecionados, 10 foram separados para servirem de referência para o reposicionamento dos espécimes no corpo-de-prova durante os exames tomográficos. Os 40 dentes restantes foram distribuídos em 4 grupos experimentais (n=10), de acordo com o sistema utilizado para o preparo biomecânico.

Os ápices das raízes méso-vestibulares foram inseridos em uma placa de acrílico incolor retangular (210 x 110 x 5,0 mm), previamente perfurada, de forma que os ápices das raízes méso-vestibulares ficassem posicionados em um mesmo nível para garantir o preciso reposicionamento dos espécimes durante os exames tomográficos. Os dentes foram organizados em cinco fileiras de dez dentes cada, tomando-se a precaução de se dispor os eixos vestibulo-lingual e méso-distal no mesmo sentido.

Após posicionamento dos dentes, foi inserida quantidade suficiente de resina autopolimerizável (Dencor, Clássico Artigos Odontológicos, São Paulo, Brasil), de forma a ocupar todo o espaço presente entre os dentes e o orifício previamente preparado na placa de acrílico, tomando a precaução de evitar o escoamento da resina em direção ao ápice dos dentes. O conjunto dentes/placa de acrílico/resina foi denominado corpo-de-prova (Figura 2).

Para a identificação dos espécimes, as linhas do corpo-de-prova foram identificadas por números (1 a 10) e as fileiras pelos grupos (GI, GII, GIII e GIV). Os dentes colocados na fileira central, não identificada, serviram apenas, como já explicado anteriormente, como referência para confirmar o preciso reposicionamento do corpo-de-prova nos exames tomográfico inicial e final, não sendo submetidos a nenhum tipo de preparo biomecânico (Figura 2C).

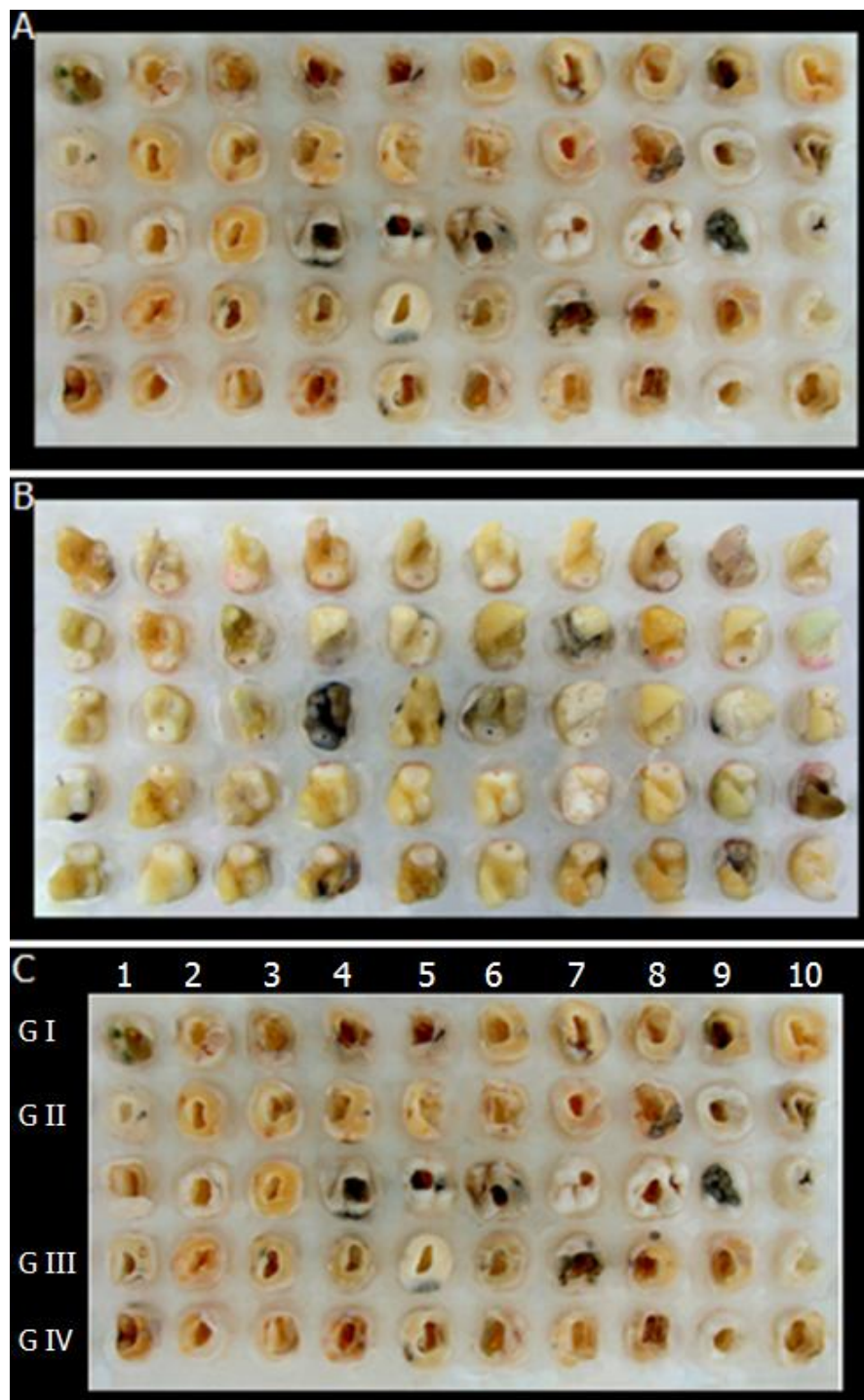


Figura 2. Corpo-de-Prova. A) Vista oclusal dos espécimes, B) Espécimes vistos pela parte radicular; C) Coordenadas de localização dos espécimes.

O corpo-de-prova foi mantido em recipiente fechado com gaze umedecida e armazenado em temperatura ambiente durante o experimento.

3. Exame tomográfico inicial

Previamente ao preparo biomecânico, foi realizado o exame tomográfico inicial.

O corpo-de-prova foi encaixado em base de acrílico para o correto posicionamento no tomógrafo Cone Beam I-Cat (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA) com 120.000 kV e 46,72 mA (Figura 3). Os parâmetros de escaneamento utilizados foram: tempo de aquisição de 40 segundos, campo de visão pequeno (FOV = 6,0 cm), matriz de 800 por 800 *pixels*. Os dados brutos de escaneamento foram processados pelo *software Xoran-Cat* (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA), tendo sido obtidos 277 cortes no plano axial, que geraram arquivos em formato DICOM com 7,47 MB.

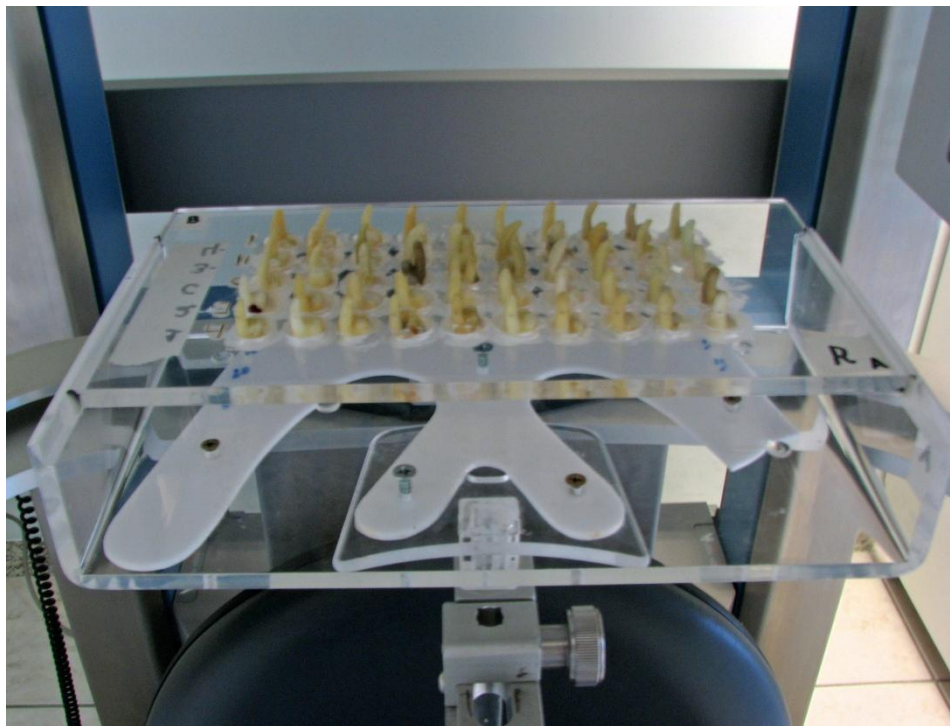


Figura 3. Corpo-de-prova encaixado em base de acrílico e posicionado no tomógrafo Cone Beam I-Cat.

4. Preparo biomecânico

O preparo dos canais radiculares foi realizado pela técnica coroa-ápice, sendo que alguns procedimentos iniciais foram feitos da mesma forma em todos os grupos. Inicialmente, foi realizada a exploração dos canais com limas de aço inoxidável tipo K #10 e #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça) no comprimento de trabalho (CT), estabelecido em 16 mm, seguida do preparo do terço cervical com brocas de Gates-Glidden #1 e #2 (Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça), a 7,0 e 5,0 mm respectivamente. Após esse procedimento foi verificado o diâmetro anatômico, que foi, em todos os espécimes, equivalente ao 25.02. A partir deste momento, foi realizado o preparo, de acordo com o sistema empregado em cada grupo.

Grupo I. Instrumentação oscilatória com limas Flexo-file de aço inoxidável.

Os canais radiculares foram preparados com limas Flexo-file (Dentsply-Maillefer, Ballaigües, Suíça) de aço inoxidável pré-curvadas, acopladas ao contra-ângulo TEP-4R (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) (Figura 4A), acionado pelo motor Endo-Mate TC (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) (Figura 4B) a velocidade programada de 5.000 oscilações por minuto, obedecendo à seguinte sequência: 40.02 com 10 mm; 35.02 com 12 mm e 30.02 com 14 mm; os instrumentos 25.02, 30.02, 35.02 e 40.02 foram utilizados no comprimento de trabalho (16 mm).

Grupo II: Instrumentação oscilatória com limas Nitiflex de níquel-titânio

Os canais radiculares foram preparados com limas NiTiflex (Dentply-Maillefer, Ballaigües, Suíça) de níquel-titânio, acopladas ao mesmo contra-ângulo e motor do Grupo I, obedecendo à seguinte sequência: 40.02 com 10 mm; 35.02 com 12 mm e 30.02 com 14 mm; os instrumentos 25.02, 30.02, 35.02 e 40.02 foram utilizados no comprimento de trabalho (16 mm).



Figura 4. A) Contra-ângulo TEP-F4R (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) e B) Motor Endo-Mate TC (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) utilizados nos Grupos I e II.

Grupo III: Instrumentação rotatória com limas do Sistema K3

Os canais radiculares foram preparados com limas do sistema K3 (SybronEndo, Glendora, CA, EUA), acopladas ao contra-ângulo NML-F16R (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) (Figura 5A), acionado pelo motor Endo-Mate TC (Figura 5B) a velocidade programada de 250 rotações por minuto e torque de 2,0 N.cm, obedecendo à seguinte sequência: 25.06 com 12 mm e 25.04 com 14 mm; os instrumentos 25.02, 30.02, 35.02 e 40.02 foram utilizados no comprimento de trabalho (16 mm).

Grupo IV: Instrumentação rotatória com limas do Sistema RaCe

Os canais radiculares foram preparados com limas do sistema RaCe (FKG, Les Chaux-de-Fonds, Suíça), acopladas ao mesmo contra-ângulo acionado pelo mesmo motor do Grupo III, obedecendo à seguinte sequência: 25.06 com 12 mm e 25.04 com 14 mm; os instrumentos 25.02, 30.02, 35.02 e 40.02 foram utilizados no comprimento de trabalho (16 mm).



Figura 5. A) Contra-ângulo NML-F16R (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) e B) Motor Endo-Mate TC (NSK, Nakanishi Inc., Tóquio, Japão) utilizados nos grupos III e IV.

Vale ressaltar que cada instrumento, em todos os grupos, foi utilizado em cinco espécimes e depois substituído.

Em todos os grupos, a irrigação foi realizada, a cada troca de instrumento, com 2,0 mL de NaOCl 2,5% por meio de seringa plástica descartável e agulha Navytip (Ultradent, South Jordan, Utah, EUA). Concluído o preparo biomecânico, a irrigação final foi realizada com 3,0 mL de EDTA 17% por 3,0 minutos, seguida de 10 mL de água destilada. Em seguida, os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Tanari-Tanariman Industrial Ltda, Manacapuru, AM, Brasil).

As soluções de NaOCl 2,5% e EDTA 17% foram aviadas em farmácia de manipulação (Fórmula & Ação, São Paulo, SP, Brasil).

5. Exame tomográfico final

Após a conclusão do preparo biomecânico, o corpo-de-prova foi submetido a novo exame tomográfico seguindo o mesmo protocolo utilizado para o exame tomográfico inicial.

6. Análise das imagens pelo método linear *voxel a voxel*

As imagens tomográficas obtidas foram analisadas com o *software Cyclops MedStation* (<http://www.telemedicina.ufsc.br/cms/index.php?lang=en>), desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Computação Gráfica (<http://www.lapix.ufsc.br>) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), dentro do Grupo Cyclops (<http://cyclops.telemedicina.ufsc.br>) e em parceria com o Laboratório de Telemedicina (<http://www.telemedicina.ufsc.br>) do Hospital Universitário Prof. Ernani de São Thiago da UFSC.

Este aplicativo (estação de trabalho radiológica) permite a ampliação de áreas da imagem, mostrando cada *voxel* com seu valor de densidade radiológica. Além disso, a ferramenta possibilita a delimitação de faixas de intervalos de densidade radiológica, *voxel a voxel*, definidas pelo operador, colorindo os números das faixas de densidade dos tecidos de interesse de forma diferenciada.

Para este estudo, foram definidas três faixas de intervalos de densidade, sendo o dente representado pela cor branca, o espaço vazio pela cor azul e o volume parcial pela cor vermelha (Figura 6).

Foram analisadas as imagens obtidas a 3 mm do ápice. A análise foi realizada em ambiente desprovido de luz a fim de favorecer a visualização das imagens sem distorções.

A definição da faixa de intervalo de valores para tecido dentário foi definida por inspeção visual, pelo método de tentativa e erro, buscando o intervalo que melhor identificasse o contorno do canal radicular.

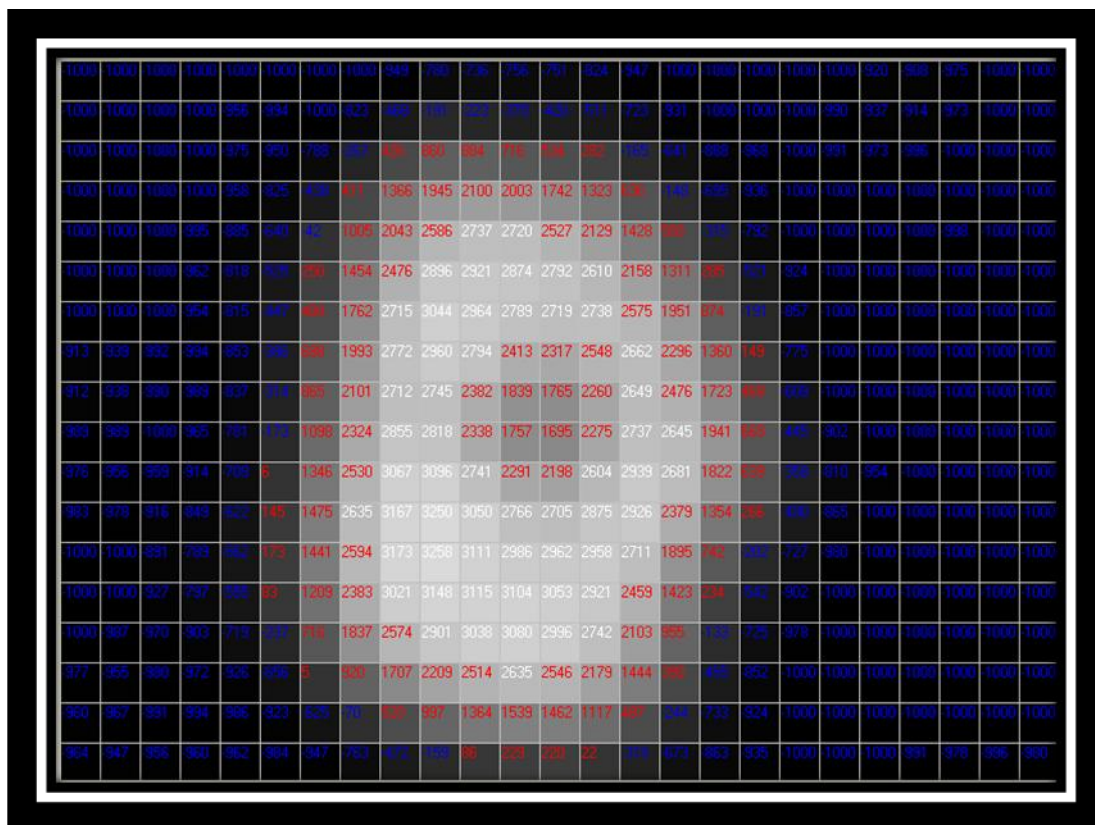


Figura 6. Corte axial de uma imagem tomográfica no formato DICOM demonstrando a visualização *voxel a voxel* de um espécime da amostra.

Foram considerados como limites, para efeitos de mensuração externa e interna (canal radicular), os *voxels* correspondentes ao efeito de volume parcial (em cor vermelha). No caso das paredes externas, considerou-se que enquanto há volume

parcial, há tecido dentário. No caso do limite do canal, considerou-se que se há volume parcial, há ar e, portanto, este é o limite do canal radicular. As medidas da porção não instrumentada e após a instrumentação do canal radicular foram realizadas *voxel a voxel*, onde M1 foi a medida da quantidade de *voxel* da superfície externa da raiz mesial à superfície da parede mesial da luz do canal não instrumentada; M2, a medida da quantidade de *voxel* da superfície externa da raiz mesial à superfície da parede mesial da luz do canal pós-instrumentada; D1, a medida da quantidade de *voxel* da superfície externa da raiz distal à superfície da parede distal da luz do canal não instrumentada; D2, a medida da quantidade de *voxel* da superfície externa da raiz distal à superfície da parede distal da luz do canal pós-instrumentada.

Cada imagem foi identificada com as letras TI (tomografia inicial) ou TF (tomografia final), seguida do número do Grupo (I a IV), e do número do espécime (1 a 10).

Foram obtidas as medidas do transporte apical, em milímetros, e a direção que estes ocorreram.

7. Cálculo do transporte e da centralização

a) Transporte

O transporte (TA) corresponde à variação, em milímetros, do desvio do eixo central do canal radicular após o término da instrumentação. Foi obtido, a partir da mensuração da menor distância entre a porção não instrumentada do canal e os aspectos mesial inicial (M1) e final (M2); distal inicial (D1) e final (D2) da raiz,

comparadas com as mesmas medidas que foram obtidas a partir das imagens dos canais após o preparo com o instrumento #40. A mensuração da distância real entre os pontos de interesse para a obtenção do transporte no terço apical (TA) foi realizado utilizando a seguinte fórmula proposto por GAMBIL et al. (1996):

$$TA = (M 1 - M 2) - (D 1 - D 2)$$

Em relação à direção do transporte, TA igual a 0 (zero) significa ausência de transporte, o valor negativo representa transporte no sentido distal, enquanto que o valor positivo indica transporte no sentido mesial.

b) Centralização

A centralização corresponde ao grau de manutenção do instrumento no eixo central do canal radicular. Este índice foi calculado usando os valores obtidos durante a mensuração do transporte a partir da seguinte fórmula proposto por GAMBIL et al. (1996):

$$\frac{M 1 - M 2}{D 1 - D 2} \text{ ou } \frac{D 1 - D 2}{M 1 - M 2}$$

A fórmula foi escolhida de acordo com o valor numerador, devendo este ser sempre o menor dos resultados obtidos pelas diferenças. Um resultado igual a 1,0 (um) indicava perfeita capacidade de centralização. Quanto mais próximo de zero menor a capacidade do instrumento em manter-se no eixo central do canal.

8. Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software InStat* (GraphPad Software Inc, San Diego, EUA).

Os valores obtidos em cada grupo experimental foram submetidos a testes estatísticos preliminares com o objetivo de verificar a normalidade da distribuição por meio do teste de Kolmogov-Smirnov. Quando a amostra testada apresentou distribuição normal, foi aplicado o teste paramétrico análise de variância (ANOVA). Já quando a distribuição amostral foi não-normal utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. O nível de significância adotado nos testes foi de 5%.



Resultados

1. Padronização da amostra

Para confirmar a padronização da amostra em relação ao ângulo e ao raio de curvatura dos canais, os grupos experimentais foram submetidos à análise estatística.

Em relação ao ângulo de curvatura, a média e o desvio padrão encontrados na amostra, foram de $30,6 \pm 3,48^\circ$. Já o raio de curvatura apresentou média de $7,26 \pm 1,87^\circ$. A Tabela I mostra os valores médios e do desvio padrão do ângulo e do raio de curvatura de cada grupo experimental.

Tabela I. Ângulo e raio de curvatura médio e desvio padrão, em graus e milímetros, de acordo com os grupos experimentais.

Grupos	Ângulo de curvatura	Raio de curvatura
I- Oscilatório K-Flexofile	30,50±2,99	7,39±1,90
II- Oscilatório NiTiflex	29,60±3,98	7,37±1,84
III- Rotatório Sistema K3	31,30±3,89	7,23±2,04
IV- Rotatório Sistema RaCe	31,00±3,27	7,05±1,98
Total	30,60±3,48	7,26±1,87

Em relação ao ângulo de curvatura, a comparação entre os grupos foi realizada por meio do teste de análise de variância (ANOVA) e as diferenças encontradas nos valores dos quatro grupos experimentais não foram estatisticamente significantes ($p=0,7273$). O mesmo ocorreu em relação aos valores do raio de curvatura que também não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre eles ($p=0,9781$).

2. Avaliação experimental - Método de análise linear *voxel a voxel*

Os resultados a seguir foram obtidos dos espécimes quando analisados por meio do programa *Cyclops MedStation*. Este programa permite a análise de volumes

tomográficos *voxel* a *voxel* mostrando cada *voxel* com o seu valor de densidade radiológica.

2.1. Transporte

A Tabela II mostra o transporte médio e o desvio padrão de cada um dos grupos testados.

Tabela II. Transporte médio e desvio padrão, em cada grupo experimental. Análise linear *voxel* a *voxel*.

Grupos	$\bar{X} \pm DP$
I- Oscilatório K-Flexofile	0,14±0,13
II- Oscilatório NiTiflex	0,06±0,16
III- Rotatório Sistema K3	0,10±0,11
IV- Rotatório Sistema RaCe	0,06±0,13

A comparação entre os grupos foi realizada por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, pois os dados não apresentavam distribuição normal. O teste demonstrou que os valores encontrados nos grupos não apresentaram diferença estatisticamente significativa (KW=2,85 e p=0,4153). A Tabela III mostra os valores utilizados na realização do teste de Kruskal-Wallis.

Tabela III. Valores da mediana, da soma de postos e do posto médio em cada grupo.

Grupos	Mediana	Soma de postos	Posto médio
I- Oscilatório K-Flexofile	0,20	250,00	25,00
II- Oscilatório NiTiflex	0,10	187,00	18,70
III- Rotatório Sistema K3	0,10	205,00	20,50
IV- Rotatório Sistema RaCe	0,00	178,00	17,80

2.2. Direção do transporte

A utilização da instrumentação automatizada propiciou desvio em 26 (65,0%) das 40 mensurações obtidas e 14 (35,0%) não apresentaram desvio. A Tabela IV mostra a direção do transporte em cada grupo experimental, sendo que a instrumentação pelos Sistemas RaCe e K3 apresentaram o maior número de espécimes sem desvio, seguido dos Oscilatório NiTiflex.e K-Flexofile.

Tabela IV. Direção do transporte, no terço apical, nos grupos experimentais.

Grupo	Mesial	Distal	Sem desvio
I- Oscilatório K-Flexofile	8	1	1
II- Oscilatório NiTiflex	5	2	3
III- Rotatório Sistema K3	5	0	5
IV- Rotatório Sistema RaCe	4	1	5

2.3. Centralização

Na análise do índice de centralização, o grupo IV (instrumentação rotatória com limas do Sistema RaCe) apresentou a maior tendência a centralização (valor próximo a 1). Os resultados, por grupo, são mostrados na Tabela V.

Tabela V. Valores médios e desvio padrão da medida da centralização em cada grupo experimental.

Grupo	$\bar{X} \pm DP$
I- Oscilatório K-Flexofile	0,15±0,34
II- Oscilatório NiTiflex	0,35±0,47
III- Rotatório Sistema K3	0,50±0,53
IV- Rotatório Sistema RaCe	0,65±0,41

Como os valores dos quatro grupos não apresentaram distribuição normal, a análise dos dados foi realizada por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis que

demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa entre eles ($KW=6,54$ e $p=0,0881$). A Tabela VI mostra os valores utilizados na realização do teste de Kruskal-Wallis.

Tabela VI. Valores da mediana, da soma de postos e do posto médio observado em cada grupo experimental.

Grupos	Mediana	Soma de postos	Posto médio
I- Oscilatório K-Flexofile	0,00	145,50	15,55
II- Oscilatório NiTiflex	0,00	190,50	19,05
III- Rotatório Sistema K3	0,50	222,50	22,25
IV- Rotatório Sistema RaCe	0,75	261,50	26,15



Conclusões

Com base na metodologia utilizada e nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. O transporte e a capacidade de centralização dos sistemas automatizados pode ser analisado pelo método linear *voxel/a voxel*;
2. O transporte e a capacidade de centralização não foram influenciados pelo tipo de movimento mecânico e instrumentos utilizados.



Referências Bibliográficas

BARLETTA, F. B.; RADHE, N. M.; LIMONGI, O.; MOURA, A. A. M.; ZANESCO, C.; MAZOCCATO, G. In Vitro Comparative Analysis of 2 Mechanical Techniques for Removing Gutta-Percha during Retreatment. **J. Can. Dent. Assoc.**, v. 73, n. 1, p. , 2007.

BATISTA, A. Análise *in vitro* comparativa da efetividade do preparo do canal radicular realizado manualmente e com o sistema automatizado de rotação alternada com diferentes instrumentos. 2002. 157f. **Dissertação (Mestrado em Endodontia)** – Universidade Camilo Castelo Branco, São Paulo, 2002.

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. B. E.**, v. 4, n. 12, p. 51-58, 2003.

BAUMANN, M. Reamer with alternating cutting edges concept and clinical application. **E. Topics**, v. 10, p. 176-178, 2005.

BERGMANS, L.; VAN CLEYNENBREUGEL, J.; WERS, M.; LAMBRECHTS, P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 5, p. 390-398, 2001.

BRAMANTE, C. M.; BERBERT, A.; BORGES, R. P. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. **J. Endod.**, v. 13, n. 5, p. 243-245, 1987.

CHEUNG, L. H. M.; CHEUNG, G. S. P. Evaluation of a Rotary Instrumentation Method for C-shaped Canals with Micro-computed Tomography. **J. Endod.**, v. 34, n. 10, p. 1233-1238, 2008.

ESPOSITO, P. T. CUNNINGHAM, C. J. A Comparison of Canal Preparation with Nickel-Titanium and Stainless-Steel Instruments. **J. Endod.**, v. 21, n. 4, p. 173-176, 1995.

FARINIUK, L. F.; BARATO-FILHO, F.; GUERISOLI, D. M. Z.; BARBIZAM, J. V. B.; PÉCORÁ, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Modeling capacity of Endoflash files in simulated root canals. **J. Endod.**, v. 1, n. 29, p. 651-653, 2003.

FOSCHI, F.; NUCCI, C.; MONTEBUGNOLI, L.; MARCHIONNI, S.; BRESCHI, L.; MALAGNINO, V. A.; PRATI, C. Evaluation of canal wall dentine following use of mtwo and protaper NiTi rotary instruments. **Int. Endod. J.**, v. 37, n. 12, p. 832-839, 2004.

GAMBILL, J. M.; ALDER M.; DEL RIO, C. E. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. **J. Endod.**, v. 22, n. 7, p. 369-375, 1996.

GARIP, Y.; GÜNDAY, M. The use of computed tomography when comparing nickel-titanium and stainless steel during preparation of simulated curved canals. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 6, p. 452-457, 2001.

GLUSKIN, A. H.; BROWN, D. C.; BUCHANAN, L. S. A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GTTM files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 6, p. 476-484, 2001.

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, n. 10, p. 743-752, 2005.

HATA, G.; UEMURA, M.; KATO, A. S.; IMURA, N.; NOVO, N. F.; TODA, T. A comparison of shaping ability using ProFile, GT file and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. **J. Endod.**, v. 28, n. 4, p. 316-321, 2002.

HATCHER, D. C.; ABOUDARA, C. L. Diagnosis goes digital. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 125, n. 4, p. 512-515, 2004.

HARTMANN, M. S.; BARLETTA, F. B.; CAMARGO-FONTANELLA, V. R.; VANNI, J. R. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. **J. Endod.**, v. 33, n. 8, p. 962-965, 2007.

HOWERTON, W. B.; MORA, M. A. Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 139 (6 supplement), p. 20S-24S, 2008.

HÜBSCHER, W.; BARBAKOW, F.; PETERS, O.A. Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analyzed by micro-computed tomography. **Int. Endod. J.**, v. 36, n. 11, p. 740-747, 2003.

HÜLSMANN, M.; GRESSMANN, G.; SCHÄFERS, F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. **Int. Endod. J.**, v. 36, p. 358-366, 2003.

HÜLSMANN, M.; PETERS, O. A.; DUMMER, P. M. H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. **E. Topics**, v. 10, n. 1, p. 30-76, 2005.

IQBAL, M. K.; FIRIC, S.; TULCAN, J.; KARABUCAK, B.; KIM, S. Comparison of apical transportation between Profile™ and ProTaper™ NiTi rotary instruments. **Int. Endod. J.**, v. 37, n. 6, p. 359-364, 2004.

JAVAHERI, H. H.; JAVAHERI G. H. A Comparison of Three Ni-Ti Rotary Instruments in Apical Transportation. **J. Endod.**, v. 33, n. 3, p. 284-286, 2007.

JODWAY, B.; HÜLSMANN, M. A Comparative Study of Root Canal Preparation with NiTi-TEE and K3 Rotary Ni-Ti Instruments. **Int. Endod. J.**, v. 39, n. 1, p. 71-80, 2006.

KHADEMI, A.; YAZDIZADEH, M.; FEIZIANFARD, M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. **J. Endod.**, v. 32, n. 5, p. 417– 420, 2006.

KOSA, D. A.; MARSHALL, G.; BAUMGARTNER, J. C. An analysis of canal centering using mechanical instrumentation techniques. **J. Endod.**, v. 25, n. 6, p. 441-445, 1999.

KUM, K. Y.; SPANGBERG, L.; CHA, B. Y.; IL-YOUNG, J.; SEUNG-JONG, L.; CHANYOUNG, L. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. **J. Endod.**, v. 26, n. 12, p. 719-723, 2000.

LIMONGI, O.; KLYMUS, A. O.; BARATTO-FILHO, F.; VANNI, J. R.; TRAVASSOS, R. In vitro evaluation of the presence of apical deviation with employment of automated handpieces with continuous for root canal preparation. **J. Appl. Oral Sci.**, v. 12, n. 3, p. 195-199, 2004.

LIMONGI, O.; ALBUQUERQUE, D. S.; BARATTO-FILHO, F.; VANNI, J. R.; OLIVEIRA, E. P. M.; BARLETTA, F. B. In vitro comparative study of manual and mechanical Rotary instrumentation of root canals using computed tomography. **Braz. Dent. J.**, v. 18, n. 4, p. 289-293, 2007.

LOIZIDES, A. L.; KAKAVETSOS, V. D.; TZANETAKIS, G. N. A Comparative Study of the Effects of Two Nickel–Titanium Preparation Techniques on Root Canal Geometry Assessed by Microcomputed Tomography. **J. Endod.**, v. 33, n. 12, p. 1455-1459, 2007.

LOPES, H. P.; ELIAS, C. N.; ESTRELA, C.; SIQUEIRA JR., J. F. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. **Braz. Dent. J.**, v. 9, n. 1, p. 39-45, 1998.

LÓPEZ, F. U.; FACHIN, E. V.; FONTANELLA, V. R. C.; BARLETTA, F. B.; SÓ, M. V.R.; GRECCA, F. S. Apical transportation: A comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters. **J. Endod.**, v. 34, n. 12, p. 1545–1548, 2008.

LUDLOW, J. B.; DAVIES-LUDLOW, L. E.; BROOKS, S. L.; HOWERTON, W. B. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and I-CAT. **Dentomaxillofac. Radiol.**, n. 4 , v. 35, p. 219-226, 2006.

MAHRAN, A. H.; ABOEL-FOTOUB, M. M. Comparison of effects of ProTaper, HeroShaper, and Gates Gliden burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography. **J. Endod.**, v. 34, n. 10, p. 1219-1222, 2008.

NAIR, M. K.; NAIR, U. P. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. **J. Endod.**, n. 1, v. 33, p. 1-6, 2007.

NECCHI, S.; TASCHIERI, S.; PETRINI, L.; MIGLIAVACCA, F. Mechanical behavior of nickel-titanium rotary endodontic instruments in simulated clinical conditions: a computational study. **Int. Endod. J.**, v. 41, n. 11, p. 939-949, 2008.

PAQUÉ, F.; MUSCH, U.; HÜLSMANN, M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 1, p. 8-16, 2005.

PASTERNAK-JÚNIOR, B.; SOUSA-NETO, M. D., SILVA, R. G. Canal transportation and centering ability of RaCe rotary instruments. **Int. Endod. J.**, v. 42, n. 6, p. 499-506, 2009.

PATIÑO, P. V.; BIEDMA, B. M.; LIÉBANA, C. R.; CANTATORE, G.; BAHILLO, J. G. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi Rotary instruments. **J. Endod.**, v. 31, n. 2, p. 114-116, 2005.

PÉCORÁ, J. D.; CAPELLI, A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. **Braz. Dent. J.**, v. 17, n. 1, p. 3-5, 2006.

PETERS, O. V.; LAIB, A.; GOHRING, T. N.; BARBAKOW, F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. **J. Endod.**, v. 27, n. 1, p. 1-6, 2001a.

PETERS, O. A.; SCHONENBERGER, K.; LAIB, A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 3, p. 221-230, 2001b.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J. Endod.**, v. 30, n. 8, p. 559-567, 2004.

PRUETT, J. P.; CLEMENT, D. J.; CARNES, D. L. Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. **J. Endod.**, v. 23, n. 2, p. 77-85, 1997.

RHODES, J. S.; PITT FORD, T. R.; LYNCH, J. A.; LIEPINS, P. J.; CURTIS, R. V. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. **Int. Endod. J.**, v. 33, n. 3, p. 279-285, 2000.

SANTOS, M. D. B.; MARCELIANO, M. F.; SOUZA, P. R. A. S. Evaluation of apical deviation in root canals instrumented with K3 and ProTaper systems. **J. Appl. Oral Sci.**, v. 14, n. 6, p. 460-464, 2006.

SCARFE, W. C., FARMAN, A. G., SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. **J. Can. Dent. Assoc.**, v. 72, n. 1, p. 75-80, 2006.

SCHAEFFER, M. A.; WHITE, R. R.; WALTON, R. E. Determining the optimal length: a meta-analysis of literature. **J. Endod.**, v. 31, n. 4, p. 271-274, 2005.

SCHÄFER, E.; FLOREK, H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. **Int. Endod. J.**, v. 36, n. 3, p. 199-207, 2003.

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, n. 3, p. 208-217, 2003.

SCHÄFER, E.; VLASSIS, M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus Race. Part 1 – Shaping ability in simulated curved canals. **Int. Endod. J.**, v. 37, n. 4, p. 229-238, 2004.

SCHÄFER, E.; VLASSIS, M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: protaper versus race. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.**, v. 37, n. 2, p. 239-248, 2004.

SCHIRRMEISTER, J. F.; STROHL, C.; ALTENBURGER, M. J.; WRBAS, K. T.; HELLWIG, E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 101, n. 6, p. 807-813, 2006.

SCHMITZ, M. S.; SANTOS, R.; CAPELLI; JACOBOVITZ, M.; SPANÓ, J. C. E.; PÉCORÁ, J. D. . Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in mandibular molars: SEM analysis. **Braz. Dent. J.**, v. 19, n. 3, p. 245-251, 2008.

SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 32, n. 2, p. 271-275, 1971.

SHORT, J. A.; MORGAN, L. A.; BAUMGARTNER, J. C. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. **J. Endod.**, v. 23, n. 8, p. 503-507, 1997.

SIQUEIRA-JÚNIOR, J. F. Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. **E. Topics**, v. 10, n. 1, p. 123-147, 2005.

SYDNEY, G. B.; BATISTA, A.; MELO, L. L. The radiographic platform: A new method to evaluated root canal preparation in vitro. **J. Endod.**, v. 17, n. 11, p. 570-572, 1991.

SYDNEY, G. B.; FERREIRA, J. L.; BERGER, C. R.; PELISSARI, C. A. Estudo comparativo do preparo do canal radicular realizado manualmente e acionado a motor com rotação alternada. **Rev. Bras. Odont.**, v. 57, n. 2, p. 91-95, 2000.

SYDNEY G. B.; ZAMBERLAN, T. M. A.; BATISTA, A.; MELO, L. L. Estudo comparativo da ocorrência do desvio apical com sistemas de rotação alternada. **J. B. Endo/Perio**, v. 2, n. 6, p. 246-252, 2001.

TAN, B. T.; MESSER, H. H. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. **Int. Endod. J.**, v. 35, n. 9, p. 752-758, 2002.

TASDEMIR, T.; AYDEMIR, H.; INAU, U.; UNAL, O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 6, p. 402-408, 2005.

THOMPSON, S. A. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. **Int. Endod. J.**, v. 33, n. 4, p. 297-310, 2000.

TORTINI, D.; COLOMBO, M.; GAGLIANI, M. Apical crown technique to model canal roots. A review of the literature. **Minerva Stomatol.**, v. 56, n. 9, p. 445-459, 2007.

UYANIK, O. M.; CEHRELI, Z. C.; OZGEN, M. B.; TASMAN, D. F. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. **J. Endod.**, v. 7, n. 32, p. 668-671, 2006.

VAN DER SELT, P. F. Better Imaging: the advantages of digital radiography. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 19 (6 supplement), p. 7S-13S, 2008.

VANNI, J. R.; SANTOS, R.; LIMONGI, O.; GUERISOLI, D. M. Z.; CAPELLI, A.; PÉCORA, J. D. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size In maxillary molars: SEM analysis. **Braz. Dent. J.**, v. 16, n. 3, p. 181-186, 2005.

VAUDT, J.; BITTER, K.; NEUMANN, K.; KIELBASSA, AM. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel–titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. **Int. Endod. J.**, v. 42, n. 1, p. 22–33, 2009.

VELTRI, M.; MOLLO, A.; PAOLO PINI, P.; GHELLI, L. F.; BALLERI, P. In vitro comparison of shaping abilities of ProTaper and GT rotary files. **J. Endod.**, v. 30, n. 3, p. 163-166, 2004.

VERSIANI, M. A.; SOUSA, C. J. A.; BORGES, M. A. G.; SOUSA-NETO, M. D. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 105, n. 6, p. 807-813, 2008.

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, n. 7, p. 346-351, 1988.

WEINE, F. Endodontic therapy. 1. ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1972. p. 209 –222.

XU., X.; ENG, M.; ZHENG, Y.; ENG, D. Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-sections. **J. Endod.**, v. 32, n. 4, p. 372-375, 2006.

YANG, G. B.; ZHOU, X. D.; ZHENG, Y. L.; ZHANG, H.; SHU, Y.; WU, H. K. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.**, v. 40, n. 9, p. 707–714, 2007.

YOSHIMINE, Y.; ONO, M.; AKAMINE, A. The Shaping Effects of Three Nickel-Titanium Rotary Instruments in Simulated S-Shaped Canals. **J. Endod.**, v. 31, n. 5, p.373-375, 2005.

YOUNG, G. R.; PARASHOS, P.; MESSER, H. H. The principles of techniques for cleaning root canals. **Aust. Dent. J.**, v. 52 (1 Suppl.), p. 52-63, 2007.

YUN, H. H.; KIM, S. K. A comparasion of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 95, n. 2, p. 228-233, 2003.



Anexo



Memorando ComÉt/ N.º 121/08

Para: **Silvio Rocha Correa da Silva**

De: **Luciana Rezende Alves de Oliveira**
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

Data: 23/10/2008

Projeto de Pesquisa ComÉt: 121/08

Prezado (a) Senhor (a),

Vimos por meio desta informar que Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade de Ribeirão Preto CEP/UNAERP analisou e aprovou sem restrições, o Projeto intitulado "Avaliação do desvio e limpeza do terço apical dos canais méso-vestibulares de molares superiores após a moldagem utilizando diferentes sistemas automatizados - análise tomográfica e histológica" tendo como pesquisador(a) Silvio Rocha Correa da Silva, em reunião ocorrida na data de 22/10/2008, registrado sobre o ComÉt: 121/08

Temos ciência de que os estudos estão sendo conduzidos na Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP.

Solicitamos que sejam encaminhados os relatórios parciais e finais, bem como envie-nos possíveis emendas e novos termos de consentimento livre e esclarecido, notifique qualquer evento adverso sério ocorrido no centro e novas informações sobre a segurança do estudo para que possamos fazer o devido acompanhamento.

Sem mais para a oportunidade,

Atenciosamente.

Prof.ª. Dr.ª. Luciana Rezende Alves de Oliveira
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
Universidade de Ribeirão Preto