UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

LUIS EDUARDO SOUZA FLAMINI

Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada.

Ribeirão Preto
2017

LUIS EDUARDO SOUZA FLAMINI

Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada.

VERSÃO CORRIGIDA

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do grau de Doutor em Ciências – Programa: Odontologia Restauradora - Área de concentração: Odontologia Restauradora (Opção: Endodontia)

Orientador: Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho

Ribeirão Preto

2017

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

Assinatura do autor: _____

Data: ____/____/2017

Ficha Catalográfica

Souza-Flamini, Luis Eduardo

Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada. Ribeirão Preto, 2017.

82p.: il.; 30 cm

Tese de doutorado, apresentada na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP), área de concentração: Odontologia Restauradora-Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho

Versão corrigida da Tese. A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja o Programa.

1. Sistemas mecanizados. 2. Molares inferiores. 3. Microtomografia computadorizada.

SOUZA-FLAMINI, L.E. Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada. 2017. 82 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Aprovado em: 19/04/2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho (Orientador)

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a).Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Este trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Dedicatória

À **Deus**, fonte inesgotável de bondade e misericórdia, pelas infinitas graças derramadas sobre minha vida e de minha família.

À minha querida esposa, **Cibele Preto Magri Flamini**, amor da minha vida e fiel companheira, exemplo de mulher, caráter e profissionalismo, de transbordante beleza e amor. Obrigado por sua diária dedicação a mim, suas palavras, seus braços e abraços, seus sorrisos e encantos. Por compartilhar cada momento de nossas vidas e presentear-nos com o símbolo maior do nosso amor, a nossa filha **Júlia Magri Flamini**.

À minha querida mãe, **Marta Conceição de Souza Flamini**, exemplo de mulher e incansável protetora de nossa família. Obrigado por nos dedicar tanto amor e carinho, e principalmente, por me ensinar a cada novo dia como ser melhor e fazer o bem àquele que está ao seu lado.

À minha querida irmã, **Ana Carolina Souza Flamini**, amável e meiga, de coração enorme e sorrisos cativantes. Obrigado por todas os atos e palavras de carinho, incentivo e amor.

Ao meu saudoso pai, **Gilvan Flamini** (*in memoriam*), exemplo de homem e caráter, pelos mais valiosos ensinamentos a mim repassados durante toda sua vida. Sempre orgulhoso de sua família, agora nos ilumina e nos guia todos os dias, até nos encontrarmos na vida eterna.

A minha eterna gratidão...

Amo vocês!

Agradecimientos

Ao **Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho**

Depois de tantos anos de trabalho juntos, tenho certeza que é muito mais que meu orientador. Tenho um grande amigo, que por muitas vezes, fez-se na condição de pai. Quaisquer linhas aqui escritas não serão capazes de demonstrar o meu mais sincero respeito e profunda admiração. Sou extensamente grato por todos os dias convvidos, pelos ensinamentos constantes e conselhos diários. Obrigado pela orientação segura, pelas oportunidades de crescimento e pela confiança em minha capacidade. Exemplo de professor e orientador. Esses momentos permanecerão para sempre eternizados em minha memória. Muito obrigado!

Ao **Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora**, ícone da ciência endodôntica, pelos ensinamentos transmitidos, conselhos e palavras de apoio e estímulo. Obrigado por fazer parte da minha história na pós-graduação e dar-me a satisfação em tê-lo como professor.

Ao **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, orientador acadêmico e presidente da Pós-Graduação da FORP, pelos grandes momentos e conhecimentos compartilhados. Obrigado pelas constantes orientações, oportunidades e pela confiança depositada, assim como pela dedicação diária à Endodontia e aos seus alunos.

Ao **Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva**, professor e Chefe do Departamento de Odontologia Restauradora, por todos os conceitos transmitidos, pelo convívio diário e contribuições no entendimento de tópicos desta obra. Obrigado pela parceria e oportunidade de crescimento acadêmico e profissional. Grande admiração por sua cultura e sapiência.

Ao **Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan** e ao **Prof. Dr. Ricardo Novak Savioli**, por todo o conhecimento científico repassado e pelos momentos compartilhados durante a pós-graduação.

A todos os demais **Professores do Departamento de Odontologia Restauradora**, pelas grandiosas contribuições acadêmicas à minha formação.

Aos professores **Dr. Wilson Mestriner Júnior** e **Dra. Soraya Fernandes Mestriner**, pela constante amizade e acolhida. Obrigado por terem proporcionado minha iniciação à pesquisa científica. Grato por todo o aprendizado e crescimento ao lado de vocês.

Aos amigos **Bruno Crozeta, Graziela Leoni, Isadora Soares, Jardel Chavez, Rafael Camargo** e **Rodrigo Pereira**, companheiros de pós-graduação, pela extensa amizade e pelas contribuições no desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos pós-graduandos **Lígia Gonçalves, Alessandro Lamira, Cristiane Bataglion, Paul Bacca, Ricardo Machado, Samuel de Bem, Poliana Silva, Paulo André Yamin, Fabiane Lopes, Vanessa Lessa, Amanda de Biagi, Fernanda Plotegher, Reinaldo Neto, Isabela Lima, Igor Petean, Larissa Pereira, Gabriela Sturaro, Rafael Assis, Lívia Campi, Caroline Borges, Camila Dória, Lígia Vieira, Júlia Gallas** e **Daniel Filizola**, pelo respeito e companheirismo em todos estes anos de trabalho.

Ao amigo e técnico **Reginaldo Santana da Silva**, profissional extremamente competente e dedicado, pela constante disponibilidade, pelas contribuições e incentivos diários.

Ao amigo e funcionário **Carlos Feitosa do Santos**, pela excelência em seu trabalho e solicitude diária às nossas necessidades.

Às funcionárias **Maria Amália Oliveira, Maria Isabel Miguel, Luiza Pitol e Rosângela Angelini e Dra. Débora Guedes**, pela amizade, agradável convivência e competência na execução de suas funções.

Às secretárias da Seção de Pós-graduação da FORP **Mary Carmessano e Rosana Prates**, pela disponibilidade e competência na prestação de serviços.

Às minhas queridas avós **Barbara da Ponte Flamini e Maria do Prado de Souza** (*in memoriam*), fontes de cultura e sabedoria de vida, inspiração na construção da minha história. Sempre fui agraciado com todo o carinho e cuidado que um neto deve receber de suas avós!

Aos meus queridos **tios (Luiza Flamini e Carlos Cândido, Raquel Flamini e Adenílson David, Regina Flamini e Aguinaldo Oliveira, Renato e Vanice Flamini, Lourdes de Souza e Domingos Moriconi, Rosa Marta e Vilester Gomes, José Patrício e Terezinha Souza, João Patrício e Juracy de Souza)**, que sempre foram alicerces do meu crescimento e desenvolvimento, não medindo esforços e cuidados sempre que necessitei. Eternamente grato!

Aos meus queridos sogros **Luiz Antônio Magri e Maria Martha Caravieri Preto Magri**, pela acolhida constante e dedicação diária a mim, tratando-me sempre com extenso carinho.

Aos meus queridos cunhados **André Magri, Juliana Mazzeti e Bruno Sampaio**, pela constante amizade, força e compartilhamento de momentos especiais.

Ao amigo ***Gabriel Elias do Nascimento***, pelos momentos compartilhados e contribuição na tradução deste trabalho.

Ao amigo e parceiro ***Rafael Rezende Ribeiro***, pela confiança e companheirismo no desenvolvimento e evolução de nossa carreira profissional.

Aos amigos ***Antônio Milton Rodrigues, Jorge Filho, Tiago Nascimento, Daniel Nascimento, Danilo Flamini, Luiz Eduardo Moraes, Sandro Preto, Rodrigo Magri, Fábio Paschoalini, Augusto Paschoalini, Renato Paschoalini, Samuel Coste, Frederick Mendonça, Marcel Belarmino, Eduardo Silva, Yuri Heluany Martins e Luiz Fernando Magri***, que desde os tempos de infância compartilhamos nossas vitórias, conquistas e lutas. Vocês fazem parte desta história!

Aos amigos ***Raphael Brigagão, Flávio Azevedo, Haline Faria, Caio Guedes, Bruno Rodrigues, Juliana Oliveira, Gabriela Baratto, Fernanda Vasconcelos, Danielli Zingareti, Daniela Vieira, Jean Carlos Martins, Danilo Oliveira, Rúbia Vilela, Katharina Morant, Raphael Rattacaso, Thaís Parizi, Isadora Marzola e Carlos Marzola***, pela amizade sincera e pelas significativas contribuições para o meu crescimento profissional.

À ***Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo***, pela acolhida e oportunidade de realização do curso de Doutorado. Mais que apenas uma instituição, minha segunda casa desde a graduação. É uma honra fazer parte desta história!

À ***CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)***, pelo suporte financeiro durante a realização desta pós-graduação.

*“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas,
os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os
sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas,
estabeleça prioridades e corra riscos para
executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar
do que errar por se omitir! ”*

Augusto Cury

Resumo

SOUZA-FLAMINI, L.E. Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada. 2017. 82 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de microtomografia computadorizada, os parâmetros morfológicos das raízes mesiais de molares inferiores, preparados por três sistemas mecanizados: recíprocante (Reciproc - RC), rotatório contínuo (OneShape - OS) e recíprocante/rotatório (Twisted-File Adaptive - TFA), precedidos ou não de pré-alargamento (ProGlider - PG). Foram utilizados trinta molares inferiores, com raiz mesial apresentando ângulo ($\geq 25^\circ$) e raio de curvatura ($\leq 2\text{mm}$) severos e dois canais distintos. Por meio da técnica de amostragem estratificada, os canais foram distribuídos em seis grupos ($n=10$) conforme protocolo de instrumentação: G1-TFA; G2-RC; G3-OS; G4-PG + TFA; G5 - PG + RC; G6- PG + OS. Após o preparo, foram avaliados os parâmetros bidimensionais (área, perímetro, circularidade, diâmetro maior e menor) nos 5mm apicais e tridimensionais (volume, área de superfície e SMI), bem como o transporte do canal radicular. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do teste ANOVA seguido do complementar de Tukey ($\alpha=0,05$). O RC apresentou valores, significativamente, maiores de área, perímetro e diâmetro menor em relação ao TFA ($p<0,001$), não havendo diferença significativa entre os sistemas em relação à circularidade ($p=0,056$) e diâmetro maior ($p=0,477$). O aumento do volume do canal proporcionado pelos sistemas RC e OS foram semelhantes entre si ($p=0,979$) e diferente estatisticamente ao TFA ($p<0,001$). O aumento da área de superfície promovida pelo RC foi similar ao OS ($p=0,254$) e diferente estatisticamente ao TFA ($p=0,001$), não havendo diferença entre os dois últimos sistemas ($p=0,075$). Os valores de SMI do grupo PG + OS foram significativamente maiores que dos demais grupos ($p<0,001$). Não houve diferença entre os sistemas em relação ao transporte nos terços apical e médio. Concluiu-se que todos os sistemas avaliados apresentaram alterações morfológicas bi e tridimensionais após o preparo biomecânico. O emprego do sistema ProGlider previamente aos sistemas de instrumentação não influenciou as alterações dos parâmetros avaliados.

Abstract

SOUZA-FLAMINI, L.E. Bi and three-dimensional analysis of morphological alterations in mesial roots of mandibular molars with severe curvatures prepared by different mechanized systems. Computerized microtomography study. 2017. 82 p. Thesis (PhD) – School of Dentistry of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

The present study aimed to analyze, by computerized microtomography, the morphological parameters of mesial roots of mandibular molars prepared by three mechanized systems: reciprocating (Reciproc - RC), continuous rotating (OneShape - OS) and Twisted - File Adaptive (TFA), preceded or not by pre - enlargement (ProGlider-PG). Thirty teeth were used, with mesial root presenting severe angle ($\geq 25^\circ$) and a radius of curvature ($\leq 2\text{mm}$) and two distinct canals. By means of the stratified sampling technique, the canals were distributed in six groups ($n = 10$) according to the instrumentation protocol: G1-TFA; G2-RC; G3-OS; G4-PG + TFA; G5 - PG + RC; G6- PG + OS. After preparation, the two-dimensional parameters (area, perimeter, roundness, major and minor diameter) were evaluated in the apical 5mm as well as three-dimensional parameters (volume, surface area and SMI) and root canal transportation. The data were statistically analyzed using the ANOVA test followed by Tukey's complement ($\alpha = 0.05$). The RC presented significantly larger values of area, perimeter, and minor diameter in relation to the TFA ($p < 0,001$), and there was no significant difference between the systems in relation to the roundness ($p = 0,056$) and major diameter ($p = 0,477$). The increased canal volume provided by the RC and the OS systems were similar to each other ($p = 0,979$) and statistically different from the TFA ($p < 0,001$). The increase of the surface area promoted by the RC was similar to the OS ($p = 0,254$) and statistically different to the TFA ($p = 0,001$), with no difference between the other two systems ($p = 0,075$). The SMI values of the PG + OS group were significantly higher than the other groups ($p < 0,001$). There was no difference between the systems in relation to transport in the apical and middle thirds. It was concluded that all evaluated systems presented bi-dimensional and three-dimensional morphological alterations after biomechanical preparation. The use of the ProGlider system prior to the instrumentation systems did not influence the parameters evaluated.

Sumário

SUMÁRIO

Resumo

Introdução.....	1
Proposição.....	9
Material e Método.....	13
Resultados	29
Discussão.....	41
Conclusões	53
Referências Bibliográficas.....	57
Apêndices	71
Anexos	77

Introdução

O preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares almeja, basicamente, diminuir o contingente bacteriano e remover restos de tecidos orgânico e inorgânico, visando a obtenção de condições favoráveis à obturação (PETERS, 2004; YOLDAS et al, 2012). As dificuldades para se obter tais objetivos estão intimamente relacionadas à complexidade anatômica do canal radicular (HULSMANN, PETERS, DUMMER, 2005).

A biomecânica de canais considerados curvos e estreitos torna-se bastante desafiadora, visto que o canal tende a desviar-se do seu eixo natural à medida que se realiza a instrumentação (MARZOUK, GHONEIM, 2013).

O transporte do canal radicular é um acidente frequente e está associado principalmente à cavidade de acesso inadequada, falta de flexibilidade do instrumento, irrigação insuficiente durante a biomecânica, forma da guia de penetração do instrumento, ângulo e raio de curvatura do canal, curvatura não diagnosticada por meio da radiografia e habilidade do operador (JAIN et al., 2016). O transporte repercute em áreas do tecido dentinário excessivamente desgastadas, com risco de perfuração, enquanto outras regiões nem se quer são tocadas pelos instrumentos, favorecendo a permanência de *debris* (BRISEÑO; SONNABEND, 1991; MANTRI et al., 2012).

A introdução de instrumentos rotatórios de níquel-titânio (Ni-Ti) na endodontia minimizou consideravelmente o problema do transporte do canal radicular. A flexibilidade superior desses instrumentos frente aos de aço inoxidável (SHEN, HAAPASALO, 2008; ÇAPAR, ARSLAN, 2016) proporcionou maior capacidade de centralização dos canais radiculares (EHSANI et al., 2011; KUMAR et al., 2013). Além da flexibilidade do instrumento, outras propriedades como a resistência à fratura e capacidade de corte permitem que o instrumento acompanhe com

facilidade a curvatura do canal radicular, reduzindo o deslocamento apical e a alteração de sua forma original (BÜRKLEIN, BENTEN, SCHÄFER, 2013). As propriedades mecânicas e o comportamento dos instrumentos variam de acordo com a composição da liga metálica, com as características de produção e com o tratamento termomecânico aplicado durante a fabricação (FREIRE et al., 2012).

Atualmente estão disponíveis no mercado odontológico inúmeros sistemas de instrumentos de Ni-Ti de designs diversos, com diferentes cinemáticas de utilização e composições variadas de ligas de Ni-Ti.

O sistema Reciproc (VDW, München, Germany) de instrumentação adota cinemática reciprocante que consiste, basicamente, de movimento anti-horário, seguido de movimento horário, em direção apical (YARED, 2008; BÜRKLEIN et al., 2012). Esse tipo de movimento possibilita a redução do estresse de torção (GERGI et al., 2015). Seus instrumentos são confeccionados com liga especial de Ni-Ti denominada M-Wire, a qual apresenta maior flexibilidade e resistência a fadiga cíclica em relação a liga de Ni-Ti convencional (SHEN et al., 2013). No entanto, trabalho anterior comenta que o movimento bidirecional oferecido pelo sistema reciprocante requer maior pressão do instrumento durante o uso, com consequente redução da capacidade de corte e maior possibilidade de transporte do canal radicular (ÇAPAR et al., 2014a).

O sistema OneShape (MicroMega, Besancon, France), de movimento rotatório contínuo, foi lançado no mercado com a proposta de possibilitar o preparo mecânico com um único instrumento. A lima desse sistema é confeccionada com liga convencional 55-NiTi de austenita, considerada super elástica (NEELAKANTAN, REDDY, GUTMANN, 2016). O instrumento possui ao longo da parte ativa, comprimento de passo variável, o que segundo o fabricante elimina a possibilidade

de retenção e travamento durante o uso (BÜRKLEIN et al, 2014). O sistema OneShape apresenta menor tempo de trabalho quando comparado à sistemas reciprocantes que também utilizam instrumento único para o preparo do canal (SABER, NAGY e SCHÄFER, 2015). Em contrapartida, a resistência à fadiga cíclica do instrumento é menor que a do sistema reciprocante (NEELAKANTAN, REDDY, GUTMANN, 2016).

Outra proposta destinada à biomecânica dos canais radiculares é o sistema Twisted-File Adaptive (TFA) (SybronEndo, Orange, CA, USA). O sistema, considerado inovador, adota a combinação entre dois movimentos, o rotatório e reciprocante (KARATAS et al., 2015). Conforme o precursor do sistema, a seleção automática do tipo de movimento permite a adequação da cinemática às diferentes situações clínicas. Assim, previne-se a combinação inadequada da cinemática/instrumento, por operadores menos experientes, sem, contudo, afetar o desempenho do instrumento (GAMBARINI et al., 2012a; GAMBARINI et al., 2012b). As limas são confeccionadas por meio de tecnologia de tratamento da fase R da liga de Ni-Ti, conferindo flexibilidade, bem como, ajuste do instrumento às forças de torção conforme a pressão exercida (ÇAPAR et al, 2014b; GAMBARINI et al, 2012a). Estudos têm mostrado que o sistema TFA, apresenta maior capacidade de centralização do canal radicular que sistemas que adotam cinemática rotatória contínua e reciprocante (GERGI et al., 2014; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2014; GERGI et al., 2015).

O desenvolvimento de novas cinemáticas de trabalho e a evolução tecnológica na fabricação de instrumentos minimizaram, mas não evitaram a ocorrência de alterações morfológicas indesejáveis ao longo do eixo original do canal (LIM et al., 2013; ABOU EL NASR, ABD EL KADER, 2014). Estudos recentes

relataram a incidência de transporte do canal radicular preparado com limas acionadas por meio de movimentos rotatórios (AGARWAL et al., 2015; SANTA-ROSA et al., 2016), reciprocantes (SALEH et al., 2015; SILVA et al., 2016a) e associação entre rotatório e recíprocante (LIU, WU, 2016; SILVA et al., 2016b).

A literatura tem sugerido a realização do pré-alargamento do canal radicular com o propósito de diminuir interferências anatômicas, bem como reduzir a incidência de torções e ou fraturas dos instrumentos durante a biomecânica (D'AMÁRIO et al., 2013). O termo *glide path*, adotado na endodontia, representa a exploração inicial do canal radicular, por meio de instrumentos manuais ou mecanizados, facilitando o acesso à porção apical (WEST, 2010). Técnicas e instrumentos destinados especificamente à realização do *glide path* facilitaram a modelagem do canal radicular (CASSIM; VAN DER VYVER, 2013), bem como, reduziram a ocorrência de transporte (BERUTTI et al., 2012; ELNAGHY e ELSAKA, 2014a). Nos últimos anos foram apresentados uma variedade de instrumentos destinados à realização do *glide path*, dentre eles o ProGlider (Dentsply Maillefer, Baillaigues, Switzerland). O sistema consiste de um único instrumento confeccionado por meio de liga M-Wire (RUDDLE; MACHTOU; WEST, 2014), cuja conicidade progressiva proporciona aumento do volume do canal (KIRCHHOFF et al., 2015). Essa situação repercute em menor estresse do instrumento utilizado após a realização do *glide path* (BERUTTI et al., 2014).

Algumas metodologias foram desenvolvidas e empregadas para avaliação das alterações morfológicas geradas pela biomecânica (HÜLSMANN, PETERS, DUMMER, 2005). Embora estas metodologias tenham apresentado sucesso ao longo dos anos, suas limitações motivaram a busca por métodos mais precisos e não invasivos para a avaliação da anatomia e preparo do sistema de canais

radiculares (VERSIANI et al., 2008; BERGMANS et al., 2001). A microtomografia computadorizada (micro-CT) tem sido utilizada para avaliação bi e tridimensional dos tecidos dentários (PAQUÉ, F.; ZEHNDER, M., DE-DEUS, G, 2011), em alta resolução (SANTA-ROSA et al., 2016), e sem destruição da amostra (VERSIANI et al., 2013a).

Diante das variedades de características dos sistemas de instrumentação mecanizada, bem como, da sugestão da realização do *glide path*, estudos devem ser realizados no sentido de verificar, por meio da microtomografia computadorizada, as alterações nos parâmetros morfológicos do canal radicular após o preparo mecânico com diferentes sistemas.

*P*roposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar bi e tridimensionalmente, por meio de microtomografia computadorizada, as alterações nos parâmetros morfológicos em raízes mesiais de molares inferiores, com curvaturas severas, após biomecânica com os sistemas mecanizados: Reciproc® (reciprocante), OneShape® (rotatório) e Twisted-File Adaptive® (reciprocante/rotatório), precedidos ou não de *glide path* com o sistema ProGlider®, com atenção aos seguintes aspectos:

- 1- Avaliação das alterações nos parâmetros bidimensionais de área, perímetro, circularidade (*roundness*), diâmetros maior e menor, nos últimos 5mm apicais.
- 2- Avaliação das alterações nos parâmetros tridimensionais de volume, área de superfície, *Structure Model Index (SMI)* em toda extensão do canal radicular.
- 3- Análise do transporte do canal radicular após a biomecânica.

Material e método

Delineamento experimental

Com a finalidade de facilitar o entendimento deste capítulo, dividiram-se as etapas experimentais em três partes (Figura 1):

Parte I – Seleção e preparo da amostra e análise microtomográfica inicial.

Parte II – Preparo dos canais radiculares.

Parte III – Análise microtomográfica final e avaliação dos dados bi e tridimensionais.

Figura 1. Fluxograma das 3 partes referentes ao delineamento experimental. PG: ProGlider; TFA: Twisted-File Adaptive; RC: Reciproc; OS: OneShape.

Parte I - Seleção e preparo da amostra

Este projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (CEP/FORP-USP), sendo aprovado pelo processo no. **2010.1.1478.58.5** (Anexo 1).

A seleção da amostra partiu, inicialmente, de 170 molares inferiores humanos extraídos por causas desconhecidas, provenientes do Banco de Dentes da FORP/USP. Os dentes estavam estocados em solução de timol 0,1%, armazenados em geladeira a 9°C. Os espécimes permaneceram nessas condições até o momento de uso, quando então, foram lavados em água corrente por 24 horas. Para a remoção de tecidos orgânicos e inorgânicos aderidos à superfície radicular externa utilizou-se aparelho de ultrassom (Profi II Ceramic, Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

Análise radiográfica

Os dentes foram examinados visualmente para constatação da formação completa da raiz e do ápice. Posteriormente, realizaram-se tomadas radiográficas no sentido vestibulo/lingual, por meio do sistema radiográfico digital IDA (Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com tempo de exposição definido de 0,1s e distância objeto-sensor radiográfico de 10cm. As imagens fornecidas por meio do software ProlImage Dental Imaging (Dent-X, Elmsford, NY, EUA) foram avaliadas, no sentido de excluir os espécimes que apresentavam nódulos pulpares, calcificação da câmara pulpar e ou do canal radicular, área de reabsorção interna, tratamento endodôntico prévio ou fratura radicular. Ao final dessa pré-seleção permaneceram 151 dentes da amostra inicial.

Determinação do ângulo e raio de curvatura

As mesmas imagens obtidas no exame radiográfico anterior serviram, também, para a determinação do ângulo e raio de curvatura dos espécimes pré-selecionados. Utilizou-se para esta finalidade a ferramenta *Dimension Angle* do software CorelDraw Graphics Suite X6 (Corel Corporation, USA). O padrão de severidade do ângulo seguiu as especificações de SCHNEIDER (1971). Dessa forma delineou-se a partir da embocadura do canal, uma linha (a) seguindo o longo eixo do canal radicular. Concomitantemente, traçou-se uma segunda linha (b), partindo da saída do forame apical até a intersecção com a primeira. O ponto de encontro entre ambas as linhas indica o início da curvatura (Figura 2A). Os molares que apresentaram raízes mesiais com ângulo de curvatura $\geq 25^\circ$ foram selecionados para permanecerem na amostra.

Em seguida, determinou-se o raio de curvatura seguindo as especificações propostas por PRUETT et al. (1997). Assim, em cada uma das linhas traçadas (a, b) para determinar o ângulo de curvatura, adotou-se um ponto, no qual o canal radicular começa a desviar-se do seu longo eixo. Traçou-se então, um círculo (azul) tangenciando os dois pontos pré-estabelecidos, cujo raio foi definido como o raio de curvatura (Figura 2B). Foram selecionados somente os molares com raio de curvatura $\leq 2,0\text{mm}$.

Figura 2. Esquema da mensuração do ângulo e raio de curvatura. A: linhas (amarelas) traçadas para determinação do ângulo de curvatura; B: Círculo (azul) tangenciando as linhas amarelas para determinação do raio de curvatura.

Nesse momento, permaneceram na amostra 105 dentes, os quais cumpriram o padrão de severidade de ângulo e raio de curvatura propostos. Os espécimes foram identificados numericamente e armazenados individualmente, em recipientes plásticos contendo 1mL de soro fisiológico. As amostras permaneceram em estufa a 37°C por 72 horas para reidratação.

Análise microtomográfica inicial

Seguindo a seleção da amostra, os dentes foram individualmente escaneados em microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (50kV, 800mA) (SkyScan, Kontich, Bélgica), em tempo médio de 27'38". As imagens foram processadas, reconstruídas e analisadas em um computador acoplado ao microtomógrafo, modelo Dell Precision T5500 Workstation (Dell Inc., São Paulo, SP, Brasil), com sistema operacional Windows 7 de 64 *bits*.

Previamente ao escaneamento, o espécime foi posicionado, com auxílio de cera utilidade (Cera 7, Lyzanda, São Paulo, SP, Brasil), sobre a base de um microposicionador metálico. A posição do dente seguiu o longo eixo do dispositivo

metálico (Figura 3A). Em seguida o microposicionador foi fixado, por meio de parafuso de controle manual, à mesa giratória presente no interior da câmara do micro-CT (Figura 3B). Ao ser fixado, o conjunto formado pelo dente/microposicionador assumiu uma posição perpendicular à fonte de radiação, reduzindo a possibilidade de distorção da imagem durante o escaneamento.

Figura 3. Dispositivo para posicionamento individual do espécime no interior do microtomógrafo. A: Espécime posicionado para aquisição das imagens; B: Detalhe do espécime em posição perpendicular à fonte de radiação, fixado pelo parafuso de controle manual, no interior da câmara do micro-CT.

O posicionamento do conjunto dente/microposicionador perpendicularmente à fonte de radiação foi controlado e confirmado, por meio da ferramenta *Vídeo Image*, do *software* do próprio microtomógrafo.

Adotaram-se os seguintes parâmetros para escaneamento das amostras: resolução isotrópica de 22,90 μm , 360° de rotação em torno do eixo de rotação e passo de rotação de 1°, quantidade total de 1 quadro (*frame*) com filtro de alumínio de 0,5mm de espessura.

As imagens obtidas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF). Os parâmetros de aquisição das projeções dos espécimes estão dispostos no Anexo 2. Esta primeira fase do escaneamento teve dois objetivos: o primeiro, concluir a seleção da amostra, por meio da qual os dentes selecionados apresentaram dois canais independentes e forames apicais igualmente separados na raiz mesial. Assim, dos 105 espécimes escaneados, os 30 primeiros dentes que apresentaram este último pré-requisito foram selecionados para compor a amostra. A segunda finalidade foi armazenar as imagens dessa amostra para realização da avaliação dos parâmetros bi e tridimensionais antes da biomecânica.

Os espécimes selecionados foram devidamente identificados respectivamente à imagem obtida pelo escaneamento e, em seguida, imersos em soro fisiológico e armazenados em estufa 37°C.

Após a captação das imagens, as mesmas foram reconstruídas, por meio do *software* NRecon v.1.6.6.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Os parâmetros utilizados encontram-se no Anexo 3. Esta etapa consistiu na reconstrução das secções axiais a partir das imagens das projeções angulares, por meio de algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado. As imagens reconstruídas resultaram na representação completa da microestrutura interna do espécime. Estas imagens foram arquivadas em formato Bitmap (BMP).

Concluída a reconstrução realizou-se a binarização, com auxílio do *software* CTAn v. 1.13.5.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), para realização da avaliação dos parâmetros bi e tridimensionais. Esse processo utiliza operações matemáticas que modificam os valores dos pixels da imagem do espécime, permitindo a identificação, individualmente, dos tecidos e estruturas dentais (esmalte, dentina e sistema de canais radiculares). Com auxílio da ferramenta *2D Individual Object*

Analysis, foram obtidos os dados referentes aos parâmetros bidimensionais do canal radicular nas secções transversais a 1, 2, 3, 4 e 5mm do comprimento de trabalho estabelecido para cada raiz. Assim, observou-se a área (mm²), perímetro (mm), circularidade (*roundness*) e diâmetros maior e menor (mm). Os valores de circularidade variam entre 0 e 1, sendo “0” correspondente a uma reta e “1” a um círculo perfeito. Em seguida, utilizou-se a ferramenta *3D analysis* do *software* CTAn para análise quantitativa tridimensional do volume (mm³), área de superfície (mm²) e Structure Model Index (Índice de Modelo Estrutural – SMI). O SMI representa a convexidade de superfície de um objeto sólido. Os valores mensurados variam entre 0 e 4, sendo o correspondente à um plano (próximo a 0), à um cilindro (próximo a 3) e à uma esfera (próximo a 4). A visualização dos modelos tridimensionais para análise qualitativa da anatomia interna e externa foi realizada por meio do *software*, CTVol v.2.2.3.0.

Parte II - Preparo do canal radicular

Estratificação da amostra e distribuição dos grupos experimentais

Com o objetivo de promover a validade interna da amostra, os grupos experimentais foram distribuídos por meio da técnica de amostragem estratificada. Assim, da amostragem constituída de 60 canais mesiais originaram-se 10 conjuntos de 6 canais, distribuídos conforme a similaridade das características e aspectos morfológicos de cada canal individualmente. Em seguida, um canal de cada conjunto foi alocado, aleatoriamente, para compor um grupo. Ao final foram obtidos 6 grupos de 10 canais cada (n=10). A composição dos espécimes nesse formato garantiu a formação de grupos experimentais homogêneos, como apresentado na Tabela I.

Tabela I. Dados morfológicos iniciais do SCR (Média ± DP) dos 60 canais mesiais distribuídos nos 6 grupos experimentais.

Parâmetros	Grupo TFA + PG (n=10)		Grupo TFA (n=10)		Grupo RC + PG (n=10)		Grupo RC (n=10)		Grupo OS + PG (n=10)		Grupo OS (n=10)	
	Média ± DP	Variação	Média ± DP	Variação	Média ± DP	Variação	Média ± DP	Variação	Média ± DP	Variação	Média ± DP	Variação
Comprimento	9.67 ± 2.22A	5.68-12.89	9.59 ± 2.27A	5.86-13.37	10.12 ± 1.53A	8.26-12.34	10.11 ± 1.63A	7.30-12.34	9.82 ± 2.32A	5.38-12.18	9.81 ± 2.36A	5.24-11.75
Volume (mm³)	1.63 ± 0.50A	0.76-2.31	1.63 ± 0.64A	0.65-2.61	1.70 ± 0.67A	0.86-3.00	1.76 ± 0.78A	0.90-2.49	1.84 ± 0.89A	0.45-2.75	1.75 ± 0.81A	0.36-2.98
Área de Superfície (mm²)	20.21 ± 4.26A	12.64-25.04	17.84 ± 5.10A	10.57-25.37	20.08 ± 4.77A	13.47-26.85	20.62 ± 5.62A	13.59-28.85	23.75 ± 7.12A	11.97-34.61	21.84 ± 5.76A	9.52-29.11
SMI	2.28 ± 0.21A	1.92-2.61	2.33 ± 0.19A	2.04-2.59	2.37 ± 0.21A	2.04-2.75	2.27 ± 0.78A	1.88-2.77	1.88 ± 0.28A	1.52-2.41	2.07 ± 0.57A	1.05-3.07

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Após a realização da amostragem estratificada os grupos foram distribuídos conforme o sistema de instrumentação proposto: G1- TF Adaptive; G2- Reciproc; G3- OneShape; G4- ProGlider + TF Adaptive; G5- ProGlider + Reciproc; e G6- ProGlider + OneShape.

Acesso e preparo dos canais radiculares

A abertura coronária foi realizada com auxílio de brocas esféricas (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) e Endo Z (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suíça), acionadas por meio de motor de alta rotação (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os canais foram irrigados com 2mL de hipoclorito de sódio 1%, por meio de seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e agulha NaviTip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). Em seguida, determinou-se o comprimento de trabalho (CT) com auxílio de lima manual de aço inox #10 tipo K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), a qual foi introduzida no canal radicular até que sua ponta coincidisse com o forame apical, visualizado com auxílio de lupa (10X). Dessa medida, subtraiu-se 1mm, estabelecendo o CT. Esta etapa foi realizada tanto para o canal méso-vestibular, quanto para o méso-lingual, com registros das medidas respectivos a cada canal.

O preparo foi executado conforme a técnica preconizada por cada fabricante. Os espécimes do G1 foram preparados, após patência com lima #15 tipo K, com instrumentos SM1 (#20.04) e SM2 (#25.06), do sistema TF Adaptive® (Figura 4), acionados por meio de motor elétrico específico Elements Motor (SybronEndo, USA). Ambos os instrumentos foram utilizados no CT e descartados após a instrumentação de um espécime.

Figura 4. Instrumentos SM1 (#20.04) e SM2 (#25.06), do sistema TF Adaptive®, utilizados para o preparo biomecânico dos grupos G1 e G4.

Para o preparo dos canais referentes ao G2, após patência com lima #15 tipo K, utilizou-se instrumento R25 (25.08), do sistema Reciproc® (Figura 5), acionado por meio do motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha), até atingir o CT. Utilizou-se um instrumento por dente.

Figura 5. Instrumento R25 (#25.08) do sistema Reciproc® empregado no preparo biomecânico dos grupos G2 e G5.

No G3, após patência com lima #15 tipo K, empregou-se instrumento #25.06, do sistema rotatório OneShape® (Figura 6), acionado por meio de motor elétrico X-Smart Plus (Maillefer Dentsply, Baillaigues, Suíça). Após instrumentação de um espécime o instrumento foi descartado.

Figura 6. Instrumento #25.06 do sistema OneShape® destinado à instrumentação nos grupos G3 e G6.

A solução irrigante de escolha foi o hipoclorito de sódio 1% (ASFER, São Caetano do Sul, SP, Brasil). Para todos os sistemas os instrumentos foram acionados e introduzidos no canal radicular em direção apical até oferecerem resistência. Nesse momento retirava-se o instrumento para limpeza da parte ativa, com gaze, e realizava-se a irrigação com 1mL da solução. Seguiu-se esta manobra até que os instrumentos atingissem o CT, quando então, realizava-se a aspiração final com ponta de aspiração de pequeno calibre (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). Em média foram utilizados 4mL de hipoclorito de sódio 1% em cada canal radicular.

Nos grupos G4, G5 e G6 empregou-se o instrumento ProGlider (Figura 7) previamente à utilização dos sistemas. A lima foi acionada por meio de motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha), na função rotatória contínua, com velocidade de 300rpm e torque de 2N.cm, conforme orientação do fabricante. O instrumento foi acionado e introduzido no canal radicular até oferecer resistência, quando então, era removido e limpo em gaze. A cada procedimento de limpeza do instrumento realizava-se a irrigação do canal com 1mL da solução. Esta sequência foi repetida até que o instrumento atingisse o CT pré-estabelecido. Em todos os

grupos a instrumentação foi executada por um único operador, especialista em Endodontia.

Figura 7. Instrumento ProGlider® utilizado no *glide path* dos espécimes nos grupos G4, G5 e G6.

Parte III - Exame microtomográfico final, avaliação dos parâmetros bi e tridimensionais e do transporte do canal radicular.

Avaliação bi e tridimensional

Após o preparo radicular, os espécimes foram individualmente submetidos a um novo exame microtomográfico, seguindo os mesmos protocolos de escaneamento e de reconstrução das imagens descritos na Parte I do trabalho.

Previamente às análises morfológicas bi e tridimensional dos canais radiculares instrumentados, as imagens de cada um dos espécimes, obtidas no segundo exame microtomográfico, foram alinhadas (sobrepostas) àquelas obtidas no exame inicial. O processo de alinhamento das imagens foi obtido por meio da ferramenta *co-registration* do software DataViewer v.1.5.1.2 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Neste programa, por convenção, consideraram-se os dados previamente obtidos como fixos. Esses dados foram alinhados aos do segundo escaneamento e registrados. Os dados, uma vez alinhados, foram processados e analisados, por meio do programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). O alinhamento dos dados permite que a avaliação morfométrica bi e

tridimensional da porção radicular obtida no segundo escaneamento seja realizada, exatamente, no mesmo local de análise do primeiro escaneamento (Figura 8).

Figura 8. Área de trabalho do software CTAn. A imagem mostra o mesmo dente antes da biomecânica (esquerda) e após a instrumentação (direita). Nesse modelo, é possível analisar a mesma seção do espécime, de forma linear e simultânea.

Os modelos tridimensionais referentes ao primeiro e segundo escaneamentos foram sobrepostos, por meio do *software* CTVol 2.2.3.0 (Bruker, micro-CT, Kontich, Bélgica). Previamente à sobreposição aplicaram-se cores distintas para um modelo e outro, facilitando a visualização das estruturas dentais antes e após a biomecânica. Dessa forma, foi possível realizar a avaliação qualitativa das alterações ocorridas no canal radicular após a instrumentação em relação à estrutura radicular original (Apêndices A, B e C).

Análise do transporte

O cálculo do transporte do canal radicular foi obtido a partir dos valores dos centróides (ponto no interior de uma forma geométrica que define seu centro geométrico) formados pelos eixos x, y e z em cada seção de cada canal. Dessa

forma, formou-se um sistema de coordenadas tridimensionais (x, y, z), por meio do *software* CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). O eixo z representava o longo eixo do canal radicular, o eixo x indicava o deslocamento na direção positiva do eixo para frente, e o eixo y, o deslocamento na direção positiva do eixo para o lado. Com a sobreposição das imagens foi possível determinar nos centros dos canais radiculares (eixos z coincidentes), das mesmas secções transversais, os valores dos eixos x e y antes (x1, y1) e após (x2, y2) o preparo mecânico. O cálculo do transporte apical (d) foi obtido pela diferença dos centros de gravidade (em milímetros), antes e após o preparo, nos terços coronal, médio e apical dos canais, por meio da fórmula:

$$d = \sqrt{(x^2 - x^1)^2 + (y^2 - y^1)^2}$$

Análise estatística

Os parâmetros bi e tridimensionais, bem como os de transporte obtidos revelaram distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e homogeneidade de variância (teste de Levene, $p > 0,05$), determinando a utilização de testes paramétricos para a análise estatística. O teste *two-way* ANOVA foi empregado na avaliação da influência dos fatores: *glide path* (Com e Sem *glide*) e instrumento (TFA, RC e OS), e o teste complementar de Tukey para comparações múltiplas entre os grupos. Utilizou-se para análise o *software* SigmaPlot v11.0 (Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA), sendo o nível de probabilidade fixado em 95%.

Resultados

Para organização e melhor entendimento dos resultados obtidos após a instrumentação do canal radicular por meio dos sistemas Twisted-File Adaptive (TFA), Reciproc (RC) e OneShape (OS), com e sem o uso de ProGlider (PG), dividiu-se o presente capítulo em três tópicos principais:

- 1- Resultados da avaliação das alterações nos parâmetros bidimensionais de área, perímetro, circularidade (*roundness*), diâmetros maior e menor;
- 2- Resultados da avaliação das alterações nos parâmetros tridimensionais de volume, área de superfície, *Structure Model Index (SMI)*;
- 3- Resultados da análise do transporte do canal radicular.

1- Resultados da avaliação das alterações nos parâmetros bidimensionais de área, perímetro, circularidade (*roundness*), diâmetros maior e menor.

Inicialmente os arquivos de dados referentes a cada um dos parâmetros bidimensionais (área, perímetro, circularidade, diâmetros maior e menor) foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene, para verificar a normalidade e homogeneidade da amostra. A análise prévia indicou a realização da análise de variância seguida do teste complementar de Tukey Kramer ($\alpha=0,05\%$) para todos os parâmetros avaliados. No sentido de simplificar os resultados montaram-se apenas as tabelas referentes ao teste de Tukey com as médias e desvio padrão.

O teste complementar referente ao parâmetro bidimensional de área nos últimos 5mm do canal radicular está expresso abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Média±DP da área do canal radicular nos últimos 5mm apicais conforme os sistemas.

Região	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
1 mm						
Original	0,07±0,04	0,07±0,03	0,05±0,02	0,06±0,03	0,07±0,04	0,05±0,02
Δ	0,06±0,03 A	0,04±0,03 B	0,05±0,03 AB	0,06±0,04 A	0,04±0,02 B	0,04±0,02 B
Δ (%)	140,39±104,13	70,35±80,23	104,42±57,85	131,50±88,70	83,37±83,22	91,19±66,96
2 mm						
Original	0,10±0,05	0,10±0,05	0,08±0,06	0,08±0,02	0,11±0,05	0,07±0,03
Δ	0,10±0,05 A	0,06±0,03 B	0,05±0,02 B	0,10±0,05 A	0,04±0,06 B	0,06±0,04 B
Δ (%)	148,93±132,77	85,09±68,04	101,67±82,16	135,92±86,20	66,45±98,50	112,03±84,77
3 mm						
Original	0,13±0,05	0,13±0,06	0,12±0,06	0,11±0,05	0,14±0,06	0,11±0,03
Δ	0,13±0,04 A	0,09±0,07 B	0,06±0,03 B	0,12±0,06 A	0,07±0,07 B	0,08±0,05 B
Δ (%)	149,85±126,55	88,22±74,09	66,07±42,56	124,25±60,91	73,84±99,28	81,33±80,07
4 mm						
Original	0,15±0,06	0,16±0,06	0,16±0,11	0,13±0,05	0,16±0,06	0,15±0,05
Δ	0,17±0,04 A	0,14±0,10 AB	0,08±0,03 B	0,16±0,06 A	0,10±0,09 B	0,10±0,07 B
Δ (%)	147,57±102,57	92,95±58,36	63,05±32,99	144,26±101,56	87,96±97,93	85,97±99,38
5 mm						
Original	0,18±0,07	0,20±0,07	0,21±0,10	0,15±0,06	0,16±0,08	0,20±0,06
Δ	0,21±0,06 A	0,16±0,11 AB	0,09±0,04 B	0,20±0,08 A	0,14±0,09 AB	0,12±0,06 B
Δ (%)	153,26±104,06	92,22±57,52	57,25±40,64	160,49±108,90	111,34±84,39	67,85±40,71
Total						
Original	0,13±0,05	0,13±0,05	0,12±0,07	0,11±0,04	0,13±0,06	0,12±0,04
Δ	0,13±0,04 A	0,10±0,07 AB	0,07±0,03 B	0,13±0,06 A	0,08±0,07 B	0,08±0,05 B
Δ (%)	148,00±114,02	85,77±67,59	78,49±51,24	139,28±89,25	84,59±92,66	87,67±74,38

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significante.

Δ = média de aumento ± desvio padrão.

Os resultados mostraram que sem a realização do *glide path* o aumento da área do canal radicular promovido pelo sistema Reciproc ao longo dos últimos 5mm apicais foi significativamente maior que aquele proporcionado pelo sistema TFA ($p<0,001$), não havendo diferença entre o OneShape e os demais sistemas ($p=0,744$). Com a realização do *glide path* o aumento da área do canal foi significativamente maior para o sistema Reciproc em relação ao OneShape e TFA ($p<0,001$), não havendo diferença entre esses dois últimos sistemas ($p=0,274$). A instrumentação isoladamente ou com a realização prévia do *glide path* não interferiu

no aumento da área do canal radicular, independentemente do sistema utilizado ($p=0,744$).

O teste de Tukey (Tabela 2) evidenciou que, no geral, a média de aumento do perímetro do canal radicular nos últimos 5mm apicais foi maior para o sistema Reciproc, seguido do TFA e por último, sistema OneShape ($p<0,001$). No entanto, os 3 sistemas avaliados comportaram-se de forma semelhante entre si a 1 e 2 milímetros apicais. O uso do instrumento ProGlider não interferiu no aumento do perímetro em relação à utilização do sistema isoladamente ($p=0,620$).

Tabela 2. Média±DP do perímetro do canal radicular nos últimos 5mm apicais conforme os sistemas.

Região	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
1 mm						
Original	1,00±0,28	1,04±0,21	0,83±0,24	1,01±0,21	0,96±0,22	0,88±0,20
Δ	0,30±0,23A	0,23±0,18A	0,31±0,21A	0,28±0,19A	0,21±0,19A	0,32±0,15A
Δ (%)	36,06±34,93	24,885±23,62	40,95±29,65	28,59±19,55	26,76±29,85	43,32±39,63
2 mm						
Original	1,24±0,27	1,13±0,21	1,01±0,24	1,14±0,12	1,16±0,18	0,99±0,19
Δ	0,44±0,25A	0,37±0,34A	0,38±0,37A	0,41±0,18A	0,25±0,21A	0,33±0,16A
Δ (%)	40,59±31,81	38,65±42,60	40,93±38,15	36,20±16,72	23,83±23,78	35,20±20,95
3 mm						
Original	1,34±0,30	1,29±0,18	1,28±0,18	1,29±0,13	1,28±0,17	1,26±0,12
Δ	0,56±0,25A	0,20±0,18B	0,37±0,38AB	0,45±0,23A	0,28±0,21B	0,32±0,23AB
Δ (%)	48,03±32,49	18,28±20,98	28,94±28,85	34,87±19,37	23,39±20,44	25,63±19,32
4 mm						
Original	1,42±0,26	1,46±0,11	1,50±0,21	1,47±0,22	1,41±0,12	1,37±0,96
Δ	0,69±0,22A	0,21±0,16B	0,48±0,60AB	0,57±0,23A	0,27±0,17B	0,49±0,32AB
Δ (%)	53,21±28,44	15,09±12,42	32,13±39,01	40,65±24,54	20,02±13,32	36,33±24,73
5 mm						
Original	1,57±0,32	1,57±0,11	1,67±0,26	1,51±0,26	1,53±0,20	1,50±0,09
Δ	0,76±0,27A	0,26±0,20B	0,47±0,43AB	0,80±0,29A	0,33±0,23B	0,50±0,23AB
Δ (%)	53,63±28,62	16,77±13,97	28,35±22,50	56,84±28,66	23,10±19,47	33,22±14,97
Total						
Original	1,31±0,29	1,30±0,16	1,26±0,23	1,28±0,19	1,27±0,18	1,20±0,31
Δ	0,55±0,24A	0,25±0,21C	0,40±0,40B	0,50±0,22A	0,27±0,20C	0,39±0,23B
Δ (%)	46,30±28,96	22,73±22,72	34,26±31,63	39,43±21,77	23,42±21,37	34,74±23,92

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento ± desvio padrão.

Em relação à circularidade do canal radicular, os resultados mostraram similaridade entre todos os sistemas de instrumentação empregados, independentemente da realização do *glide path* ($p=0,851$) (Tabela 3).

Tabela 3. Média±DP da circularidade do canal radicular nos últimos 5mm apicais conforme os sistemas.

Região	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
1 mm						
Original	0,58±0,17	0,53±0,25	0,57±0,19	0,54±0,19	0,57±0,16	0,62±0,15
Δ	0,23±0,19A	0,13±0,24A	0,14±0,14A	0,22±0,24A	0,11±0,22A	0,04±0,19A
Δ (%)	54,16±58,17	59,76±100,41	31,25±39,91	67,94±102,63	29,78±52,60	10,82±38,98
2 mm						
Original	0,50±0,17	0,55±0,21	0,57±0,21	0,56±0,15	0,45±0,16	0,57±0,16
Δ	0,32±0,18A	0,10±0,21A	0,15±0,21A	0,24±0,16A	0,24±0,23A	0,12±0,23A
Δ (%)	85,87±78,39	39,44±85,14	39,76±58,28	55,11±54,31	73,97±74,97	28,62±58,19
3 mm						
Original	0,61±0,19	0,39±0,20	0,47±0,17	0,55±0,20	0,40±0,14	0,49±0,20
Δ	0,23±0,23A	0,28±0,27A	0,21±0,18A	0,45±0,23A	0,23±0,21A	0,22±0,23A
Δ (%)	53,64±59,99	122,44±171,76	57,58±60,70	57,82±69,24	65,44±78,78	57,39±74,54
4 mm						
Original	0,65±0,16	0,38±0,16	0,50±0,20	0,66±0,18	0,38±0,20	0,48±0,18
Δ	0,23±0,17A	0,27±0,24A	0,15±0,21A	0,20±0,17A	0,33±0,25A	0,24±0,22A
Δ (%)	47,97±59,81	95,00±113,59	53,67±78,88	44,52±61,63	113,64±110,02	69,17±82,10
5 mm						
Original	0,68±0,15	0,37±0,23	0,49±0,16	0,66±0,12	0,42±0,29	0,51±0,21
Δ	0,20±0,17A	0,34±0,27A	0,20±0,21A	0,20±0,12A	0,29±0,24A	0,22±0,24A
Δ (%)	39,16±54,50	140,08±164,07	53,14±66,70	34,30±25,33	97,88±93,85	79,48±107,50
Total						
Original	0,60±0,17	0,44±0,21	0,52±0,19	0,59±0,17	0,44±0,19	0,53±0,18
Δ	0,24±0,19A	0,22±0,25A	0,17±0,19A	0,26±0,18A	0,24±0,23A	0,17±0,22A
Δ (%)	56,16±62,17	91,34±126,99	47,08±60,89	51,94±62,63	76,14±82,04	49,10±72,26

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento ± desvio padrão.

A média de aumento do diâmetro maior nos milímetros apicais do canal radicular foi semelhante para todos os sistemas de instrumentação, independentemente da realização do *glide path* ($p=0,556$) (tabela 4).

Tabela 4. Média±DP do diâmetro maior do canal radicular nos últimos 5mm apicais conforme os sistemas.

Região	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
1 mm						
Original	0,37±0,09	0,37±0,12	0,31±0,10	0,35±0,09	0,38±0,14	0,30±0,09
Δ	0,08±0,08A	0,12±0,15A	0,10±0,07A	0,08±0,06A	0,10±0,09A	0,10±0,10A
Δ (%)	28,36±37,20	34,85±43,77	36,68±24,09	25,23±22,98	34,00±36,40	34,80±30,65
2 mm						
Original	0,45±0,11	0,44±0,15	0,35±0,11	0,42±0,07	0,46±0,12	0,36±0,08
Δ	0,09±0,10A	0,10±0,08A	0,13±0,11A	0,11±0,07A	0,08±0,09A	0,10±0,10A
Δ (%)	27,23±35,77	32,08±36,35	38,78±27,589	24,45±23,83	19,00±22,69	27,56±16,30
3 mm						
Original	0,49±0,14	0,50±0,11	0,50±0,08	0,47±0,09	0,53±0,12	0,45±0,10
Δ	0,13±0,12A	0,11±0,10A	0,08±0,11A	0,11±0,07A	0,88±0,61A	0,13±0,20A
Δ (%)	36,94±42,97	23,12±21,52	15,59±20,73	25,46±18,81	17,96±15,55	28,85±40,36
4 mm						
Original	0,52±0,14	0,56±0,07	0,55±0,09	0,50±0,10	0,56±0,11	0,52±0,07
Δ	0,15±0,12A	0,11±0,11A	0,10±0,10A	0,15±0,09A	0,07±0,07A	0,16±0,24A
Δ (%)	36,62±37,24	19,81±18,10	18,98±16,89	34,48±28,98	13,85±15,47	29,69±44,61
5 mm						
Original	0,57±0,12	0,62±0,91	0,60±0,08	0,56±0,14	0,58±0,14	0,59±0,07
Δ	0,17±0,09A	0,13±0,12A	0,13±0,11A	0,16±0,13A	0,11±0,08A	0,09±0,07A
Δ (%)	34,36±24,58	20,88±18,31	19,72±15,47	34,81±34,48	22,13±21,04	16,73±13,21
Total						
Original	0,48±0,14	0,50±0,14	0,47±0,14	0,46±0,13	0,50±0,14	0,44±0,13
Δ	0,12±0,11A	0,11±0,11A	0,11±0,10A	0,12±0,09A	0,09±0,08A	0,12±0,15A
Δ (%)	32,70±34,80	26,15±28,98	25,95±22,77	28,89±25,72	21,38±23,57	27,52±30,89

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento ± desvio padrão.

Os resultados da Tabela 5 evidenciaram que a maior média de aumento do diâmetro menor nos 5mm finais do canal radicular foi proporcionado pelo sistema Reciproc, seguido do OneShape e TFA, com diferenças estatísticas significantes entre eles ($p < 0,001$). Notou-se, ainda, que o aumento do diâmetro menor não foi influenciado pelo uso de ProGlider ($p = 0,812$).

Tabela 5. Média±DP do diâmetro menor do canal radicular nos últimos 5mm apicais conforme os sistemas.

Região	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
1 mm						
Original	0,22±0,07	0,23±0,07	0,19±0,05	0,22±0,06	0,27±0,11	0,23±0,08
Δ	0,17±0,08 A	0,10±0,05 B	0,10±0,05 B	0,13±0,08 A	0,09±0,05 AB	0,05±0,05 B
Δ (%)	95,45±66,99	51,36±38,60	58,51±36,80	70,06±50,35	38,48±25,78	25,73±25,62
2 mm						
Original	0,26±0,06	0,27±0,09	0,22±0,04	0,25±0,04	0,29±0,12	0,27±0,09
Δ	0,21±0,07 A	0,12±0,07 B	0,13±0,05 B	0,18±0,10 A	0,13±0,11 AB	0,06±0,05 B
Δ (%)	88,25±43,65	53,69±38,39	59,50±28,72	73,27±49,92	58,79±48,72	28,34±20,76
3 mm						
Original	0,34±0,08	0,30±0,11	0,29±0,07	0,29±0,06	0,33±0,11	0,31±0,08
Δ	0,21±0,08 A	0,15±0,11 AB	0,12±0,07 B	0,20±0,15 A	0,13±0,10 B	0,13±0,07 B
Δ (%)	68,57±36,35	64,46±56,03	46,60±37,82	75,62±60,76	49,99±45,83	46,20±36,83
4 mm						
Original	0,37±0,08	0,33±0,08	0,33±0,10	0,35±0,09	0,33±0,12	0,37±0,07
Δ	0,24±0,08 A	0,23±0,08 A	0,16±0,09 B	0,25±0,09 A	0,20±0,12 AB	0,13±0,10 B
Δ (%)	71,42±33,00	74,90±35,88	61,27±54,43	78,65±40,33	77,57±73,05	39,00±28,50
5 mm						
Original	0,41±0,10	0,39±0,14	0,38±0,09	0,40±0,08	0,36±0,12	0,39±0,09
Δ	0,28±0,10 A	0,22±0,13 AB	0,16±0,08 B	0,26±0,10 A	0,22±0,12 AB	0,15±0,11 B
Δ (%)	74,57±36,04	70,24±53,43	50,16±39,14	70,92±34,49	76,93±58,69	43,83±32,51
Total						
Original	0,32±0,08	0,30±0,10	0,28±0,07	0,30±0,07	0,32±0,12	0,31±0,08
Δ	0,22±0,08 A	0,16±0,09 B	0,13±0,07 C	0,20±0,10 A	0,15±0,10 B	0,10±0,08 C
Δ (%)	79,65±43,21	62,93±44,47	55,21±39,38	73,70±47,17	60,35±50,41	36,62±28,88

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significante.

Δ = média de aumento ± desvio padrão.

2- Resultados da avaliação das alterações nos parâmetros tridimensionais de volume, área de superfície, Structure Model Index (SMI).

Os testes preliminares de Shapiro-Wilk e Levene mostraram, respectivamente, distribuição normal e homogeneidade para todos os parâmetros tridimensionais avaliados, sugerindo aplicação de testes paramétricos. O teste que melhor se adaptou ao modelo matemático foi o de análise de variância seguida do teste de Tukey Kramer.

A análise de variância referente aos dados de volume do canal radicular mostrou haver diferença significativa somente entre os sistemas de instrumentação ($p < 0,001$). Não havendo, portanto, diferença significativa entre o uso da ProGlider ($p = 0,544$), bem como na interação ProGlider/sistemas ($p = 0,409$) (Tabela 9). Com objetivo de identificar quais dentre os sistemas de instrumentação apresentaram diferença significativa entre si aplicou-se o teste complementar de Tukey ($\alpha = 0,05\%$) (Tabela 10).

Tabela 9. Análise de variância referente ao volume do canal radicular.

Fonte de Variação	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	P
Entre <i>Glide Path</i>	1	0,072	0,072	0,373	0,544
Entre Sistema	2	8,135	4,068	21,065	<0,001
Interação	2	0,351	0,176	0,909	0,409
Resíduos	54	10,437	0,193		
Total	59	18,895	0,322		

Tabela 10. Teste de Tukey entre os sistemas de instrumentação.

Volume	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
Original	1,76±0,78	1,75,±0,81	1,63±0,64	1,70±0,67	1,84±0,89	1,63±0,49
Δ	2,03±0,45 A	2,01±0,48 A	1,07±0,36 B	1,85±0,53 A	1,83±0,50 A	1,22±0,23 B
Δ (%)	136,2±67,0	149,0±89,1	72,1±25,7	121,2±48,3	119,6±75,8	88,2±32,1

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento $\pm$ desvio padrão.

O teste de Tukey mostrou não haver diferença significativa no volume final do canal promovido pelos sistemas Reciproc e OneShape. No entanto, esses sistemas promoveram aumento de volume significativamente maior que o sistema TFA.

Em relação a área de superfície a análise de variância indicou haver diferença significativa, apenas, entre os sistemas de instrumentação ($p = 0,024$) (Tabela 11). A

utilização de ProGlider previamente aos sistemas de instrumentação não influenciou na área de superfície do canal radicular ($p=0,123$).

Tabela 11. Análise de variância referente a área de superfície do canal radicular.

Fonte de Variação	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	P
Entre <i>Glide Path</i>	1	6,916	6,916	2,449	0,123
Entre Sistema	2	22,538	11,269	3,990	0,024
Interação	2	6,869	3,434	1,216	0,304
Resíduos	54	152,510	2,824		
Total	59	188,833	3,201		

No sentido de verificar quais dentre os sistemas de instrumentação apresentaram diferença significativa entre si aplicou-se o teste de Tukey (Tabela 12).

Tabela 12. Teste de Tukey entre os sistemas de instrumentação.

Área	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
Original	20,62±5,62	22,84±7,70	17,84±5,10	20,08±4,77	23,75±7,12	20,20±4,26
Δ	5,47±1,38 A	4,94±1,84 AB	3,40±1,31 B	4,77±1,39 A	3,91±1,11 AB	3,49±1,14 B
Δ (%)	28,8±11,5	28,4±16,9	24,9±17,0	26,4±9,9	18,7±9,6	23,6±14,5

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento $\pm$ desvio padrão.

O teste complementar indicou que o aumento da área de superfície obtida após o preparo radicular com sistema Reciproc foi significativamente maior que aquela promovida pelo sistema TFA. Não houve diferença significativa entre o sistema OneShape em relação aos demais.

A análise de variância referente ao SMI mostrou não haver diferença significativa entre a utilização dos sistemas isoladamente ou com o uso prévio de ProGlider ($p=0,379$). No entanto, houve diferença significativa entre os sistemas de

instrumentação ($p=0,002$), bem como, na interação entre PG/sistemas ($p=0,018$) (Tabela 13).

Tabela 13. Análise de variância referente ao SMI do canal radicular

Fonte de Variação	dF	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	P
Entre <i>Glide Path</i>	1	0,329	0,329	0,788	0,379
Entre Sistema	2	5,621	2,811	6,743	0,002
Interação	2	1,457	0,729	1,748	0,018
Resíduos	54	22,510	0,417		
Total	59	29,917	0,507		

Tabela 14. Teste de Tukey entre os sistemas de instrumentação e interação PG/sistemas.

SMI	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
Original	2,27±0,26	2,07±0,56	2,33±0,19	2,37±0,21	1,88±0,28	2,28±0,21
Δ	0,70±0,30 A	0,96±0,37 B*	0,65±0,29 A	0,56±0,23 A	1,18±0,31 B*	0,57±0,21 A
Δ (%)	32,25±16,5	59,4±53,6	30,3±18,6	24,1±11,7	56,4±45,8	24,9±7,2

Letras diferentes e * nas linhas significam diferença estatística significativa.

Δ = média de aumento $\pm$ desvio padrão

Por meio dos resultados obtidos na Tabela 14 nota-se que os valores médios de aumento de SMI dos sistemas Reciproc e TFA foram semelhantes entre si, e significativamente menores ao do sistema OneShape ($p=0,002$). O valor médio de aumento de SMI no grupo no qual utilizou-se o ProGlider previamente ao sistema OneShape foi significativamente maior em relação ao sistema sem *glide path* ($p=0,018$). A interpretação dos resultados mostra que o sistema OneShape apresenta tendência em promover uma forma geométrica tridimensional correspondente à um cilindro, maior que os demais sistemas. Essa capacidade é ainda maior com a realização do *glide path*.

3- Resultados da análise do transporte do canal radicular.

Após a realização da análise de variância dos dados referentes ao transporte do canal radicular, para os terços cervical, médio e apical, individualmente, aplicou-se o teste de Tukey. A Tabela 15 ilustra o teste complementar com as médias e desvio padrão do transporte do canal radicular para os três terços estudados.

Tabela 15. Média ($\pm$ DP) de transporte por regiões do canal radicular.

Terço Radicular	Sem PG			Com PG		
	RC	OS	TFA	RC	OS	TFA
Cervical	0,12 $\pm$ 0,03 B	0,17 $\pm$ 0,07 A	0,13 $\pm$ 0,05 AB	0,11 $\pm$ 0,05 B	0,14 $\pm$ 0,04 A	0,12 $\pm$ 0,05 AB
Médio	0,110 $\pm$ 0,052 A	0,150 $\pm$ 0,071 A	0,111 $\pm$ 0,035 A	0,125 $\pm$ 0,071 A	0,118 $\pm$ 0,073 A	0,083 $\pm$ 0,04 A
Apical	0,107 $\pm$ 0,044 A	0,141 $\pm$ 0,060 A	0,152 $\pm$ 0,083 A	0,097 $\pm$ 0,042 A	0,146 $\pm$ 0,104 A	0,166 $\pm$ 0,12 A
Total	0,115 $\pm$ 0,043 B	0,155 $\pm$ 0,066 A	0,133 $\pm$ 0,060 AB	0,113 $\pm$ 0,056 B	0,138 $\pm$ 0,076 A	0,124 $\pm$ 0,08 AB

Letras diferentes nas linhas significam diferença estatística significativa.

Os resultados apontam que houve diferença estatística significativa nos valores de transporte do canal radicular entre os sistemas de instrumentação, somente no terço cervical ($p=0,045$). Nesse terço o sistema OneShape promoveu maior transporte do canal que o Reciproc ($p<0,001$), não havendo diferença significativa desses sistemas para o TFA. A utilização do ProGlider não influenciou no transporte do canal radicular ($p=0,124$).

***D**iscussão*

No sentido de facilitar a leitura e o entendimento do assunto o presente capítulo foi dividido em dois tópicos principais:

- 1- Discussão sobre a seleção da amostra e metodologia empregada;
- 2- Discussão dos resultados obtidos.

1- Discussão sobre a seleção da amostra e metodologia empregada.

A seleção da amostra é parte fundamental para padronização dos espécimes com consequente redução da variabilidade e aumento da confiabilidade, aproximando ao máximo as condições do estudo à realidade clínica (ZHANG et al., 2009; VASCONCELOS et al., 2011).

Tendo em vista que um dos objetivos do presente trabalho foi avaliar o transporte do canal radicular, optou-se obviamente por se trabalhar com raízes curvas.

Molares inferiores com dois canais mesiais e forames distintos, como os utilizados no presente estudo, fornecem um excelente modelo de comparação para sistemas de instrumentação diferentes (GARCÍA et al, 2012; JUNAID et al., 2014). A seleção de raízes mesiais de molares inferiores com grau de curvatura severa seguiu as especificações de Schneider (1971), por meio da qual padronizaram-se os espécimes com ângulo de curvatura $>25^\circ$.

A distribuição dos dentes nos grupos experimentais seguiu a técnica de amostragem estratificada, baseada nos dados morfológicos obtidos por meio da análise prévia dos parâmetros de comprimento, volume, área de superfície e SMI do canal radicular. A principal vantagem dessa técnica é proporcionar grupos experimentais homogêneos (MARCELIANO-ALVES et al., 2015), com menor probabilidade de erro (DE-DEUS et al., 2015).

Para a análise das alterações morfológicas bi e tridimensional utilizou-se a microtomografia computadorizada. Nos últimos anos, a utilização da microtomografia tem se consolidado no estudo de tecidos dentais, por ser um método reproduzível que permite análise quantitativa, qualitativa e tridimensional do sistema de canais radiculares (VERSIANI et al., 2013b; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2014; PEDULLÀ et al., 2016). O método apresenta, ainda, capacidade de análise simultânea da anatomia interna e externa, imagens em alta resolução, além de ser não invasivo e não destrutivo (LEONI et al., 2013; DE-DEUS et al., 2016). As limitações deste método envolvem o alto custo, o tempo de trabalho extenso e a impossibilidade, até o momento, de realização de análises *in vivo* (NEELAKANTAN, SUBBARAO, SUBBARAO, 2010).

O estudo adotou 3 diferentes sistemas de instrumentação mecanizada, sendo um rotatório contínuo (OneShape), outro reciprocante (Reciproc) e o terceiro, uma combinação de ambas as cinemáticas de uso (TF Adaptive). A escolha baseou-se nas características de cada sistema, e principalmente, na falta de estudos com esses instrumentos com propósito semelhante ao do presente trabalho. Todos os instrumentos selecionados apresentam diâmetro de 250µm na extremidade livre da parte ativa. De acordo com os fabricantes, instrumentos com tal característica são destinados à biomecânica de canais estreitos e curvos (SABER, NAGY, SCHAFER, 2015).

A realização do *glide path* previamente à biomecânica é considerada procedimento crucial no emprego de sistemas automatizados, proporcionando melhor acesso à extremidade apical, com consequente diminuição da resistência à penetração do instrumento (D'AMÁRIO et al., 2013; BERUTTI et al., 2014). A realização do pré-alargamento, por si só, não incide na ocorrência de transporte

apical e ou desvio do canal radicular (ALVES et al., 2012; ZANETTE et al., 2014, COELHO et al., 2016). Estudo anterior mostrou que apesar dos sistemas reciprocantes apresentarem capacidade adequada de manterem a centralização do canal em réplicas de canais curvos, sugere-se o pré-alargamento com no mínimo um instrumento #15 (LIM et al., 2013). Assim, o presente estudo também analisou o efeito do *glide path*, previamente à biomecânica, por meio de um novo sistema de instrumento único, o ProGlider. A escolha, especificamente, por esse sistema baseou-se em relatos de que o ProGlider favorece a centralização do canal radicular e reduz a fadiga cíclica dos instrumentos utilizados posteriormente (BERUTTI et al., 2014; ELNAGHY, ELSAKA, 2014; ELNAGHY, ELSAKA, 2015; ARIAS, SINGH, PETERS, 2015; PALEKER, VAN DER VYVER, 2016).

2- Discussão dos resultados obtidos.

As alterações dos parâmetros bidimensionais de área, perímetro, circularidade (*roundness*), e diâmetros maior e menor após a biomecânica foram analisadas somente nos 5mm apicais do canal radicular. As pesquisas destinadas a morfologia do sistema de canais radiculares, por meio da análise tomográfica, tendem a avaliar toda extensão do canal. No entanto, as avaliações detalhadas do alargamento no terço apical, são mais interessantes, visto que o preparo químico mecânico nesta região é considerado essencial para o sucesso da terapêutica endodôntica (NAIR, 2006; PAQUÉ, GANAHL, PETERS, 2009).

Os resultados mostraram que o sistema Reciproc apresentou aumentos significantes no perímetro e diâmetro menor em relação aos demais sistemas. O aumento do perímetro sugere maior quantidade de toque do instrumento nas paredes dentinárias. O Reciproc apresenta maior conicidade (.08) que os outros dois

sistemas (.06), o que possibilita maior contato do instrumento com as paredes radiculares, justificando os achados. O aumento do perímetro promovido pelo sistema TF Adaptive foi significativamente maior que o do OneShape. Apesar de ambos os sistemas apresentarem a mesma conicidade (.06), o OneShape é constituído de um único instrumento (25.06) destinado ao preparo químico mecânico. O sistema TFA, segundo a idealização do fabricante, preconiza a utilização de mais de um instrumento. No presente estudo foram utilizados os instrumentos SM1 (20.04) e SM2 (25.06), conseqüentemente, a utilização de dois instrumentos durante a biomecânica requer, ao final da terapêutica, maior tempo de contato entre instrumento e parede dentinária. A extensão do tempo de utilização, provavelmente, resultou em maior aumento do perímetro. Trabalho anterior relata que o sistema Reciproc está associado ao maior aumento dos parâmetros bidimensionais de área e perímetro em relação a outros sistemas (MARCELIANO-ALVES et al., 2015), corroborando os achados do presente estudo.

O aumento da área do canal radicular promovido pelo sistema Reciproc foi significativamente maior que o do sistema TFA. A maior conicidade do instrumento Reciproc em relação ao TFA implica em preparo de paredes radiculares com maior divergência, o que conseqüentemente, resulta em uma maior área interna desgastada (GERGI et al., 2015).

As discrepâncias encontradas entre os 3 sistemas em relação aos parâmetros de área, perímetro e diâmetro menor pode, também, ser explicadas pela diferença das características existentes entre a parte ativa dos instrumentos. A capacidade de corte do instrumento endodôntico está associada à uma complexa inter-relação que compreende a secção transversal, inclinação do ângulo de corte, propriedades metalúrgicas, tratamento da superfície metálica da parte ativa e cinemática de

movimento (ÇAPAR et al., 2014a). Há uma relação direta entre a secção transversal do instrumento, capacidade de corte, e carga de torção (GUNDAPPA et al., 2014). Os sistemas TFA e OneShape apresentam secção transversal triangular, ao passo que o Reciproc, além de possuir conicidade variável, tem secção em forma de “S” de ponta dupla, com ângulo de corte das lâminas levemente positivo (BÜRKLEIN et al., 2012), conferindo maior poder de corte (RUBINI et al., 2013).

O aumento dos parâmetros bidimensionais promovido por um sistema de instrumentação, em especial, o de área do canal radicular implica em maior alargamento. Clinicamente, sabe-se que o sucesso da terapêutica endodôntica nos casos de canais contaminados está intimamente relacionado à erradicação da infecção ou redução em níveis compatíveis à cura dos tecidos periapicais. Nesse contexto, é lícito afirmar que o maior alargamento do canal radicular pode favorecer o processo de desinfecção (HÜLSMANN, PETERS, DUMMER, 2005; SIQUEIRA, RÔÇAS, 2008).

Em relação ao aumento do diâmetro maior e circularidade avaliados no presente estudo, não houve diferença significativa entre os 3 sistemas. De uma forma geral os sistemas avaliados apresentaram uma tendência em promover canais circulares de forma semelhante entre si. A literatura tem reportado que canais ovalados dificultam sobremaneira os procedimentos para a obturação (PAQUÉ et al., 2010a; ALVES et al., 2011a; KELES et al., 2014). Dessa forma, os resultados obtidos pelos 3 sistemas de instrumentação em relação a circularidade sugerem um preparo melhor delineado, com paredes regulares e canal circular, facilitando a fase de obturação.

Em todos os parâmetros bidimensionais avaliados neste estudo, a utilização do ProGlider não influenciou os resultados após a biomecânica, independentemente

do sistema de instrumentação empregado. Sabe-se que a realização do *glide path* minimiza a ocorrência de erros operacionais durante a instrumentação (BERUTTI et al., 2004). Essas intercorrências, provavelmente, estão associadas ao transporte do canal radicular, não influenciando no desempenho do instrumento em relação aos demais parâmetros aqui avaliados. Assim, é possível afirmar que o ProGlider funciona apenas como guia para o sistema de instrumentação, com a vantagem de não promover alterações significativas na morfologia dos canais radiculares (TURKER, UZUNOGLU, 2015; PASQUALINI et al., 2015).

A análise dos dados tridimensionais de volume e área de superfície dos canais revelou que o sistema Reciproc apresentou valores de aumento significativamente maiores que aqueles promovidos pelo sistema TFA. Essa diferença pode ser explicada pela conicidade, pelo desenho da secção e capacidade de corte do movimento recíprocante (PLOTINO et al., 2014; ÇAPAR, ARSLAN, 2016). O maior poder de corte e de conicidade do instrumento Reciproc em relação ao TFA resultou numa maior quantidade de dentina excisada, preparo de paredes dentinárias mais divergentes, e consequentemente, maior aumento do volume do canal. Esse resultado está de acordo com os achados de ÇAPAR et al. (2014a) e GERGI et al. (2015). Apesar dos instrumentos TFA e OneShape apresentarem a mesma conicidade (.06), o OneShape foi semelhante ao Reciproc quanto ao aumento de volume e superfície de área. Apesar do Reciproc apresentar maior conicidade que os outros dois instrumentos o *design* do OneShape pode elucidar a aparente incoerência dos resultados. O TFA possui secção transversal triangular ao longo de toda sua parte ativa. Já o OneShape apresenta uma secção de corte variável ao longo da lâmina a qual apresenta-se dividida por 3 áreas de corte. A primeira com 3 arestas, a segunda passa progressivamente de 3 á 2 arestas e, a

terceira com 2 arestas e secção em forma de “S”. A secção final desse instrumento é semelhante ao do Reciproc (BÜRKLEIN, BENTEN, SCHÄFER, 2013; DAGNA, 2015; NEELAKANTAN, REDDY, GUTMANN, 2016). Esta variação na secção do instrumento OneShape pode ter favorecido os resultados similares em relação ao Reciproc. Além disso, o instrumento Reciproc possui taper .08 somente nos primeiros 3mm iniciais da sua extremidade livre, seguindo ao longo da parte ativa com taper próximo à .04. O instrumento OneShape segue a conicidade constante de 6% ao longo de toda sua lâmina. Trabalho prévio (SANTA ROSA et al., 2016) revelou resultados semelhantes aos do presente estudo, ao passo que observações divergentes foram apresentadas por CAPAR et al. (2014) e SALEH et al. (2015). A diferença entre os resultados pode estar associada às metodologias adotadas, visto que o presente estudo e o de SANTA ROSA et al. (2016) empregaram microtomografia computadorizada para as análises. CAPAR et al. (2014) e SALEH et al. (2015) utilizaram cone Beam e fotografias digitais de espécimes em bloco de resina, respectivamente.

Quanto à avaliação do SMI, os resultados mostraram que o aumento desse parâmetro no grupo do OneShape foi significativamente maior que nos grupos do Reciproc e TFA, os quais não apresentaram diferença entre si. A diferença encontrada entre os sistemas pode estar relacionada à cinemática de movimento. O OS é um sistema de movimento rotatório contínuo, o Reciproc movimento reciprocante e o TFA uma associação de rotatório contínuo e reciprocante. O movimento de bicada (*pecking motion*) aplicado aos instrumentos RC e TFA até que atingissem o comprimento de trabalho pode ter promovido menores aumentos do SMI. O instrumento OS foi acionado com movimento rotatório contínuo no CT, sem necessidade dos movimentos de bicada, o que provavelmente proporcionou a esse

grupo configuração do SMI mais próximo à um cilindro que os outros sistemas. Particularmente, a utilização do *glide path* com o sistema OS promoveu aumento do SMI, significativamente maior que a do sistema isoladamente. Tal resultado reforça a justificativa anterior, visto que a realização do *glide path* facilita a introdução do instrumento até o CT (D'AMÁRIO et al., 2013; BERUTTI et al., 2014).

A realização do *glide path* parece viabilizar o desempenho dos instrumentos acionados por movimento rotatório ou mesmo reciprocante (BERUTTI et al., 2012). Esse procedimento reduz as tensões de torção ao longo do canal, diminui o efeito de parafusamento, bem como o risco de fratura do instrumento (ELNAGHY, ELSAKA, 2014). Ainda que o ProGlider tenha apresentado diferença significativa nos valores de SMI para o grupo OneShape, não verificou-se influência do mesmo em relação aos outros parâmetros tridimensionais para os diferentes sistemas. Vale ressaltar que apesar das vantagens do *glide path* mencionadas anteriormente, a literatura revela que o uso do ProGlider não influencia nas alterações da dentina promovidas pelo instrumento reciprocante (SABER, SCHAFER, 2016).

As evidências clínicas mostram que o transporte do canal radicular está associado às baixas taxas de sucesso da terapia endodôntica (SCHÄFER, BÜRKLEIN, 2012). A ocorrência do transporte está diretamente relacionada às propriedades metalúrgicas (GUTMANN, GAO, 2012), secção transversal e diâmetro dos instrumentos, bem como a técnica operatória e anatomia do sistema de canais radiculares (ZHAO et al., 2013).

Os resultados referentes ao transporte do canal radicular mostraram haver diferença significativa entre os sistemas somente no terço cervical do canal. Os instrumentos RC e TFA são confeccionados com ligas de NiTi termicamente tratadas (M-Wire), o que lhes confere flexibilidade e segurança durante o uso (RUDDLE;

MACHTOU; WEST, 2014). Os instrumentos OneShape são constituídos de liga de NiTi convencional (BÜRKLEIN, BENTEN, SCHÄFER, 2014). A flexibilidade da liga de NiTi tratada termicamente parece não ser significativamente maior que a da liga convencional, visto que no terço apical do canal onde havia a presença de curvatura acentuada, não houve diferença entre os sistemas. Resultados semelhantes estão condizentes com os achados na literatura (BÜRKLEIN, BENTEN, SCHÄFER, 2014; BÜRKLEIN, POSCHMANN, SCHÄFER, 2014; ÇAPAR et al., 2014). O transporte do terço cervical significativamente maior para o sistema OS em relação ao RC, pode significar uma vantagem do sistema OS, desde que não haja perfuração. A formação continua e progressiva de dentina torna o terço cervical dos molares inferiores a região mais estreita do canal radicular (TAN, MESSER, 2002; TENNERT et al., 2010). A remoção das interferências anatômicas cervicais favorece o preparo do canal radicular (PECORA et al., 2005; FLORES et al., 2014; BORGES et al., 2016). Os sistemas reciprocantes não preconizam o uso prévio de instrumentos destinados ao preparo cervical, esta fase é realizada pelo próprio instrumento segundo o fabricante. Assim, o uso de sistemas de instrumentação que promovam maior divergência do terço cervical pode ser útil.

Resultados divergentes ao do presente estudo foram relatados na literatura (SABER, NAGY, SCHAFER, 2015; DHINGRA, RUHAL, MIGLANI, 2015). As diferenças observadas podem estar relacionadas à metodologia utilizada, como o uso de canais simulados ou naturais, assim como a análise por meio de radiografias digitais, tomografia computadorizada cone beam ou microtomografia computadorizada (ÇAPAR, ARSLAN, 2016).

Semelhante aos resultados obtidos na maioria das análises dos parâmetros aqui estudados, a realização do *glide path* também não interferiu no transporte do

canal radicular, corroborando trabalhos prévios (BURKLEIN, POSCHMANN, SCHAFER, 2014; de CARVALHO et al., 2015; TURKER, UZUNOGLU, 2015; SABER, SCHAFER, 2016).

Atualmente são encontrados no mercado inúmeros sistemas de instrumentação, cada qual com suas características próprias e vantagens de uso. A biomecânica do canal radicular requer objetivos específicos, e que diante da complexidade anatômica do sistema de canais radiculares extingue a ideia de um sistema de instrumentação ideal. Cabe ao profissional, perante as particularidades de cada caso clínico em especial, adequar o protocolo a ser adotado, considerando a destreza e habilidade de uso, bem como os benefícios oferecidos pelo sistema.

Conclusões

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

1. Em relação aos parâmetros bidimensionais.

- a) O sistema Reciproc promoveu os maiores aumentos em relação à área, perímetro e diâmetro menor.
- b) Os sistemas avaliados apresentaram similaridade em relação à circularidade e diâmetro maior.

2. Em relação aos parâmetros tridimensionais.

- a) O aumento de volume e área de superfície foi significativamente maior para o sistema Reciproc em relação ao Twisted-File Adaptive.
- b) O sistema OneShape proporcionou maior aumento de SMI em relação aos demais sistemas.

3. Não houve diferença entre os sistemas em relação ao transporte nos terços apical e médio.

4. A utilização do ProGlider, independentemente do sistema utilizado, não influenciou os resultados dos parâmetros avaliados.

Referências bibliográficas

ABOU EL NASR, H. M.; ABD EL KADER, K. G. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. **J Endod**, v. 40, n. 6, p. 849-851, 2014.

AGARWAL, R. S.; AGARWAL, J.; JAIN, P.; CHANDRA, A. Comparative analysis of canal centering ability of different single file systems using cone beam computed tomography – an in-vitro study. **J Clin Diagn Res**, v. 9, n. 5, p. 06-10, 2015.

ALVES, F. R.; ALMEIDA, B. M.; NEVES, M. A.; MORENO, J. O.; RÔÇAS, I. N.; SIQUEIRA, J. F. Jr. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. **J Endod**, v. 37, n. 4, p. 496-501, 2011.

ALVES, V. de O.; BUENO, C. E.; CUNHA, R. S.; PINHEIRO, S. L.; FONTANA, C. E.; DE MARTIN A. S. Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo Rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. **J Endod**, v. 38, n. 1, p. 117-120, 2012.

ARIAS, A.; SINGH, R.; PETERS, O. A. Differences in torsional performance of single- and multiple-instrument rotary systems for glide path preparation. **Odontology**, v. 104, n. 2, p. 192-198, 2015.

BERGMANS, L.; VAN CLEYNENBREUGEL, J.; WEVERS, 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.

BERUTTI, E.; ALOVISI, M.; PASTORELLI, M. A.; CHIANDUSSI, G.; SCOTTI, N.; PASQUALINI, D. Energy consumption of ProTaper Next X1 after glide path with PathFiles and ProGlider. **J Endod**, v. 40, n. 12, p. 2015-2018, 2014.

BERUTTI, E.; NEGRO, A. R.; LENDINI, M.; PASQUALINI, D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. **J Endod**, v. 30, n. 4, 2004.

BERUTTI, E.; PAOLINO, D. S.; CHIANDUSSI, G.; ALOVISI, M.; CANTADORE, G.; CASTELLUCCI A.; PASQUALINI, D. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. **J Endod**, v. 38, n. 1, p. 101-104, 2012.

BORGES, A. H.; PEREIRA, T. M.; PORTO, A. N.; DE ARAÚJO ESTRELA, C. R.; MIRANDA PEDRO, F. L.; ARANHA, A. M.; GUEDES, O. A. The influence of cervical preflaring on the amount of apically extruded debris after root canal preparation using different instrumentation systems. **J Endod**, v. 42, n. 3, p. 465-469, 2016.

BRISEÑO, B. M.; SONNABEND, E. The influence of different root canal instruments on root canal preparation: an in vitro study. **Int Endod J**, v. 24, n. 1, 1991.

BÜRKLEIN, S.; BENTEN, S.; SCHÄFER, E. Quantitative evaluation of apically extrude debris with diferente single-file systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo. **Int Endod J**, v. 47, n. 5, p. 405-409, 2014.

BÜRKLEIN, S.; BENTEN, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int Endod J**, v. 46, n. 6, p. 590-597, 2013.

BÜRKLEIN, S.; HINSCHITZA, K.; DAMMASCHKE, T.; SCHÄFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 449-461, 2012.

BÜRKLEIN, S.; POSCHMANN, T.; SCHÄFER, E. Shaping ability of diferente nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1231-1234, 2014.

ÇAPAR, I. D.; ARSLAN, H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel–titanium instruments. **Int Endod J**, v. 49, n. 2, p. 119-135, 2016.

ÇAPAR, I. D.; ARSLAN, H.; AKCAY, M.; ERTAS, H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal,

ProTaperNext, Twisted File Adaptive and HyFlex instruments. **J Endod**, v. 40, n. 10, p. 1638-1641, 2014.

ÇAPAR, I. D.; ERTAS, H.; OK, E.; ARSLAN, H.; ERTAS, E. T. Comparative study of different novel nickel-titanium Rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. **J Endod**, v. 40, n. 6, p. 852-856, 2014.

CASSIM, I.; VAN DER VYVER, P.J. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. **SADJ**, v. 68, n. 7, p. 322,324-327, 2013.

COELHO, M. S; FONTANA, C. E; KATO, A. S; DE MARTIN, A. S.; DA SILVEIRA BUENO, C. E. Effects of Glide Path on the centering ability and preparation time of two reciprocating instruments. **Iran Endod J**, v. 11, n. 1, p. 33-37, 2016.

D'AMÁRIO, M.; BALDI, M.; PETRICCA, R.; DE ANGELIS, F.; EL ABED, R.; D'ARCANGELO, C. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. **J Endod**, v. 39, n. 12, p. 1581-1584, 2013.

DAGNA, A. Nickel-titanium single-file system in Endodontics. **J Contemp Dent Pract**, v. 16, n. 10, p. 834-839, 2015.

DE CARVALHO, G. M.; SPONCHIADO JUNIOR, E. C.; GARRIDO, A. D.; LIA, R. C.; GARCIA IDA, F.; MARQUES, A. A. Apical transportation, centering ability, and cleaning effectiveness of reciprocating single-file system associated with different glide path techniques. **J Endod**, v. 41, n. 12, p. 2045-2049, 2015.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; MARINS, J. R.; SILVA, E. J.; NEVES, A. A.; SOUZA, E. M.; MACHADO, A. C.; LOPES, R. T.; VERSIANI, M. A. On the causality between dentinal defects and root canal preparation: a micro-CT assessment. **Braz Dent J**, v. 27, n. 6, p. 664-669, 2016.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; SILVA, E. J.; SOUZA, E.; BELLADONNA, F. G.; REIS, C.; MACHADO, A. S.; LOPES, R. T.; VERSIANI, M. A.; PACIORNIK, S.; NEVES, A. A. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. **J Endod**, v. 41, n. 5, p. 676-681, 2015.

DHINGRA, A.; RUHAL, N.; MIGLANI, A. Evaluation of single file systems Reciproc, OneShape, and WaveOne using cone beam computed tomography – an in vitro study. **J Clin Diagn Res**, v. 9, n. 4, p. 30-34, 2015.

EHSANI, M.; ZAHEDPASHA, S.; MOGHADAMNIA, A. A.; MIRJANI, J. An ex-vivo study on the shaping parameters of two nickel-titanium rotary systems compared with hand instruments. **Iran Endod J**, v. 6, n. 2, p. 74-79, 2011.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. **J Endod**, v. 40, n. 12, p. 2053-2056, 2014.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel-titanium rotary instruments. **Int Endod J**, v. 48, n. 9, p. 894-901, 2015.

FLORES, C. B.; MONTAGNER, F.; GOMES, B. P.; DOTTO, G. N.; da SILVA SCHMITZ, M. Comparative assessment of the effects of Gates-Glidden, Largo, LA-Axxess, and new brazilian drill CPdrill on coronal pre-enlargement: cone-beam computed tomographic analysis. **J Endod**, v. 40, n. 4, 2014.

FREIRE, L. G.; GAVINI, G.; BRANCO-BARLETTA, F.; SANCHES-CUNHA, R.; dos SANTOS, M. Microscopic computerized tomographic evaluation of root canal transportation prepared with twisted or ground nickel-titanium rotary instruments. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 112, n. 6, p. 143-148, 2011.

GAMBARINI, G.; GERGI, R.; NAAMAN, A.; OSTA, N.; AL SUDANI, D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. **Int Endod J**, v. 45, n. 9, p. 802-806, 2012.

GAMBARINI, G.; RUBINI, A. G.; AL SUDANI, D.; GERGI, R.; CULLA, A.; DE ANGELIS, F.; DI CARLO, S.; POMPA, G.; OSTA, N.; TESTARELLI, L. Influence of Different Angles of Reciprocation on the Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. **J Endod**, v. 38, n. 10, p. 1408-1411, 2012.

GARCÍA, M.; SINDREU, F.; MERCADE, M.; BUENO R.; ROIG M. A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments. **J Endod**, v. 38, n. 7, p. 990–992, 2012.

GERGI, R.; ARBAB-CHIRANI, R.; OSTA, N.; NAAMAN, A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by diferente kinematics Rotary nickel-titanium instruments. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1223-1227, 2014.

GERGI, R.; OSTA, N.; BOURBOUZE, G.; ZGHEIB, C.; ARBAB-CHIRANI, R.; NAAMAN, A. Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. **Int Endod J**, v. 48, n. 2, p. 162-170, 2015.

GUNDAPPA, M.; BANSAL, R.; KHORIYA, S.; MOHAN, R. Root canal centering ability of rotary cutting nickel titanium instruments: a meta-analysis. **J Conserv Dent**, v. 17, n. 6, p. 504-509, 2014.

GUTMANN, J. L.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. **Int Endod J**, v. 45, n. 2, p. 113-128, 2012.

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

JAIN, A.; ASRANI, H.; SINGHAL, A. C.; BHATIA, T. K.; SHARMA, V.; JAISWAL, P. Comparative evaluation of canal transportation, centering ability, and remaining dentin thickness between WaveOne and ProTaper rotary by using cone beam

computed tomography: an in vitro study. **J Conserv Dent**, v. 19, n. 5, p. 440-444, 2016.

JUNAID, A.; FREIRE, L. G.; da SILVEIRA BUENO, C. E.; MELLO, I.; CUNHA, R. S. Influence of single-file endodontics on apical transportation in curved root canals: an ex vivo micro-computed tomographic study. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 717-720, 2014.

KARATAS, E.; GÜNDÜZ, H. A.; KIRICI, D.O.; ARSLAN, H.; TOPÇU, M. Ç.; YETER, K. Y. Dentinal Crack Formation during Root Canal Preparations by the Twisted File Adaptive, ProTaper Next, ProTaperUniversal, and WaveOne Instruments. **J Endod**, v. 41, n. 2, p. 261-264, 2015.

KELES, A.; ALCIN, H.; KAMALAK, A.; VERSIANI, M. A. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. **Int Endod J**, v. 47, n. 12, p. 1177-1184, 2014.

KIRCHHOFF, A. L.; CHU, R.; MELLO, I.; GARZON, A. D.; dos SANTOS, M.; CUNHA, R. S. Glide path management with single- and multiple-instrument rotary systems in curved canals: a micro-computed tomographic study. **J Endod**, v. 41, n. 11, p. 1880-1883, 2015.

KUMAR, B. S.; PATTANSHETTY, S.; PRASAD, M.; SONI, S.; PATTANSHETTY, K. S.; PRASAD, S. An in-vitro evaluation of canal transportation and centering ability of two rotary nickel titanium systems (Twisted Files and Hyflex files) with conventional stainless steel hand k-flexofiles by using spiral computed tomography. **J Int Oral Health**, v. 5, n. 5, p. 108-115, 2013.

LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 710-716, 2014.

LIM, Y. J.; PARK, S. J.; KIM, H. C.; MIN, K. S. Comparison of the centering ability of WaveOne and Reciproc nickel-titanium instruments in simulate curved canals. **Restor Dent Endod**, v. 38, n. 1, p. 21-25, 2013.

LIU, W.; WU, B. Root canal surface strain and canal center transportation induced by 3 different nickel-titanium rotary instrument systems. **J Endod**, v. 42, n. 2, p. 299-303, 2016.

MANTRI, S. P.; KAPUR, R.; GUPTA, N. A.; KAPUR, C. A. Type III apical transportation of root canal. **Contemp Clin Dent**, v. 3, n. 1, p. 134-136, 2012.

MARCELIANO-ALVES, M. F.; SOUSA-NETO, M. D.; FIDEL, S.R.; STEIER, L.; ROBINSON, J. P.; PÉCORA, J. D.; VERSIANI, M. A. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. **Int Endod J**, v. 48, n.12, p. 1129-1136, 2015.

MARZOUK, A. M.; GHONEIM, A. G. Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems. **J Endod**, v. 39, n. 7, p. 906-909, 2013.

NAIR, P. N. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. **Int Endod J**, v. 39, n. 4, p. 249-281, 2006.

NEELAKANTAN, P.; REDDY, P.; GUTMANN, J. L. Cyclic fatigue of two different single files with varying kinematics in a simulated double-curved canal. **J Investig Clin Dent**, v. 7, n. 3, p. 272-277, 2016.

NEELAKANTAN, P.; SUBBARAO, C.; SUBBARAO, C. V. Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. **J Endod**, v. 36, n. 9, p. 1547-1551, 2010.

ORDINOLA-ZAPATA, R.; BRAMANTE, C. M.; DUARTE, M. A.; CAVENAGO, B. C.; JARAMILLO, D.; VERSIANI, M. A. Shaping ability of Reciproc and TF Adaptive systems in severely curved canals of rapid microCT-based prototyping molar replicas. **J Appl Oral Sci**, v. 22, n. 6, p. 509-515, 2014.

PALEKER, F.; VAN DER VYVER, P. J. Comparison of canal transportation and centering ability of k-files, ProGlider file, and G-Files: a micro-computed tomography study of curved root canals. **J Endod**, v. 42, n. 7, p. 1105-1109, 2016.

PAQUÉ, F.; BALMER, M.; ATTIN, T.; PETERS, O. A. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-tomography study. **J Endod**, v. 36, n. 4, p. 703-707, 2010.

PAQUÉ, F.; GANAHL, D.; PETERS, O. A. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1056-1059, 2009.

PAQUÉ, F.; ZEHNDER, M., DE-DEUS, G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. **J Endod**, v. 37, n. 10, p. 1394-1397, 2011.

PASQUALINI, D.; ALOVISI, M.; CEMENASCO, A.; MANCINI, L.; PAOLINO, D. S.; BIANCHI, C. C.; ROGGIA, A.; SCOTTI, N.; BERUTTI, E. Micro-computed tomography evaluation of ProTaper Next and BioRace shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. **J Endod**, v. 41, n. 10, p. 1706-1710, 2015.

PÉCORA, J. D.; CAPELLI, A.; GUERISOLI, D. M.; SPANÓ, J. C.; ESTRELA, C. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. **Int Endod J**, v. 38, n. 7, p. 430-435, 2005.

PEDULLÀ, E.; PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; AVAROTTI, G.; GAMBARINI, G.; RAPISARADA, E.; MANNOCCI, F. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. **Clin Oral Investig**, v. 20, n. 8, p. 2227-2233, 2016.

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.

PLOTINO, G.; RUBINI, A. G.; GRANDE, N. M.; TESTARELLI, L.; GAMBARINI, G. Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1228-1230, 2014.

PRUETT, J. P.; CLEMENT, D. J.; CARNES, D. L. Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. **J Endod**, v. 23, n. 2, p. 77-85, 1997.

RUBINI, A. G.; SANNINO, G.; PONGIONE, G.; TESTARELLI, L.; AL SUDANI, D.; JANTARAT, J.; DE LUCA, M.; GAMBARINI, G. Influence of file motion on cyclic fatigue of new nickel titanium instruments. **Ann Stomatol (Roma)**, v. 4, n. 1, p. 149-151, 2013.

RUDDLE, C. J.; MACHTOU, P.; WEST, J. D. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals. **Dent Today**, v. 33, n. 7, p. 118-123, 2014.

SABER, S. E.; NAGY, M. M.; SCHÄFER, E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int Endod J**, v. 48, n. 1, p. 109-114, 2015.

SABER, S. E.; SCHÄFER, E. Incidence of dentinal defects after preparation of severely curved root canals using the Reciproc single-file system with and without prior creation of a glide path. **Int Endod J**, v. 49, n. 11, p. 1057-1064, 2016.

SALEH, A. M.; VAKLI GILANI, P.; TAVANAFAR, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of 4 different single-file systems in simulated S-shaped canals. **J Endod**, v. 41, n. 4, p. 548-552, 2015.

SANTA-ROSA, J.; SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A.; NEVARES, G.; XAVIER, F.; ROMEIRO, K.; CASSIMIRO, M.; LEONI, G. B.; MENEZES, R. F. Shaping ability of single-file systems with different movements: a micro-computed tomographic study. **Iran Endod J**, v. 11, n. 3, p. 228-233

SCHÄFER, E.; BÜRKLEIN, S. Impact of nickel–titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review. **Odontology**, v. 100, p. 130–136, 2012.

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

SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Three-dimensional analysis of cutting behavior of nickel-titanium rotary instruments by microcomputed tomography. **J Endod**, v. 34, n. 5, p. 606-610, 2008.

SHEN, Y.; ZHOU, H. M.; ZHENG, Y. F.; PENG, B.; HAAPSALO, M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **J Endod**, v. 39, n. 2, p. 163-172, 2013.

SILVA, E. J. N. L., RODRIGUES, C., VIEIRA, V. T. L., BELLADONNA, F. G., DE-DEUS, G. AND LOPES, H. P. Bending resistance and cyclic fatigue of a new heat-treated reciprocating instrument. **Scanning**, v. 38, n. 6, p. 837–841, 2016.

SILVA, E. J. N. L.; VIEIRA, V. C. G.; TAMEIRÃO, M. D. N.; BELLADONNA, F. G.; NEVES, A. A.; SOUZA, E. M.; DE-DEUS, G. Quantitative transportation assessment in curved canals prepared with an off-centered rectangular design system. **Braz Oral Res**, v. 30, n. 1: e43, 2016.

SIQUEIRA, J. F. Jr.; RÔÇAS, I. N. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. **J Endod**, v. 34, n. 11, p. 1291-1301, 2008.

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.

TENNERT, C.; HERBERT, J.; ALTENBURGER, M. J.; WRBAS, K. T. The effect of cervical preflaring using different rotary nickel-titanium systems on the accuracy of apical file size determination. **J Endod**, v. 36, n. 10, 2010.

TÜRKER, S. A.; UZUNOGLU, E. Apical root canal transportation of different pathfinding systems and their effects on shaping ability of ProTaper Next. **J Clin Exp Dent**, v. 7, n. 3, p. 392-395, 2015.

VASCONCELOS, B.C.; BERNARDES, R.A.; DUARTE, M.A.H.; BRAMANTE, C.M.; MORAES, I.G. Apical of sealing of root canal filling performed with five different endodontic sealers: analysis by fluid filtration. **J Appl Oral Sci**, v.19, n. 4, p. 324-328, 2011.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. **Int Endod J**, v. 46, n. 9, p. 800-807, 2013.

VERSIANI, M.A.; LEONI, G.B.; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne and ProTaper universal systems. **J Endod.**, v. 39, n. 8, p. 1060-1066, 2013.

VERSIANI, M.A.; PASCON, E. 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.

WEST, J. D. The endodontic Glidepath: "Secret to Rotary safety". **Dent Today**, v. 29, n. 9, p. 86-93, 2010.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti Rotary instrument: preliminar observations. **Int Endod J.**, v. 41, n. 4, p. 339-344, 2008.

YOLDAS, O.; YILMAZ, S.; ATAKAN, G.; KUDEN, C.; KASAN, Z. Dentinal Microcrack Formation during Root Canal Preparations by Different NiTi Rotary Instruments and the Self-Adjusting File. **J Endod**, v. 38, n. 2, p. 232-235, 2012.

ZANETTE, F.; GRAZZIOTIN-SOARES, R.; FLORES, M. E; CAMARGO FONTANELLA, V.R.; GAVINI, G.; BARLETTA, F.B. Apical root canal transportation and remaining dentin thickness associated with ProTaper Universal with and without PathFile. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 688-693, 2014.

ZHANG, W.; LI, Z.; PENG, B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. **Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio and Endod**, v. 107, n. 6, p. 107:e79-82, 2009.

ZHAO, D.; SHEN, Y.; PENG, B.; HAAPASALO, M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. **J Endod**, v. 39, n. 3, p. 385-388, 2013.

Apêndices

Apêndice A. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores antes (A) e após (B) o preparo biomecânico com o Sistema Twisted-File Adaptive. A cor verde indica as áreas não-instrumentadas dos canais, enquanto a cor vermelha representa as áreas instrumentadas.

Apêndice B. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores antes (A) e após (B) o preparo biomecânico com o Sistema Reciproc. A cor verde indica as áreas não-instrumentadas dos canais, enquanto a cor vermelha representa as áreas instrumentadas.

Apêndice C. Modelos tridimensionais dos sistemas de canais radiculares da raiz mesial de molares inferiores antes (A) e após (B) o preparo biomecânico com o Sistema OneShape. A cor verde indica as áreas não-instrumentadas dos canais, enquanto a cor vermelha representa as áreas instrumentadas.

Anexos

Anexo 1. Documento de aprovação do projeto de pesquisa no Comitê de Ética em Pesquisa da FORP-USP.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. CEP 061/2016

Ribeirão Preto, 28 de abril de 2016.

Processo nº 2010.1.1478.58.5

Senhor Pesquisador,

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 191ª Sessão, realizada em 28/04/2016, **aprovou** o Relatório Final do Projeto de Pesquisa envolvendo seres humanos intitulado **"Análise bi e tridimensional das alterações morfológicas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas severas preparadas por diferentes sistemas mecanizados. Estudo por microtomografia computadorizada"**.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Simone Cecílio Hallak Regalo
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilmo. Sr.

PG. Luís Eduardo Souza Flamini (Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho)
Departamento de Odontologia Restauradora
FORP/USP

./rcq

3232020-58 12/04/2016 11:39

Anexo 2. Detalhes dos parâmetros de aquisição das imagens microtomográficas.

[Acquisition]

Data Directory=C:\Users\SkyScan\Desktop\Luis Eduardo\MI 10\Final

Filename Prefix=MI_10_RC_

Number Of Files= 188

Number Of Rows= 1024

Number Of Columns= 1004

Partial Width= 77%

Image crop origin X= 150

Image crop origin Y=0

Camera binning=1x1

Image Rotation=359.8200

Gantry direction=CC

Optical Axis (line)= 512

Object to Source (mm)=226.60

Camera to Source (mm)=266.50

Source Voltage (kV)= 50

Source Current (uA)= 800

Image Pixel Size (um)=22.89

Scaled Image Pixel Size (um)=22.893000

Image Format=TIFF

Depth (bits)=16

Screen LUT=0

Exposure (ms)=12500

Rotation Step (deg)=1.000

Use 360 Rotation=NO

FlatField Update=NO

Scanning position=1.988 mm

Flat Field Correction=ON

Frame Averaging=ON (1)

Sharpening (%)=40

Random Movement=OFF

Geometrical Correction=ON

Filter=0.5mm Al

Rotation Direction=CC

Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT

Scanning Trajectory=ROUND

Number of connected scans=1

Anexo 3. Detalhes dos parâmetros de reconstrução das secções transversais das imagens microtomográficas.

[Reconstruction]

Reconstruction Program=NRcon
 Program Version=Version: 1.6.6.0
 Program Home Directory=C:\SkyScan1174ver2
 Reconstruction engine=NRconServer
 Engine version=Version: 1.6.6
 Reconstruction from batch=Yes
 Reconstruction servers= DOR-LABPECORA02
 Option for additional F4F float format=OFF
 Reconstruction mode=Standard
 Dataset Origin=SkyScan1174v2
 Dataset Prefix=MI_10_RC_
 Dataset Directory=E:\MicroCT\Luis Eduardo\Reciprocal\MI 10\Final
 Output Directory=E:\MicroCT\Luis Eduardo\Reciprocal\MI 10\Final\MI_10_RC_Rec
 First Section=25
 Last Section=997
 Reconstruction duration per slice (seconds)=0.251799
 Total reconstruction time (973 slices) in seconds=245.000000
 Postalignment=-1.00
 Section to Section Step=1
 Sections Count=973
 Result File Type=BMP
 Result File Header Length (bytes)=1134
 Result Image Width (pixels)=704
 Result Image Height (pixels)=704
 Pixel Size (um)=22.89300
 Reconstruction Angular Range (deg)=188.00
 Use 180+=OFF
 Angular Step (deg)=1.0000
 Smoothing=5
 Smoothing kernel=2 (Gaussian)
 Ring Artifact Correction=5
 Draw Scales=OFF
 Object Bigger than FOV=OFF
 Reconstruction from ROI=ON
 ROI Top (pixels)=782; ROI Bottom (pixels)=77; ROI Left (pixels)=222; ROI Right (pixels)=927; ROI reference length=1004
 Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
 Filter type=0
 Filter type meaning(1)=0: Hamming (Ramp in case of optical scanner); 1: Hann; 2: Ramp; 3: Almost Ramp;
 Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, alpha=(iFilter-100)/100
 Undersampling factor=1
 Threshold for defect pixel mask (%)=0
 Beam Hardening Correction (%)=51
 CS Static Rotation (deg)=0.00
 Minimum for CS to Image Conversion=0.003000
 Maximum for CS to Image Conversion=0.150000
 HU Calibration=OFF
 BMP LUT=0
 Cone-beam Angle Horiz.(deg)=5.806671
 Cone-beam Angle Vert.(deg)=5.922138