

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

GABRIELA GONÇALEZ PIAI

**Avaliação do comportamento mecânico do Reciproc Blue frente a
diferentes anatomias e temperaturas**

**Evaluation of the mechanical behavior of Reciproc Blue against
different anatomies and temperatures**

BAURU
2020

GABRIELA GONÇALEZ PIAI

Avaliação do comportamento mecânico do Reciproc Blue frente a diferentes anatomias e temperaturas

Evaluation of the mechanical behavior of Reciproc Blue against different anatomies and temperatures

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

Versão Corrigida

BAURU

2020

Piai, Gabriela Gonzalez

Avaliação do comportamento mecânico do Reciproc
Blue frente a diferentes anatomias e temperaturas /
Gabriela Gonzalez Piai – Bauru, 2020.

70p. : il. ; 31cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de
Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

Nota: A versão original desta dissertação encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha família, que sempre me incentivou a estudar e ser uma pessoa melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para realização da presente pesquisa.

À Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB-USP), na pessoa do diretor Prof. Dr. Carlos Ferreira dos Santos e do vice-diretor Prof. Dr. Guilherme dos Reis Pereira Janson.

Agradeço a Deus por seus planos maravilhosos e por eu ser uma pessoa tão abençoada. Graças a Ele estou aqui hoje finalizando meu mestrado. Obrigada papai do céu!

Obrigada família (Amaury Cibantos Piai, Ilza L. P. G. Piai e Amaury Piai) por estarem sempre presentes, me incentivando, apoiando, me dando tudo o que tinham e o que não tinham para meu conforto, para que eu me dedicasse exclusivamente aos meus estudos. Estou aqui hoje porque vocês me proporcionaram isso. Obrigada pai e mãe por esta oportunidade! Amo muito vocês! Serei eternamente grata por isso!

Gostaria de agradecer uma pessoa especial, que participou de pertinho, que viveu o dia a dia do mestrado comigo, todas as minhas angústias, que me viu vencer, mas também me viu cair. Obrigada Yan Cortez, meu amor! Você fez tudo ser mais leve! Mesmo nos dias mais difíceis você estava lá, sempre me esperando no fim do dia com um sorriso no rosto e os braços abertos para um abraço que me trazia paz, independente do que havia acontecido no meu dia. E nos dias de alegrias, vitórias, conquistas, você também estava lá, feliz com a minha felicidade e sempre pronto para comemorar comigo! Você é especial, tem um coração enorme e ainda bem que eu conquistei um pedacinho dele! Te amo! Obrigada por estar sempre presente!

Agradeço aos meus amigos de turma do mestrado Pedro Calefi, Jéssica Coelho, Evelyn Espedilla e Roberto Osaki pelo companheirismo desses anos, por compartilharmos tanto aprendizado e novas experiências que marcaram nossas vidas. Em especial quero agradecer a Jéssica Coelho, que é uma mulher de luz. Obrigada por todas as palavras positivas, que confortaram meus dias mais escuros. Parece que nos dias difíceis você sempre aparecia com um abraço, uma palavra amiga, um ânimo pra vida. É Deus colocando a mão no nosso caminho. Obrigada por tudo que me ensinou, por toda calma transmitida, pela sua educação. Você é incrível e merece o mundo de coisas boas! Estarei sempre aqui para o que precisar!

Agradeço ao meu amigo Pedro Calefi, colega de turma, de mestrado, dupla de especialização e de vida. Amigo, sou muito feliz de ter você por perto, de crescermos juntos. E isso é só o começo. Que nós possamos estar sempre juntos, um apoiando o outro para irmos longe e conquistarmos tudo o que desejamos. Obrigada por sempre dividir as raivas da pós-graduação comigo, ouvir meus desabafos e me dar conselhos, mesmo que com seu mal humor matinal. Amo você amigo!

Conheci muitas pessoas boas na pós-graduação, pessoas positivas, alegres, de alma boa, sempre dispostas a ajudar. Obrigada Letícia Conti, Vanessa Marques, Flávia Vivacqua, Victor Cruz, Renan Furlan, Arthur Lemos, Clarissa Telles, Maricel Cuellar, Talita Tartari por toda atenção e ajuda. Também fiz amigos, como Gabryella Nascimento, Ericson de Camargo, Pedro Titato, German Diaz, Gislene Vertuan, Glaucia Beatriz, Paulo Jara, Larissa Borges, Marcelo Pomini, Rafaela Zancan, Renato Piai, Samila Monteiro, e agradeço a Deus por ter conhecido vocês.

Obrigada Jussaro Duque, por me dar a oportunidade de participar da sua pesquisa de doutorado. Foram meses difíceis pra mim, mas que eu aprendi muito, não somente sobre pesquisa, mas também sobre relacionamentos. Aprendi que cada pessoa tem um perfil e uma personalidade diferente, e que para me relacionar bem e aproveitar o que cada um têm de melhor eu tenho que saber lidar com essas diferenças. Gratidão por ter tido essa experiência de pesquisa e de vida no meu mestrado.

Durante esses anos do mestrado conheci também duas pessoas iluminadas que não sei como não havia me aproximado antes. Essas duas me fizeram rir nos momentos mais desesperadores do mestrado. Elas me chamavam pra beber nos dias que eu tinha mais coisas para fazer. Mas foi graças a elas que eu quebrava minha rotina, distraía, tirava o foco, descansava e acordava no outro dia mais calma, com os pensamentos organizados para resolver o que não estava dando certo. Obrigada amigas Fernanda Tognolo e Giulia Murcia, vocês são incríveis e eu amo muito vocês!

Agradeço aos meus amigos da amada turma LIII (Letícia Pereira - minha eterna duplinha, Thainara Crepaldi, Fernanda Bettiol, Ana Carolina Haiter, Gabriela Rando, Amanda Fernandes, Melissa Chacon, Juliana David, Thais Yumi, Beatriz Gomes, Vitor Higa, Pedro Calefi, Matheus Medeiros, Rafael Cavallieri, Guilherme Espíndola, Murilo Manoel, Juliano Cachapuz, Renan Jhordan). Eu não sei dizer o quanto vocês me fazem bem, o quanto sou feliz quando estou com vocês, vocês extraem a melhor parte de mim. Sou tão eu pertinho de vocês que isso me emociona, me alegra e me enche de amor. Não tenho dúvidas que vocês são pra sempre em minha vida. Obrigada por todos os encontros, conversas jogadas fora, por todos os momentos felizes que vivemos juntos. Obrigada por mesmo de longe (alguns) se fazerem presente nesses anos. Eu amo muito vocês!

Fiz muitos amigos da turma LV, graças ao meu namorado. Sempre me senti muito querida e amada por vocês, muito obrigada por me acolherem tão bem. Me sinto parte dessa turma linda e querida. Vocês são demais. Obrigada por todos os momentos que passamos juntos nesses anos, vocês estavam presentes no meu dia a dia e isso me confortava muito. Amo vocês amigos!

Turma LVII, obrigada por confiarem em mim, por me permitirem ensinar cada dia um pouquinho do que sei para vocês e acreditem, quem aprendeu muito fui eu. Vocês foram a primeira turma com quem tive o contato como pós-graduanda e foi quando eu me apaixonei por ensinar. Sou muito grata por ter tido essa oportunidade com vocês. Criei um carinho enorme por essa turma. Vocês estarão pra sempre em meu coração!

Agradeço as minhas duas orientadas Giovanna Demarquis e Ana Giulia Paccola, coincidentemente da querida turma LVII, por acreditarem em mim. Vocês são muito especiais pra mim. Foram minhas primeiras orientadas também, com quem aprendo todos os dias e eu fui premiada com duas pessoas inteligentes e pacientes. Obrigada pela paciência e confiança em mim! Acreditem em vocês! Vocês vão longe!

Muito obrigada Prof. Murilo Alcalde, por toda ajuda de sempre. Desde quando entrei no mestrado você me ensinou muito sobre pesquisa, desde as coisas mais simples, como montar um painel, até as mais complexas como mexer no microCT. Obrigada por disponibilizar um pouco do seu tempo para me ensinar, muita coisa do que sei hoje devo a você!

Obrigada Prof. Marco Antonio Hungaro Duarte por ser um exemplo de pessoa e profissional para nós. Você é motivo de orgulho e inspiração para os pós-graduandos da FOB. Tê-lo como professor é uma honra. Agradeço toda ajuda, atenção, ensinamentos e disponibilidade. Sou muito grata por ter tido o privilégio de conviver com uma pessoa tão grandiosa e ao mesmo tempo humilde como você.

Não poderia deixar de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan, que sempre esteve presente, disponível para conversas, desabafos e conselhos, independente de qual fosse o assunto. Obrigada por todo apoio! Obrigada por achar solução quando eu achava que não tinha mais jeito e ia ter que começar tudo de novo. Independente de qualquer coisa eu sempre soube que você estaria lá, na sua sala, pronto pra ajudar. E isso me confortava muito. Essa sua proximidade, acessibilidade com os alunos te faz um professor diferenciado. Você é um exemplo para todos nós! Sou muito grata por ter sido sua orientada! Obrigada!

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento mecânico do Reciproc Blue R25 (VDW, Munich, Alemanha) frente a diferentes anatomias e temperaturas. Quarenta e oito molares inferiores foram selecionados, escaneados via microCT e padronizados. Os canais mesiais foram classificados seguindo o proposto por Ahmed et al 2017. Foram utilizadas as siglas MI (molar inferior) e Rm (raiz mesial) para todos os dentes variando apenas os expoentes referentes as quantidades de embocaduras, canais e forames. Foram utilizados os dentes classificados como MIRm¹⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻¹⁻¹, MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻². Estes foram divididos em 2 grupos: temperatura ambiente (20°C) e corporal (37°C). Utilizou-se 16 instrumentos Reciproc Blue 25.08 e 2ml de hipoclorito de sódio 1% a cada inserção do instrumento. Os dentes foram novamente escaneados e verificou-se a porcentagem (%) de: aumento de volume, superfície não tocada e remoção de dentina nas paredes mesiais e distal. Além da análise do transporte e capacidade de centralização. Foi realizado o teste torsional nos instrumentos e estes analisados em MEV. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificação da normalidade entre as amostras. O teste Kruskal-Wallis seguido do teste Dunn foram aplicados para a análise da qualidade do preparo nas diferentes anatomias; e o teste t foi aplicado para as análises da qualidade do preparo e resistência torsional nas diferentes temperaturas de instrumentação. O nível de significância adotado foi de 5%. Tendo como variável a anatomia, o menor aumento de volume e a maior quantidade de superfície não tocada ocorreu no MIRm¹⁻¹⁻¹. A maior porcentagem de remoção de dentina em todos os grupos foi para distal, no terço cervical. Não houve diferença estatística com relação ao transporte e centralização. Com relação a temperatura, não houve diferença estatística no aumento do volume e superfície não tocada. O grupo da temperatura ambiente teve a maior quantidade de remoção de dentina para distal no terço cervical, assim como o maior transporte nesta região. Já o grupo da temperatura corporal apresentou maior centralização do preparo no terço cervical. A deflexão angular foi maior na temperatura ambiente. Conclui-se que a anatomia e a temperatura influenciam na qualidade do preparo, além da temperatura interferir na deflexão angular.

Palavras chave: Anatomia, Fadiga, Temperatura corporal

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the mechanical behavior of the Reciproc Blue R25 (VDW, Munich, Germany) against different anatomies and temperatures. Forty-eight lower molars were selected, scanned by microCT and standardized. The mesial canals were classified according to what was proposed by Ahmed et al 2017. The acronyms MI (lower molar) and Rm (mesial root) were used for all teeth, varying only the exponents referring to the amounts of orifices, canals and foramina. Teeth classified as MIRm¹⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻¹⁻¹, MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻² were used. These were divided into 2 groups: room temperature (20°C) and body temperature (37°C). Sixteen Reciproc Blue 25.08 instruments and 2ml of 1% sodium hypochlorite were used for each instrument insertion. The teeth were again scanned and the percentage (%) of: increased volume, untouched surface and dentin removal on the mesial and distal walls was verified. In addition to the analysis of transport and centralization capacity. The torsional test was performed on the instruments and they were analyzed using SEM. The Shapiro-Wilk test was used to verify normality between samples. The Kruskal-Wallis test followed by the Dunn test were applied to analyze the quality of the preparation in the different anatomies; and the t-test was applied to analyze the preparation quality and torsional strength at different instrumentation temperatures. The level of significance adopted was 5%. With anatomy as a variable, the smallest volume increase and the largest amount of untouched surface occurred in MIRm¹⁻¹⁻¹. The highest percentage of dentin removal in all groups was for distal, in the cervical third. There was no statistical difference regarding transport and centralization. Regarding temperature, there was no statistical difference in volume increase and untouched surface. The room temperature group had the greatest amount of dentin removal to distal in the cervical third, as well as the greatest transport in this region. The body temperature group, on the other hand, showed greater centralization of the preparation in the cervical third. Angular deflection was greater at room temperature. It is concluded that anatomy and temperature influence the quality of the preparation, in addition to the temperature interfering with angular deflection.

Key words: Anatomy, Fatigue, Body temperature

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	ARTIGOS.....	17
2.1	ARTIGO 1	17
2.2	ARTIGO 2	29
3	DISCUSSÃO.....	43
4	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICES	67

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo da terapia endodôntica é prevenir ou curar a periodontite apical (1). Porém, os procedimentos de limpeza e modelagem são diretamente afetados pela complexidade anatômica (2,3) do sistema de canais radiculares. Características anatômicas como número de canais, curvaturas, formato e posição do forame apical, ramificações (4) e alterações devem ser reconhecidas e analisadas pelo clínico para o melhor planejamento e execução do preparo dos canais radiculares (5-10).

A presença de istmos na raiz mesial de molares inferiores é muito comum (11,12). Cerca de 85% dos molares inferiores apresentam istmos nos 5mm apicais da raiz mesial (13). O conhecimento da presença de istmos e canais acessórios aumentam as chances de sucesso do tratamento endodôntico (14). Essas estruturas são normalmente regiões de acúmulo de bactérias e tecido pulpar necrótico, podendo ser a causa do insucesso do tratamento endodôntico (15). Por isso a importância do conhecimento das variações anatômicas para o sucesso do tratamento (16).

A morfologia e configuração dos canais radiculares foram inicialmente classificadas por Weine et al. (17), Pineda e Kuttler (18) e Vertucci (16). O primeiro molar inferior apresenta-se tipicamente com 2 raízes bem definidas; uma raiz mesial caracterizada por uma superfície mesio-distal achatada e uma superfície vestibulo-lingual mais ampla, e uma raiz distal normalmente reta com um canal achatado ou 2 canais circulares. A raiz mesial é comum apresentar 1 canal mesio-vestibular e 1 canal mesio-lingual. Entretanto, diversidades anatômicas como maior número de canais, canais laterais, ramificações e istmos têm sido relatadas na literatura (19).

Em 2017 foi proposta por Ahmed et al uma nova classificação anatômica para os dentes. Esta classificação é dividida em: dentes com uma raiz, duas raízes ou multirradiculares. O primeiro número é referente ao dente em questão, depois coloca-se a sigla da raiz a qual está sendo analisada e, por fim, os expoentes na sigla da raiz referentes a quantidade de orifícios, embocaduras e forames existentes, nesta ordem (20).

A micro tomografia computadorizada (microCT) tem sido bastante utilizada nas pesquisas *in vitro* em endodontia. Ela reproduz imagens 3D da anatomia dos canais radiculares, é uma tecnologia não destrutiva, e por isso permite avaliar os canais radiculares em diferentes momentos do tratamento endodôntico (21,22).

Na tentativa de superar as dificuldades encontradas durante o tratamento do sistema de canais radiculares, especialmente no processo de sanificação e modelagem das complexidades anatômicas, novos recursos tecnológicos têm sido incorporados à pesquisa endodôntica (6). Habitualmente, esse processo de descontaminação é realizado por meios mecânicos através dos instrumentos de aço inoxidável ou níquel-titânio (NiTi), e meios físicos e químicos por meio da agitação das soluções irrigadoras.

O advento dos instrumentos de NiTi foi um grande marco na endodontia (23). Estes instrumentos trouxeram muitas vantagens como menor tempo de trabalho, melhor eficiência de corte e capacidade de centralização comparado com o aço inoxidável (24,25). Entretanto, eles apresentam possibilidade de fraturar durante o uso (26).

A fratura dos instrumentos de NiTi pode ser causada por fadiga cíclica ou torsional. A primeira, ocorre quando o instrumento se encontra em uma curvatura e é submetido a compressões e tensões no ponto máximo da flexão (27). A segunda, é quando o instrumento se prende em algum ponto de estreitamento do canal e a peça de mão continua sua rotação até ultrapassar o limite elástico do material (24).

A liga de NiTi possui três fases diferentes de acordo com sua microestrutura: austenita, martensita e fase R (28). Essas fases podem sofrer modificações de acordo com a tensão exercida sobre o instrumento e a mudança de temperatura. Os tratamentos termomecânicos podem manter a liga na fase martensita, fase R ou forma mista, alterando a temperatura de transformação e, conseqüentemente, alterando as características da liga (28,29). Estudos têm demonstrado comportamentos de fadiga diferentes entre instrumentos quando testados em diversas temperaturas. As ligas martensíticas têm-se apresentado mais resistentes a fadiga do que instrumentos austeníticos em temperatura ambiente (30,31).

Em busca de minimizar os riscos de fratura, tem sido proposto mudanças nos instrumentos como: design, liga de NiTi e cinemática (24,32,33,34). Em 2011, surgiu a liga Blue, nomeada de acordo com sua coloração azul, resultado da oxidação do processo de aquecimento e resfriamento induzido na superfície do instrumento (32). Essa liga possui efeito de memória de forma controlado, é mais flexível e possui maior resistência a fadiga do que os instrumentos M-Wire e NiTi convencional (32), o que pode ser atribuído ao seu estado martensítico (35,36).

O Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) é um instrumento com tratamento térmico blue, e conseqüentemente com as características descritas anteriormente. Há muitos resultados pertinentes na literatura, como o descrito no estudo de Plotino et al (2018), no qual o Reciproc Blue apresentou melhor resistência a fadiga cíclica do que o Reciproc independente da temperatura. Além disso, o estudo deixa claro que a temperatura influencia nas propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi (37).

Entretanto, o comportamento do instrumento frente a diferentes situações anatômicas, ainda não foi estudado. Outro fator, é que na totalidade dos estudos, os dentes são instrumentados em temperatura ambiente, o que poderia alterar os resultados. Diante disso, fica evidente a necessidade de uma pesquisa para elucidar essas dúvidas.

Portanto, o objetivo do presente estudo é avaliar o comportamento mecânico do instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) frente a diferentes anatomias e temperaturas. As hipóteses nulas são: (a) a capacidade de modelagem e segurança durante o preparo com Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) em anatomias complexas de mesiais de molares inferiores é semelhante; (b) não há diferença no comportamento mecânico do Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) nas diferentes temperaturas.

2 ARTIGOS

2 ARTIGOS

2.1 ARTIGO 1

O efeito do perfil anatômico em raiz mesial de molar inferior na modelagem e segurança do preparo com Reciproc Blue

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade de modelagem e segurança durante o preparo com Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) em anatomias complexas de mesiais de molares inferiores. Quarenta e oito molares inferiores foram selecionados, escaneados via microCT e padronizados. Os canais mesiais foram classificados seguindo o proposto por Ahmed et al 2017. Foram utilizadas as siglas MI (molar inferior) e Rm (raiz mesial) para todos os dentes variando apenas os expoentes referentes as quantidades de embocaduras, canais e forames. Foram utilizados os dentes classificados como MIRm¹⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻¹⁻¹, MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻². Para a instrumentação foram utilizados 16 instrumentos Reciproc Blue 25.08 e 2ml de hipoclorito de sódio 1% por meio de irrigação convencional a cada inserção do instrumento. Os dentes foram novamente escaneados e verificou-se a porcentagem (%) de: aumento de volume, superfície não tocada e remoção de dentina nas paredes mesiais e distal. Além da análise do transporte e capacidade de centralização. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificação da normalidade entre as amostras. O teste Kruskal-Wallis seguido do teste Dunn foram aplicados para a análise da qualidade do preparo nas diferentes anatomias. O nível de significância adotado foi de 5%. O menor aumento de volume e a maior quantidade de superfície não tocada ocorreu no grupo MIRm¹⁻¹⁻¹. A maior porcentagem de remoção de dentina em todos os grupos foi para distal, no terço cervical. Não houve diferença estatística com relação ao transporte e centralização. Conclui-se que a variação da anatomia de raízes mesiais de molares inferiores foi um fator decisivo na qualidade do preparo com o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha).

Palavras chave: Anatomia

Introdução

O objetivo principal do tratamento endodôntico é prevenir ou curar a periodontite apical (1). Porém, os procedimentos de limpeza e modelagem dos condutos são diretamente afetados pela complexidade anatômica do sistema de canais radiculares (16). A presença de ramificações, istmos, canais laterais/acessórios podem servir como local para manutenção de microrganismos. Ao mesmo tempo, sabe-se que em torno de 35% das paredes dos canais radiculares não são tocadas por qualquer instrumento. A associação destes fatores pode resultar no insucesso do tratamento endodôntico (1).

Sabe-se que a raiz mesial dos molares inferiores têm anatomia complexa podendo apresentar 3 canais, istmos ao longo da raiz, ramificações, canais laterais, canal em C, dentre outras diversidades anatômicas já relatadas na literatura (20,22). Estas complexidades encontradas na raiz mesial dos molares inferiores dificulta a realização do tratamento endodôntico, diminuindo a previsibilidade clínica (38).

O sucesso do tratamento endodôntico depende de muitos fatores, incluindo a preservação da anatomia original dos canais radiculares. Para isso, tem ocorrido melhorias no processo de fabricação dos instrumentos de níquel-titânio NiTi (39). Os tratamentos térmicos aumentam a resistência a fadiga cíclica e torsional dos instrumentos endodônticos fazendo com que possam ser usados em canais curvos sem desviar a trajetória original do canal (28,29).

O Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) é um instrumento de NiTi com tratamento térmico blue, resultado do aquecimento e resfriamento desta liga. Esse instrumento apresenta boas propriedades mecânicas, incluindo efeito de memória de forma controlado, flexibilidade e alta resistência a fadiga cíclica e torsional (32,35,36).

Existem muitos estudos na literatura sobre o comportamento do Reciproc Blue durante a instrumentação, porém estes estudos são, em sua maioria, realizados em canais artificiais (40,41). Sabe-se que o comportamento do instrumento diretamente em contato com a dentina é diferente e, portanto, se faz necessário estudos em dentes humanos extraídos.

Diante da grande variação anatômica existente e sendo o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) um instrumento muito estudado e difundido pelo mundo, torna-se necessário conhecer o comportamento desse instrumento de NiTi frente as diferentes situações anatômicas encontradas na clínica. Portanto, o objetivo do presente estudo

foi avaliar a capacidade de modelagem e segurança durante o preparo com Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) em anatomias complexas de mesiais de molares inferiores. A hipótese nula é de que não haverá diferença na qualidade do preparo nas diversas anatomias.

Metodologia

Para o cálculo da amostra, foi utilizado o G * Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf) e o teste de Wilcoxon-Mann Whitney da família de testes T foi selecionado. Os dados de um estudo anterior avaliaram a preparação do canal radicular que utilizava molares inferiores (Belladonna et al 2018) e o tamanho do efeito no presente estudo foi estabelecido ($= 1,20$). O erro do tipo alfa de 0,05, o poder beta de 0,80 e a razão $N2 / N1$ de 1 também foram estipulados (42). Um total de 10 amostras por grupo foi indicado como o tamanho ideal necessário para observar diferenças significativas. Foram utilizadas 12 amostras, considerando 20% de risco de perda da amostra.

Anteriormente à realização do presente estudo, este foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos da Faculdade de Odontologia de Bauru (CAAE: 18006919.8.0000.5417). Foram selecionados 120 primeiros e segundos molares inferiores humanos extraídos. Como critério de inclusão, todos os dentes eleitos tinham ápice completo. Estes foram armazenados em solução de timol a 0,1%.

Para classificar os dentes de acordo com Ahmed et al (2017) estes foram digitalizados utilizando um sistema de micro tomografia computadorizada (microCT) de alta definição (SkyScan 1174v2; Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) com os seguintes parâmetros: 19 μ m tamanho de voxel, 50 kV, 800 mA, passo de rotação de 360°, rotação de tamanho de 0,8 de passo e resolução de 1024 1304. Imagens de sombra foram reconstruídas com software NRecon v.1.6.3 (Bruker-microCT) e salvas em seções axiais no formato BMP (20).

Com o software CTan (Bruker-microCT) foi medido o comprimento da raiz mesial (do ápice radicular até a junção cimento-esmalte) de cada dente e o volume dos canais mesiais. O grau de curvatura da raiz mesial foi calculado modificando a técnica utilizada por Schneider, traçando uma linha da embocadura do conduto seguindo o eixo deste, até a linha sair do conduto. Então, outra linha foi traçada do

forame apical até encontrar o último ponto da primeira linha que permaneceu dentro do conduto. O ângulo obtido da intersecção dessas linhas era o grau de curvatura da raiz. Para esta análise foi utilizado o software DataViewer (Bruker-micro CT Kontich, Belgium) e ImageJ (National Institute of Health, Bethesda, Maryland, EUA).

Somente os dentes sem diferença estatística significativa com relação ao comprimento da raiz mesial, volume dos canais mesiais e grau de curvatura da raiz mesial foram utilizados. Segundo Schneider, as amostras utilizadas apresentaram grau de curvatura severa (média 33,82°). Além disso, foram feitas imagens 3D de todos os dentes para classificação segundo Ahmed et al (2017) através do software CTVol v.2.2.1 (Bruker-micro CT Kontich, Belgium) (Figura 1).

Foi realizada uma pequena modificação na classificação: ao invés de colocar o número do dente, estes foram padronizados como MI (molar inferior) e a raiz padronizada como Rm (raiz mesial), pois apenas esta raiz foi utilizada no estudo. Então, as raízes mesiais dos molares inferiores selecionadas para a pesquisa foram as classificadas como MIRm¹⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻¹⁻¹, MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻². Após as padronizações acima descritas, 48 dentes foram selecionados e divididos em 4 grupos (n=12): Grupo MIRm¹⁻¹⁻¹; Grupo MIRm²⁻²⁻¹⁻¹; Grupo MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹; Grupo MIRm²⁻²⁻² (35).

Procedimentos de acesso coronário convencional foram realizados. Foi atingida patência nos canais mesiais com uma lima K10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Com esta mesma lima foi estabelecido o comprimento de trabalho (CT). Quando se observava o instrumento através do forame apical recuava-se 1mm para obter o CT. Dezesesseis novos instrumentos Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) R25 com conicidade 0.08 foram selecionados para instrumentar os condutos mesiais dos dentes. A instrumentação foi realizada por meio de um motor VDW Silver (VDW, Munich, Alemanha) de acordo com as recomendações do fabricante, utilizando a função "Reciproc All". O instrumento era inserido até sentir resistência, fazia-se 3 movimentos de entrada e saída com leve pressão apical, retirava o instrumento, limpava-o, irrigava o conduto e então repetia o procedimento até atingir o CT.

Uma solução de hipoclorito de sódio a 1% (Rioquímica) foi utilizada durante os procedimentos de irrigação antes, durante e após a instrumentação, utilizando 2 mL para cada inserção do instrumento. O método de irrigação utilizado foi o convencional. Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados pelo mesmo operador. Os dentes foram digitalizados novamente usando os parâmetros descritos

anteriormente e reconstruídos. Foi feito o alinhamento através do software DataViewer (Bruker-micro CT Kontich, Belgium) dos dentes pré e pós instrumentação para deixá-los na mesma posição e não ocorrer interferências nas análises.

Para mensurar o transporte do canal foi utilizada a fórmula de Gambill: $(X1 - X2) - (Y1 - Y2)$, onde X1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção mesial; X2 é a mesma medida de X1, mas para distal; Y1 é a menor distância da borda do canal preparado até a periferia da raiz em direção mesial; Y2 é a mesma medida de Y1, mas para distal. O resultado 0 indica que não houve transporte do canal, números positivos indicam que o transporte ocorreu para mesial e números negativos indicam transporte para distal (43).

Para mensurar a capacidade de centralização também foi utilizada a fórmula de Gambill: $(X1 - X2)/(Y1 - Y2)$. Onde X1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção mesial; X2 é a mesma medida de X1, mas no conduto preparado; Y1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção distal; Y2 é a mesma medida de Y1, mas no conduto preparado. O resultado 1 significa centralização perfeita (43).

Foram calculados os dados de porcentagem (%) de aumento do volume do canal, e superfície não tocada (total, terços cervical, médio e apical). Além disso, foi calculada a porcentagem (%) de espessura de dentina na parede mesial e distal, o transporte do canal e a capacidade de centralização do preparo nos terços apical, médio e cervical. Os terços foram padronizados a 3mm, 5mm e 7mm do ápice radicular, sendo estes: terço apical, médio e cervical, respectivamente.

O teste Shapiro-Wilk foi realizado para verificar normalidade entre os espécimes. Diante de uma distribuição não normal utilizou-se o teste Kruskal-Wallis seguido do teste Dunn. O nível de significância foi de 5%.

Resultados

A porcentagem (%) de aumento do volume do canal apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado a totalidade e os terços médio e cervical ($p < 0.05$). Em todas estas análises o menor aumento de volume ocorreu no grupo MIRm¹⁻¹⁻¹ seguido pelo grupo MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹. No terço apical não houve diferença estatística entre os grupos ($p > 0.05$) (Tabela 1).

Com relação a porcentagem (%) de superfície não tocada do canal houve diferença estatística quando comparado a totalidade e os terços médio e cervical ($p < 0.05$). Em todas estas análises o grupo com maior superfície não tocada foi o MIRm¹⁻¹⁻¹ seguido do grupo MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹. No terço apical não houve diferença entre os grupos ($p > 0.05$) (Tabela 1).

A porcentagem (%) de remoção de dentina nas paredes mesial e distal do canal nos terços apical, médio e cervical teve diferença estatística apenas quando comparado a parede distal do terço cervical, sendo a maior quantidade de remoção de dentina no grupo MIRm²⁻²⁻¹⁻¹ ($p < 0.05$) (Tabela 1).

Os dados obtidos relacionados ao transporte do canal e capacidade de centralização não mostrou diferença estatisticamente significativa entre as diferentes anatomias, nos terços apical, médio e cervical ($p > 0.05$) (Tabela 2).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade de modelagem e segurança durante o preparo com Reciproc Blue R25 (VDW, Munich, Alemanha) em anatomias complexas. Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se confirmar parcialmente a hipótese nula, pois teve diferença na qualidade do preparo nas diferentes anatomias, mas não em todas as análises. No presente estudo um instrumento de NiTi com tratamento térmico Blue (Reciproc Blue) 25.08 foi usado para instrumentar canais radiculares de raiz mesial de molares inferiores com diferentes anatomias (MIRm¹⁻¹⁻¹; MIRm²⁻²⁻¹⁻¹; MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹; MIRm²⁻²⁻²) e verificar seu comportamento na modelagem e segurança no preparo dos canais.

Somente os dentes sem diferença estatística significativa com relação ao comprimento da raiz mesial, volume dos canais mesiais e grau de curvatura da raiz mesial foram utilizados. Este pareamento se faz importante para eliminar possíveis vieses e permitir que a anatomia seja a única variável do estudo. Após este pareamento os dentes foram padronizados de acordo com sua anatomia radicular interna. Foram selecionadas raízes mesiais de molares inferiores, uma vez que estes dentes são frequentemente indicados para tratamento endodôntico.

Optou-se por diferentes tipos de anatomia devido a necessidade de obter resultados clínicos reais, uma vez que não se sabe qual a real anatomia endodôntica durante a prática clínica. Ressalva deve ser feita aos profissionais que usam a

tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para planejamento de todos os casos (44). Este estudo utilizou a micro tomografia computadorizada (microCT), que é um método não invasivo e de alta resolução para estudos *in vitro*, mostrando as estruturas anatômicas em imagens com 3 dimensões e em diferentes secções (21,22).

Diferentes variáveis foram consideradas neste estudo: porcentagem (%) de aumento do volume total e por terços do canal radicular (45); porcentagem (%) de superfície não tocada total e por terços (42); e porcentagem (%) de remoção de dentina nas paredes mesial e distal dos terços apical, médio e cervical (46); e transporte do canal (42) e capacidade de centralização do instrumento (38) nos terços apical, médio e cervical. Todos estes aspectos têm importantes relevâncias clínicas, e podem interferir no sucesso do tratamento endodôntico (38).

Para a instrumentação dos canais radiculares foi utilizado uma única marca de instrumento, Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha), com mesmo diâmetro e taper (25.08). Desta forma, pode-se ter o mesmo padrão de dilatação para todos os casos, uma vez que o aspecto importante foi a variação da anatomia (32).

O preparo biomecânico do sistema de canais radiculares visa a limpeza e modelagem dos canais e conseqüentemente um sucesso no tratamento (1,2). As raízes de molares inferiores apresentam alta complexidade anatômica, canais achatados, presença de istmos e canais laterais, além de curvaturas (47). Os instrumentos utilizados para a limpeza e modelagem dos condutos são circulares, portanto algumas regiões não são tocadas pelos instrumentos. Áreas não instrumentadas do canal radicular podem ser colonizadas por biofilmes e servir como uma causa potencial de infecção persistente, o que pode comprometer o resultado do tratamento endodôntico (48). Independente de qual instrumento for usado, ele será, na maioria das vezes, circular, já a anatomia é variável e dita grande parte do sucesso do tratamento (49,50,51).

Com relação a porcentagem de aumento do volume do canal, houve diferença estatística no terço médio e cervical. No terço médio, o $MIRm^{1-1-1}$ e $MIRm^{1-1-2-1-1}$ não tiveram diferença entre eles e foram os menores valores obtidos. Isso pode ser explicado pela complexidade anatômica dessas classificações que não permite o toque do instrumento e conseqüentemente o aumento do volume nesse terço (38). O volume se torna importante para descontaminação do canal radicular, uma vez que remover dentina contaminada, facilita a irrigação e uso de instrumentos para ativar a solução irrigadora, como ultrassom e easy clean (46).

De acordo com os resultados das superfícies não instrumentadas expostos acima, houve diferença estatística no canal como um todo e nos terços médio e cervical, sendo a maior porcentagem de superfície não tocada no MIRm¹⁻¹⁻¹. Isso provavelmente se deve ao seu alto índice de achatamento e presença de istmo, o que impede o toque do instrumento em grande parte de sua extensão (10). No terço apical, não houve diferença estatística entre os grupos, entretanto todos apresentaram porcentagem de superfície não tocada acima de 3%. Este fato enaltece a importância da irrigação, de protocolos de irrigação final e da medicação intracanal, pois apenas mecanicamente não é possível limpar todo o conduto (38,52,53).

Este estudo reforça a importância da dilatação do conduto, principalmente no terço apical, onde encontra-se o maior índice de istmos, ramificações e canais acessórios, podendo ser reduzidos e conseqüentemente limpos sejam eles pelo toque do instrumento ou pela irrigação. Os achados deste estudo confirmam a importância da ativação da solução irrigadora para esta ter contato com as áreas onde os instrumentos não conseguem tocar (46,53). Quanto menor o tempo de instrumentação (limas únicas), maior deve ser o tempo de irrigação para melhor sanitização do sistema de canais radiculares (39). Portanto, diante da complexidade anatômica a qual o clínico se depara diariamente, é de suma importância o planejamento do tratamento endodôntico, para que ocorra a correta limpeza, modelagem, preenchimento dos condutos e conseqüentemente o sucesso do tratamento endodôntico.

Os resultados do presente estudo com relação a porcentagem de superfície não tocada total estão de acordo com relatos anteriores (53,54) e corroboram que os instrumentos de NiTi atualmente disponíveis são incapazes de tocar mecanicamente as paredes dentinárias da maneira ideal, independentemente do fabricante. A anatomia do canal radicular, as condições clínicas e o tipo de instrumento fazem com que ocorra maior desgaste em certas regiões (45) (Figura 2).

Os dados obtidos no presente estudo confirmam os achados de estudos anteriores que mostraram que o preparo do canal radicular mecanizado em molares inferiores promove uma redução significativa na espessura da dentina em relação às paredes distais do canal radicular (55). Isso ocorre em maior quantidade após a instrumentação com uma lima de diâmetro 25, uma vez que é o primeiro instrumento para modelagem e com elevada conicidade (56,57).

Em todos os grupos tiveram espécimes com menos de 1 mm de dentina remanescente na parede distal no terço coronal (45,58). Elayouti et al (2008) demonstram que a presença de 0.5 mm de remanescente dentinário é necessário para prevenir fraturas radiculares e perfurações/rasgo (59). No terço médio e apical a remoção de dentina ocorreu para mesial. Isso pode ser justificado pelas curvaturas, mesmo que severas, das raízes mesiais serem para distal e envolverem o terço médio e apical na maioria das vezes. Com isso, o instrumento e o próprio movimento de entrada e saída fazem com que o maior toque seja na parede mesial, removendo maior quantidade de dentina nesta região (60).

Independente da anatomia, os resultados mostraram que os instrumentos tendem a permanecer centralizados do canal radicular. Entretanto, de acordo com as condições clínicas, as diversidades anatômicas e o tipo de instrumento, este pode sofrer alterações. A manutenção da morfologia do canal radicular pode reduzir iatrogenias durante o preparo mecânico (61,62).

No presente estudo não houve diferença estatística entre os grupos quando comparado o transporte do canal e centralização do instrumento, porém em todos os grupos o transporte da cervical foi o maior e ocorreu para distal, o que está de acordo com Saleh et al (2015) e Hervás et al (2009), respectivamente (56,63). Saleh et al (2015), compararam os instrumentos Reciproc, Waveone, Oneshape e F360 mostrando que os instrumentos com maior conicidade têm mais dificuldade de se manter centralizado do canal. O instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha), apesar de ter conicidade 0.08, a mesma é decrescente após os 3 mm apicais, o que tende a manter a trajetória do canal nos terços médio e apical. Além disso, este instrumento tem secção transversal em S itálico, núcleo cilíndrico e tratamento térmico Blue (64).

As melhorias nos processos de fabricação trazendo instrumentos mais flexíveis para o mercado foi importante para a dificuldade que existia, que eram as curvaturas severas. Entretanto, atualmente a dificuldade tem sido nas regiões de istmos e achatamentos. Para melhorar o preparo dessas áreas de estreitamento é necessário instrumentos mais resistentes. Talvez um intermediário de flexibilidade e resistência seja o ideal para um instrumento trabalhar em anatomias complexas envolvendo istmos, achatamentos e curvaturas acentuadas.

Considerando as limitações de um estudo *in vitro* e diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a variação da anatomia de raízes mesiais de molares

inferiores foi um fator decisivo na qualidade do preparo com o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha).

Tabela 1. Mediana, mínimo e máximo da porcentagem (%) de aumento do volume e superfície não tocada do canal total, nos terços apical, médio e cervical. E porcentagem (%) de remoção de dentina para mesial e distal nos terços apical, médio e cervical. Letras diferentes em cada coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0.05$).

Anatomias	Aumento de volume (%)				Superfície não tocada (%)				Remoção de dentina (%)					
	Total	Apical	Médio	Cervical	Total	Apical	Médio	Cervical	Apical		Médio		Cervical	
									Mesial	Distal	Mesial	Distal	Mesial	Distal
MIRm ¹⁻¹⁻¹	72,99(0-136,5) _a	49,05(0-84,42) ^a	62,47(0-103,2) ^a	56,59(1,137-211,2) ^a	64,52(47,3-94,16) ^a	3,478(1,992-16,49) ^a	5,743(3,785-18,51) ^a	7,313(4,111-18,58) ^a	11(0-19,4) ^a	6,5(0-21,1) ^a	18,95(0,8-32,8) ^a	14,3(1,3-28,9) ^a	12,3(6,3-26,9) ^a	29,8(10,4-57,2) ^a
MIRm ²⁻²⁻¹⁻¹	192,8(9,393-815,2) _b	76,8(0-371,4) ^a	308(3,182-1160) ^b	207,6(5,629-713,4) ^b	33,74(12,2-72,96) _b	4,44(0,2443-10,15) ^a	1,36(0-10,86) ^b	1,591(0-14,97) ^b	13,7(1-23,7) ^a	9(0,2-23,2) ^a	16,35(0,2-32,5) ^a	21,7(4,46,7) ^a	14,75(3,6-28) ^a	33,75(0,8-63,4) ^{ab}
MIRm ¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹	105,9(47,2-417) ^{ab}	29,4(0-376,1) ^a	89,74(0-384,5) ^a	172,2(30,65-1281) ^b	46,89(19,0-62,2) _b	5,054(1,535-15,81) ^a	5,061(1,002-8,132) _b	2,528(0,6508-7,902) ^b	4,4(0-29,6) ^a	1,9(0-21,8) ^a	15,4(2,7-24,9) ^a	13,15(1,7-34) ^a	10,4(1,5-21,1) ^a	23,9(12,2-45,6) ^a
MIRm ²⁻²⁻²	131,3(9,704-465,6) _{ab}	63,42(0-1456) ^a	128,7(7,442-463,3) ^b	212,5(10,03-395,5) ^{ab}	30,31(0,72-58,68,29) _b	3,626(0,101-17,3) ^a	1,913(0,0123-14,14) ^b	1,72(0-11,99) ^b	6,4(0-14,5) ^a	9,15(1,2-21,2) ^a	13,45(1,9-17,4) ^a	11,6(0-30) ^a	11,45(0,8-29,5) ^a	19,15(6,7-35,2) ^{ac}

Tabela 2. Mediana, mínimo e máximo do transporte do canal e capacidade de centralização nos terços apical, médio e cervical. Letras diferentes em cada coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0.05$). 0 indica ausência de transporte, + transporte para mesial e – transporte para distal. 1 indica centralização perfeita.

Anatomias	Transporte do canal (mm^3)			Capacidade de centralização		
	Apical	Médio	Cervical	Apical	Médio	Cervical
MIRm ¹⁻¹⁻¹	0,035 (-0,11-0,358) ^a	0,0205 (-0,155-0,254) ^a	-0,164 (-0,37-0,077) ^a	0,2504 (-1-0,7273) ^a	0,6333 (-0,517-0,9842) ^a	0,4976 (-0,06316-0,7713) ^a
MIRm ²⁻²⁻¹⁻¹	0,04 (-0,109-0,243) ^a	-0,0365 (-0,189-0,098) ^a	-0,2255 (-0,571-0,062) ^a	0,5565 (-0,35-0,9) ^a	0,6871 (-0,3-0,9568) ^a	0,385 (0,09221-0,8719) ^a
MIRm ¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹	0,0075 (-0,166-0,17) ^a	-0,007 (-0,147-0,146) ^a	-0,1535 (-0,365-0,014) ^a	0,3525 (-0,4655-0,9297) ^a	0,7625 (-0,3364-1) ^a	0,3397 (0,06322-0,9467) ^a
MIRm ²⁻²⁻²	-0,008 (-0,126-0,157) ^a	-0,0295 (-0,139-0,152) ^a	-0,09 (-0,177-0,055) ^a	0,3904 (-0,3214-1) ^a	0,5212 (-0,3365-0,9241) ^a	0,6211 (0,1761-0,946) ^a

2.2 ARTIGO 2

Influência da temperatura de instrumentação na qualidade do preparo e resistência torsional do Reciproc Blue em mesiais de molares inferiores

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do ambiente de instrumentação na qualidade do preparo e avaliar a resistência torsional após a simulação de uso clínico. Quarenta e oito molares inferiores foram selecionados, escaneados via microCT e padronizados. Os canais mesiais foram classificados seguindo o proposto por Ahmed et al 2017. Foram utilizadas as siglas MI (molar inferior) e Rm (raiz mesial) para todos os dentes variando apenas os expoentes referentes as quantidades de embocaduras, canais e forames. Foram utilizados os dentes classificados como MIRm¹⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻¹⁻¹, MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹, MIRm²⁻²⁻². Estes foram divididos em 2 grupos: temperatura ambiente (20°C) e corporal (37°C). Utilizou-se 16 instrumentos Reciproc Blue 25.08 e 2ml de hipoclorito de sódio 1% a cada inserção do instrumento. Os dentes foram novamente escaneados e verificou-se a porcentagem (%) de: aumento de volume, superfície não tocada e remoção de dentina nas paredes mesiais e distal. Além da análise do transporte e capacidade de centralização. Foi realizado o teste torsional nos instrumentos e estes analisados em MEV. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificação da normalidade entre as amostras. O teste t foi aplicado para as análises da qualidade do preparo e resistência torsional nas diferentes temperaturas de instrumentação. O nível de significância adotado foi de 5%. Com relação a temperatura, não houve diferença estatística no aumento do volume e superfície não tocada. O grupo da temperatura ambiente teve a maior quantidade de remoção de dentina para distal no terço cervical, assim como o maior transporte nesta região. Já o grupo da temperatura corporal apresentou maior centralização do preparo no terço cervical. A deflexão angular foi maior na temperatura ambiente. Conclui-se que a temperatura interfere na qualidade do preparo e na deflexão angular dos instrumentos após o uso clínico.

Palavras chave: Anatomia, Fadiga, Temperatura corporal

Introdução

A introdução dos instrumentos mecanizados de níquel-titânio (NiTi) na endodontia trouxe muitas vantagens como menor tempo de trabalho, melhor eficiência de corte e maior capacidade de centralização do preparo (24). Entretanto, esses instrumentos apresentam risco de fraturar por estresse torsional ou fadiga cíclica (25).

A fratura de um instrumento durante o tratamento endodôntico e a não preservação da anatomia original dos canais radiculares podem ser a causa de um insucesso no tratamento (26). Diante disso, melhorias estão sendo feitas nos instrumentos de NiTi com relação ao seu processo de fabricação, tratamentos térmicos, design e cinemática utilizada (24,32,33,34,39).

Um avanço na tecnologia da produção de limas mecanizadas foi a introdução de diferentes tratamentos térmicos na liga de NiTi (32). Estes tratamentos melhoram as propriedades mecânicas dos instrumentos, como maior resistência a fadiga cíclica e torsional fazendo com que possam ser usados em canais curvos, mantendo a trajetória original do canal (28,29,65). Essa nova geração de instrumentos sofre um processo de aquecimento e resfriamento, precipitando óxido de titânio e gerando várias colorações aos instrumentos (32,37,66).

O Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) é um instrumento de NiTi com tratamento térmico blue, resultado do aquecimento e resfriamento dessa liga. Este instrumento apresenta boas propriedades mecânicas, incluindo efeito de memória de forma controlado, flexibilidade e alta resistência a fadiga cíclica e torsional (34,35,36).

Estudos tem demonstrado que a temperatura influencia na resistência a fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi (67). A literatura é consensual em dizer que os instrumentos quando em temperatura corporal tem uma redução no seu desempenho (40). Porém, estes estudos realizam os testes de fadiga cíclica utilizando canais simulados em água na temperatura corporal (68). Além disso, não há estudos relacionando a fadiga torsional com a temperatura.

Será que, utilizando dentes imersos em água a 37 graus, a qualidade de preparo seria a mesma? Pois, o instrumento muda suas características durante a atuação direto na dentina. E será que a realização do teste de fadiga torsional após a simulação clínica teria influência da temperatura? Diante do exposto, tornou-se pertinente e oportuno a realização da presente pesquisa.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do ambiente de instrumentação na qualidade do preparo e avaliar a resistência torsional após a simulação de uso clínico. As hipóteses nulas são: i) não haverá diferença na qualidade do preparo nas duas temperaturas; ii) o comportamento mecânico será o mesmo nas duas temperaturas.

Metodologia

Para o cálculo da amostra, foi utilizado o G * Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf) e o teste de Wilcoxon-Mann Whitney da família de testes T foi selecionado. Os dados de um estudo anterior avaliaram a preparação do canal radicular que utilizava molares inferiores (Belladonna et al 2018) e o tamanho do efeito no presente estudo foi estabelecido ($= 1,10$) (42). O erro do tipo alfa de 0,05, um poder beta de 0,95 e uma razão $N2 / N1$ de 1 também foram estipulados. Um total de 20 amostras por grupo foi indicado como o tamanho ideal necessário para observar diferenças significativas. Foram utilizadas 24 amostras, considerando 20% de risco de perda da amostra.

Anteriormente à realização do presente estudo, este foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos da Faculdade de Odontologia de Bauru (CAAE: 18006919.8.0000.5417). Foram selecionados 120 primeiros e segundos molares inferiores humanos extraídos cuja causa da extração é desconhecida. Todos os dentes eleitos tinham ápice completo. Estes foram armazenados em solução de timol a 0,1%.

Para classificar os dentes de acordo com Ahmed et al (2017) estes foram digitalizados utilizando micro tomografia computadorizada (microCT) de alta definição (SkyScan 1174v2; Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) com os seguintes parâmetros: 19 μ m tamanho de voxel, 50 kV, 800 mA, passo de rotação de 360°, rotação de tamanho de 0,8 de passo e resolução de 1024 1304. Imagens de sombra foram reconstruídas com software NRecon v.1.6.3 (Bruker-microCT) e salvas em seções axiais no formato BMP (20).

Com o software CTan (Bruker-microCT) foi medido o comprimento da raiz mesial (do ápice radicular até a junção cimento-esmalte) de cada dente e o volume dos canais mesiais. O grau de curvatura da raiz mesial foi calculado modificando a técnica utilizada por Schneider. Foi traçada uma linha da embocadura do conduto

seguindo o eixo deste, até a linha sair do conduto. Então, outra linha foi traçada do forame apical até encontrar o último ponto da primeira linha que permaneceu dentro do conduto. O ângulo obtido da intersecção dessas linhas era o grau de curvatura da raiz. Para esta análise foi utilizado o software DataViewer (Bruker-micro CT Kontich, Belgium) e ImageJ (National Institute of Health, Bethesda, Maryland, EUA).

Somente os dentes sem diferença estatística significante com relação ao comprimento da raiz mesial, volume dos canais mesiais e grau de curvatura da raiz mesial foram utilizados. Segundo Schneider, as amostras utilizadas apresentaram grau de curvatura severa (média 33,82°). Além disso, foram feitas imagens 3D de todos os dentes para classificação segundo Ahmed et al (2017). Foram selecionados apenas os dentes $MIRm^{1-1-1}$, $MIRm^{2-2-1-1}$, $MIRm^{1-1-2-1-1}$, $MIRm^{2-2-2}$ (35) (Figura 1).

Após as padronizações acima descritas, 48 dentes foram selecionados e divididos igualmente de acordo com suas anatomias (6 dentes de cada) em 2 grandes grupos (n=24): Grupo temperatura ambiente e Grupo temperatura corporal. Procedimentos de acesso coronário convencional foram realizados. Foi atingida patência nos canais mesiais com uma lima K10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Com esta mesma lima foi estabelecido o comprimento de trabalho (CT). Quando o instrumento era observado através do forame apical recuava-se 1mm para obter o CT.

Dezesseis novos instrumentos Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany) R25 com conicidade 0.08 foram selecionados para instrumentar os condutos mesiais dos dentes. A instrumentação foi realizada com um motor VDW Silver (VDW, Munich, Alemanha) de acordo com as recomendações do fabricante, utilizando a função "Reciproc All". O instrumento era inserido até sentir resistência, fazia-se 3 movimentos de entrada e saída com leve pressão apical, retirava o instrumento, limpava-o, irrigava o conduto e então repetia o procedimento até atingir o CT.

A solução de hipoclorito de sódio a 1% foi utilizada durante os procedimentos de irrigação antes, durante e após a instrumentação, utilizando 2 mL para cada inserção do instrumento. Foi utilizada irrigação convencional. Para simular a temperatura corporal os dentes foram instrumentados em uma cuba para banho histológico (modelo BH 2015, Lupe Technologic Industry of laboratory products LTDA, São Carlos, SP, Brazil) com água destilada aquecida. A temperatura (37°C) foi controlada por um termômetro imerso na água. Já a temperatura ambiente (20°C) foi controlada por ar condicionado. Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados pelo mesmo operador.

Para mensurar o transporte do canal foi utilizada a fórmula de Gambill: $(X1 - X2) - (Y1 - Y2)$, onde X1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção mesial; X2 é a mesma medida de X1, mas para distal; Y1 é a menor distância da borda do canal preparado até a periferia da raiz em direção mesial; Y2 é a mesma medida de Y1, mas para distal. O resultado 0 indica que não houve transporte do canal, números positivos indicam que o transporte ocorreu para mesial e números negativos indicam transporte para distal (43).

Para mensurar a capacidade de centralização também foi utilizada a fórmula de Gambill: $(X1 - X2)/(Y1 - Y2)$. Onde X1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção mesial; X2 é a mesma medida de X1, mas no conduto preparado; Y1 é a menor distância da borda do canal não preparado até a periferia da raiz em direção distal; Y2 é a mesma medida de Y1, mas no conduto preparado. O resultado 1 significa centralização perfeita (43).

Foram calculados a porcentagem (%) de aumento de volume do canal, e a porcentagem (%) de superfície não tocada total e por terços. Além disso, foi calculada a porcentagem (%) de espessura de dentina na parede mesial e distal nos terços apical, médio e cervical; e o transporte do canal e a capacidade de centralização do preparo por terços.

Os instrumentos foram submetidos ao teste de fadiga torsional após a instrumentação dos dentes (Figura 3). Os testes de torção foram realizados com base no padrão da Organização Internacional de Normalização (ISO) 3630-1 (1992), usando uma máquina de torção. O objetivo deste teste foi medir os valores médios de torque e rotação angular máxima até a fratura do instrumento. Estes dados foram fornecidos por uma máquina (Analgica, Belo Horizonte, MG, Brasil) conectada a um computador. Todos os dados foram registrados por um programa específico da máquina (MicroTorque; Analógica). Antes do teste, os cabos de todos os instrumentos foram removidos no ponto em que foram presos ao eixo de torção. Os 3 mm da ponta dos instrumentos foram fixados em um mandril conectado a um motor redutor. Este motor operava no sentido anti-horário a uma velocidade definida em 2 rpm.

Os segmentos fraturados foram analisados em microscópio eletrônico de varredura (Nova NanoSEM 450; FEI, Eindhoven, Países Baixos) com ampliação de 150 e 1000 para investigar a morfologia da superfície da fratura. Esta ampliação foi escolhida para revelar a principal característica da morfologia, mantendo um grande campo de visão.

O teste Shapiro-Wilk foi realizado para verificar normalidade entre as amostras. Diante de uma distribuição anormal foi utilizado o teste t. O nível de significância foi de 5%.

Resultados

Não houve diferença estatística na porcentagem (%) de aumento de volume total e nos terços apical, médio e cervical ($p>0.05$) (Tabela 3). Também não houve diferença na porcentagem (%) de superfície não tocada ($p>0.05$) (Tabela 3).

A porcentagem (%) de remoção de dentina nos terços apical e médio tanto para mesial quanto para distal não apresentou diferença estatística significativa ($p>0.05$). No terço cervical teve diferença estatística na quantidade de remoção de dentina apenas para distal, sendo esta maior na temperatura ambiente ($p<0.05$) (Tabela 3).

A centralização no terço apical e médio não apresentou diferença estatística entre os grupos ($p>0.05$). Já no terço cervical o preparo foi mais centralizado na temperatura corporal, com diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$) (Tabela 4). Com relação ao transporte do canal, não houve diferença estatística no terço apical e médio ($p>0.05$). No terço cervical o maior desvio ocorreu para distal na temperatura ambiente, com diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$) (Tabela 4).

Com relação a deflexão angular, houve diferença estatística significativa entre os grupos sendo esta maior no grupo da temperatura ambiente ($p<0.05$). Já o torque, não apresentou diferença estatística entre os grupos ($p>0.05$) (Tabela 5).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do ambiente de instrumentação na qualidade do preparo e a resistência torsional após a simulação de uso clínico. Baseado nos resultados obtidos, podemos aceitar parcialmente as hipóteses nulas, pois houve diferença estatística na qualidade do preparo somente em algumas análises e com relação ao comportamento mecânico houve diferença apenas na deflexão angular. Foram selecionados molares inferiores, por se tratar de dentes com elevada taxa de indicação para tratamento endodôntico. A amostra foi pré-selecionada e escaneada por meio de micro tomografia computadorizada (microCT) antes da divisão dos grupos. Não houve diferença estatística no

comprimento, volume e grau de curvatura dos espécimes em cada grupo. Isso se faz importante para evitar vieses posteriores.

A fratura dos instrumentos mecanizados de NiTi ocorre principalmente por fadiga cíclica e torsional (31). Melhorias no processo de fabricação tem sido feitas nestes instrumentos visando melhorar suas propriedades mecânicas (28,32,37,41,65). É sabido que a temperatura interfere no comportamento da liga NiTi, com o aumento da temperatura esses instrumentos tendem a fadigar mais rápido (67,68).

Muitos estudos têm utilizado recipiente com água aquecida para simular a temperatura corporal (31,69), porém o dispositivo de fadiga cíclica que é colocado dentro da água aquecida para simulação (Klymus et al., 2019) (68). Na presente pesquisa, o dente foi inserido na temperatura corporal, para saber o real comportamento do instrumento na dentina, e conseqüentemente na qualidade do preparo.

Este estudo utilizou a micro tomografia computadorizada (microCT), que é um método não invasivo e de alta resolução para estudos *in vitro*, para divisão dos grupos e análise da qualidade de preparo (21,22). Foi avaliada a deflexão angular e torque do Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) após a instrumentação dos diferentes perfis anatômicos nas temperaturas corporal e ambiente. Com isso, simulou-se o que ocorre no dia a dia da clínica endodôntica.

O instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) é sugerido como lima única para a maioria dos casos, o que causa preocupação pois maiores tensões são geradas nos instrumentos durante o preparo de múltiplos canais com complexidades anatômicas (70). Com o aumento do grau de curvatura, aumenta também as tensões nos instrumentos, tornando-os mais suscetíveis a fratura (71). Embora possa ser difícil correlacionar os achados dos exames laboratoriais a uma situação clínica, devido à quantidade de variáveis agindo em conjunto para resultar na fratura de um instrumento (72), é importante investigar as propriedades mecânicas destes para apresentar informações válidas ao clínico (24,25).

Os resultados da porcentagem (%) de aumento de volume mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa provavelmente porque os dentes selecionados para o estudo tinham volumes semelhantes e foram instrumentados com o mesmo instrumento (Reciproc Blue), de mesmo diâmetro (25) e taper (0.08) (45).

A porcentagem (%) de superfície não tocada não teve diferença estatística devido ao pareamento anatômico dos grupos. A temperatura não influencia a quantidade de paredes que o instrumento toca (42).

Com relação a porcentagem (%) de remoção de dentina, esta foi mais elevada no terço cervical, com maior desgaste para distal. Houve diferença estatística significativa entre as temperaturas corporal e ambiente, sendo o maior desgaste na última. Isso pode ser explicado pelo fato do instrumento estar mais flexível na temperatura ambiente seguindo, assim, a trajetória do canal tendendo a desgastar mais para distal. Apesar da diferença apresentar significância, os valores absolutos são pequenos, mantendo dentina em uma quantidade extremamente segura, quando comparado ao que é considerado ideal (0.5mm). No terço apical e médio provavelmente não teve diferença estatística devido a pequena massa metálica do instrumento, tendo assim menor influência no desgaste (73).

O Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) na temperatura corporal apresentou-se 15% mais rígido do que na temperatura ambiente. Estando o instrumento mais rígido, aumenta seu poder de corte, e por isso desgastou em maior quantidade a projeção de dentina existente na raiz mesial dos molares inferiores. Isso explica sua melhor centralização na temperatura corporal.

Na análise do transporte, o mesmo ocorreu para distal no terço cervical, com maiores valores para a temperatura ambiente (Figura 5). Isso pode ser justificado pelo fato de na temperatura ambiente o instrumento estar mais flexível e somado a isso a não realização do desgaste compensatório fez com que o instrumento tendesse a desgastar mais para distal.

No presente estudo, o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) mostrou-se com comportamento de torque semelhante na temperatura corporal e ambiente, o que condiz com o estudo de Shen et al (2018), Keles et al (2018) e Plotino et al (2017) (74,75,76). Essa propriedade (torque) depende do núcleo, secção transversal, diâmetro do instrumento e taper, que são independentes da temperatura.

Porém, apresentou diferença estatística com relação a deflexão angular, tendo o maior ângulo na temperatura ambiente. Provavelmente isso ocorreu porque a fase de transformação austenita-martensita do Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) acontece por volta de 38 graus, ou seja, na temperatura corporal (37°C), mesmo não tendo atingido ainda a fase de transformação, o instrumento estava mais rígido devido ao aumento da temperatura e por isso teve menor ângulo de deflexão.

A análise de microscopia eletrônica de varredura revelou o aspecto fractográfico típico das fraturas por torção que foram semelhantes entre todas as anatomias. Após o teste de torção, os fragmentos mostraram as características típicas da falha de cisalhamento, incluindo marcas de abrasão concêntricas e covinhas microscópicas fibrosas no centro de rotação (64,65,77) (Figura 4).

Baseado na metodologia e resultados obtidos, pode-se concluir que a temperatura interfere na qualidade do preparo e na deflexão angular dos instrumentos após o uso clínico. Diante deste estudo, sugere-se que todas as pesquisas envolvendo temperatura corporal sejam realizadas com dentes imersos em água aquecida para obter-se resultados mais próximos da clínica.

Tabela 3. Mediana, mínimo e máximo da porcentagem (%) de aumento de volume e superfície não tocada no tocada no canal total, nos terços apical, médio e cervical. E a porcentagem (%) de remoção de dentina para mesial e distal nos terços apical, médio e cervical. Letras diferentes em cada coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0.05$).

		Aumento do volume do canal (%)				Superfície não tocada (%)				Remoção de dentina (%)					
		Total	Apical	Médio	Cervical	Total	Apical	Médio	Cervical	Apical		Médio		Cervical	
										Mesial	Distal	Mesial	Distal	Mesial	Distal
Temperatur a corporal	Mínimo	9,393	-32,33	-23,67	5,629	19,04	0,2443	0,7	0	0	0	0,9	0	2,9	0,8
	Mediana	96,74 ^a	48,68 ^a	91,21 ^a	132,8 ^a	56,21 ^a	4,728 ^a	4,605 ^a	2,803 ^a	10,8 ^a	6,05 ^a	14,75 ^a	12,75 ^a	13,05 ^a	20,85 ^a
	Máximo	815,2	327,7	568,6	1281	72,96	15,81	10,86	14,97	29,6	21,8	32,8	34	28	43
Temperatur a ambiente	Mínimo	-6,68	-43,52	-34,23	1,137	0,7258	0,101	0	0	0	0	0,2	1,3	0,8	6,7
	Mediana	119,9 ^a	52,3 ^a	114,6 ^a	181,5 ^a	36,58 ^a	3,659 ^a	2,14 ^a	1,722 ^a	6,2 ^a	8,05 ^a	13,8 ^a	14,2 ^a	10,45 ^a	27,8 ^b
	Máximo	488,6	1456	1160	713,4	94,16	17,3	18,51	18,58	21,7	23,2	32,5	46,7	29,5	63,4

Tabela 4. Mediana, mínimo e máximo da capacidade de centralização e transporte do canal (mm^3). Letras diferentes em cada coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0.05$). 1 indica centralização perfeita. 0 indica ausência de transporte, + transporte para mesial e – transporte para distal.

	Capacidade de centralização			Transporte do canal (mm^3)		
	Apical	Médio	Cervical	Apical	Médio	Cervical
Temperatura corporal	0,5388 (-1-1) ^a	0,6889 (-0,517-1) ^a	0,5467 (0,06322-0,9467) ^a	0,035 (-0,166-0,243) ^a	0,0325 (-0,189-0,254) ^a	-0,0735 (-0,283-0,077) ^a
Temperatura ambiente	0,3212 (-0,5294-0,8605) ^a	0,6002 (-0,3364-0,9568) ^a	0,3412 (-0,06316-0,8135) ^b	-0,0055 (-0,126-0,358) ^a	-0,044 (-0,186-0,146) ^a	-0,187 (-0,571-(-0,036) ^b

Tabela 5. Mediana, mínimo e máximo do torque e deflexão angular. Letras diferentes em cada linha indicam diferença estatística significativa ($P < 0.05$).

	Temperatura corporal	Temperatura ambiente
	Torque	2,35 (1,5-2,8) ^a
Deflexão angular	391,2 (352,8-440,9) ^b	455,6 (289,4-483,5) ^a

3 DISCUSSÃO

3 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade de modelagem e segurança durante o preparo com Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) em anatomias complexas e em diferentes temperaturas. Além disso, avaliou-se também a resistência torsional após instrumentação em temperatura ambiente e corporal. Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se confirmar parcialmente as hipóteses nulas. No presente estudo um instrumento de NiTi com tratamento térmico Blue (Reciproc Blue) 25.08 foi usado para instrumentar canais radiculares de raiz mesial de molares inferiores com diferentes anatomias (MIRm¹⁻¹⁻¹; MIRm²⁻²⁻¹⁻¹; MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹; MIRm²⁻²⁻²) e temperaturas.

Somente os dentes sem diferença estatística significativa com relação ao comprimento da raiz mesial, volume dos canais mesiais e grau de curvatura da raiz mesial foram utilizados. Foram selecionadas raízes mesiais de molares inferiores, uma vez que estes dentes são frequentemente indicados para tratamento endodôntico.

Optou-se por diferentes tipos de anatomia devido a necessidade de obter resultados clínicos reais, uma vez que não se sabe qual a real anatomia endodôntica durante a prática clínica. Ressalva deve ser feita aos profissionais que usam a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para planejamento de todos os casos (44). Foi utilizado diferentes temperaturas, pois sabe-se que esta influencia no comportamento do instrumento.

Este estudo utilizou a micro tomografia computadorizada (microCT), que é um método não invasivo e de alta resolução para estudos *in vitro*, mostrando as estruturas anatômicas em imagens com 3 dimensões e em diferentes secções (21,22).

Diferentes variáveis foram consideradas neste estudo: porcentagem (%) de aumento do volume total e por terços do canal radicular (45); porcentagem (%) de superfície não tocada total e por terços (42); porcentagem (%) de remoção de dentina nas paredes mesial e distal dos terços apical, médio e cervical (46); transporte do canal (42) e capacidade de centralização do instrumento (43); e torque e deflexão

angular dos instrumentos. Todos estes aspectos têm importantes relevâncias clínicas, e podem interferir no sucesso do tratamento endodôntico (38).

Para a instrumentação dos canais radiculares foi utilizado uma única marca de instrumento, Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha), com mesmo diâmetro e taper (25.08). Desta forma, pode-se ter o mesmo padrão de dilatação para todos os casos (32). Na primeira análise a variável foi a anatomia.

O preparo biomecânico do sistema de canais radiculares visa a limpeza e modelagem dos condutos e conseqüentemente um sucesso no tratamento (1,2). As raízes de molares inferiores apresentam alta complexidade anatômica, canais achatados, presença de istmos e canais laterais, além de curvaturas (47). Os instrumentos utilizados para a limpeza e modelagem dos condutos são circulares, portanto várias regiões não são tocadas pelos instrumentos. Áreas não instrumentadas do canal radicular podem ser colonizadas por biofilmes e servir como uma causa potencial de infecção persistente, o que pode comprometer o resultado do tratamento endodôntico (48). Independente de qual instrumento for usado, ele será, na maioria das vezes, circular, já a anatomia é variável e dita grande parte do sucesso do tratamento (49,50,51).

A porcentagem (%) de aumento do volume do canal mostrou diferença estatística no terço médio e cervical. No terço médio, o MIRm¹⁻¹⁻¹ e MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹ não tiveram diferença entre eles e foram os menores valores obtidos. Isso pode ser explicado pela complexidade anatômica dessas classificações que não permite o toque do instrumento e conseqüentemente o aumento do volume nesse terço (38). O volume do canal radicular se torna importante para descontaminação deste, uma vez que remover dentina contaminada, facilita a irrigação e uso de instrumentos para ativar a solução irrigadora, como ultrassom e easy clean (46).

De acordo com os resultados das superfícies não instrumentadas obtidos nesta pesquisa, houve diferença estatística no canal como um todo e nos terços médio e cervical, sendo a maior porcentagem (%) de superfície não tocada no MIRm¹⁻¹⁻¹. Isso provavelmente se deve ao seu alto índice de achatamento e presença de istmo, o que impede o toque do instrumento em grande parte de sua extensão (10).

Estudos anteriores (11,78) e uma recente revisão sistemática (19) mostram maior incidência de istmos em molares inferiores entre 2 a 4mm do ápice, o que dificulta a limpeza nesta região. No presente estudo não houve diferença estatística entre os grupos no terço apical com relação a porcentagem (%) de superfície não tocada pelo instrumento. Entretanto, os valores foram altos, podendo ser devido a presença de istmos nessa região. Estudos clínicos têm mostrado que a presença de istmos em molares inferiores está altamente associada com o insucesso do tratamento endodôntico (79-81). Este fato enaltece a importância da irrigação, de protocolos de irrigação final e da medicação intracanal, pois apenas mecanicamente não é possível limpar todo o conduto (52,53).

A porcentagem (%) de superfície não tocada total do presente estudo está de acordo com relatos anteriores (53,54) e corroboram que os instrumentos de NiTi atualmente disponíveis são incapazes de tocar mecanicamente as paredes dentinárias da maneira ideal, independentemente do fabricante. A anatomia do canal radicular, as condições clínicas e o tipo de instrumento fazem com que ocorra maior desgaste em certas regiões (45).

Os dados obtidos no presente estudo confirmam os achados de estudos anteriores que mostraram que o preparo do canal radicular mecanizado em molares inferiores promove uma redução significativa na espessura da dentina em relação às paredes distais do canal radicular (55). Isso ocorre em maior quantidade após a utilização de um instrumento de diâmetro 25, uma vez que é o primeiro instrumento para modelagem e com elevada conicidade (56,57).

Em todos os grupos tiveram espécimes com menos de 1 mm de dentina remanescente na parede distal no terço coronal (45,58). Elayouti et al (2008) demonstram que a presença de 0.5 mm de remanescente dentinário é necessário para prevenir fraturas radiculares e perfurações/rasgo (59). No terço médio e apical a remoção de dentina ocorreu para mesial. Isso pode ser justificado pelas curvaturas, mesmo que severas, das raízes mesiais serem para distal e envolverem o terço médio e apical na maioria das vezes. Com isso, o instrumento e o próprio movimento de entrada e saída fazem com que o maior toque seja na parede mesial, removendo maior quantidade de dentina nesta região (60).

Independente da anatomia, os resultados mostraram que os instrumentos tendem a permanecer centralizados do canal radicular. Entretanto, de acordo com as condições clínicas, as diversidades anatômicas e o tipo de instrumento, este pode desviar. A manutenção da morfologia do canal radicular pode reduzir iatrogenias durante o preparo mecânico (61,62).

No presente estudo não houve diferença estatística entre os grupos quando comparado o transporte do canal e centralização do instrumento, porém em todos os grupos o transporte da cervical foi o maior e ocorreu para distal, confirmando o que está de acordo com Saleh et al (2015) e Hervás et al (2009), respectivamente (56,63). Saleh et al (2015), compararam os instrumentos Reciproc, Waveone, Oneshape e F360 mostrando que os instrumentos com maior conicidade têm mais dificuldade de se manter centralizado do canal. O instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha), apesar de ter conicidade 0.08, a mesma é decrescente após os 3 mm apicais, o que tende a manter a trajetória do canal nos terços médio e apical. Além disso, tem secção transversal em S itálico, núcleo cilíndrico e tratamento térmico Blue (64).

Tendo em vista todos esses resultados de qualidade de preparo com a variável anatômica, sabendo que a fratura dos instrumentos mecanizados de NiTi ocorre principalmente por fadiga cíclica e torsional e que estas são influenciadas pela temperatura, a segunda análise teve como variável a temperatura. Diferentemente de muitos estudos, nesta pesquisa o dente foi inserido na temperatura corporal, para saber o real comportamento do instrumento na dentina, e conseqüentemente na qualidade do preparo.

Com relação a quantidade de aumento de volume, não houve diferença estatisticamente significativa porque os dentes selecionados para o estudo tinham volumes semelhantes e foram instrumentados com o mesmo instrumento (Reciproc Blue), de mesmo diâmetro (25) e taper (0.08) (45).

O instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) é sugerido como lima única na maioria dos casos, o que causa preocupação pois maiores tensões são geradas nos instrumentos durante o preparo de múltiplos canais com complexidades

anatômicas (69). Além disso, deixam uma porcentagem (%) de áreas não tocadas elevadas, o que não é bom para o prognóstico do tratamento endodôntico (42).

Este fato está de acordo com o estudo de De-Deus et al. 2015 o qual diz que de 27.68% a 60.77% das paredes dos canais não são tocadas sendo esses valores abaixo do menor valor ideal para preparo do canal radicular (47,54). Esses achados, apesar de terem diferença nas anatomias e instrumentos utilizados, são compatíveis com os resultados do presente estudo, o qual apresenta uma porcentagem de área não tocada total do canal entre 30.31% (MIRm²⁻²⁻²) e 64.52% (MIRm¹⁻¹⁻¹). Isso enfatiza a necessidade da irrigação e medicação intracanal para suprir esse estado subótimo do preparo mecânico (38,46).

A porcentagem (%) de superfície não tocada provavelmente não teve diferença estatística devido ao pareamento anatômico dos grupos. A temperatura não influencia a quantidade de paredes que o instrumento toca (42).

Canais curvos e atrésicos são uma dificuldade que pode resultar em iatrogenias durante o tratamento endodôntico. Para diminuir os riscos de iatrogenias são utilizados instrumentos de NiTi. Porém, esses instrumentos muitas vezes possuem conicidade elevada, o que pode ser prejudicial, pois desgasta mais dentina, aumentando os riscos de perfurações e fraturas (48).

A porcentagem (%) de remoção de dentina foi mais elevada no terço cervical, com maior desgaste para distal. Houve diferença estatística significativa entre as temperaturas corporal e ambiente, sendo o maior desgaste na última. Isso pode ser explicado pelo fato do instrumento estar mais flexível na temperatura ambiente seguindo, assim, a trajetória do canal tendendo a desgastar mais para distal. Apesar da diferença apresentar significância, os valores absolutos são pequenos, mantendo dentina em uma quantidade extremamente segura, quando comparado ao que é considerado ideal (0.5mm). No terço apical e médio provavelmente não teve diferença estatística devido a pequena massa metálica do instrumento, tendo assim menor influência no desgaste (42).

Os preparos na temperatura corporal foram mais centralizados do que na temperatura ambiente no terço cervical. O Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) na temperatura corporal apresentou-se 15% mais rígido do que na temperatura

ambiente. Estando o instrumento mais rígido, aumenta seu poder de corte, e por isso desgastou em maior quantidade a projeção de dentina existente na raiz mesial dos molares inferiores. Isso explica sua melhor centralização na temperatura corporal.

Na análise do transporte, o mesmo ocorreu para distal no terço cervical, com maiores valores para a temperatura ambiente (Figura 5). Isso pode ser justificado pelo fato de na temperatura ambiente o instrumento estar mais flexível e somado a isso a não realização do desgaste compensatório fez com que o instrumento tendesse a desgastar mais para distal.

A resistência dos instrumentos ao estresse torsional é de suma importância para o clínico, tendo em vista a diversidade e complexidade anatômica a qual é encontrada diariamente nos canais radiculares. Quanto mais curvo e mais atresico o canal, maior as chances de o instrumento prender dentro do canal e fraturar, o que é negativo para o prognóstico do tratamento (65).

No presente estudo, o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) mostrou-se com comportamento de torque semelhante na temperatura corporal e ambiente, o que condiz com o estudo de Shen et al (2018), Keles et al (2018) e Plotino et al (2017) (74,75,76). Porém, apresentou diferença estatística com relação a deflexão angular, tendo o maior ângulo na temperatura ambiente. Provavelmente isso ocorreu porque a fase de transformação austenita-martensita do Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) acontece por volta de 38 graus, ou seja, na temperatura corporal (37°C), mesmo não tendo atingido ainda a fase de transformação, o instrumento estava mais rígido devido ao aumento da temperatura e por isso teve menor ângulo de deflexão.

O torque, não apresentou diferença estatística na temperatura corporal com relação a temperatura ambiente. Essa propriedade (torque) depende do núcleo, secção transversal, diâmetro do instrumento e taper, que são independentes da temperatura.

A análise de microscopia eletrônica de varredura revelou o aspecto fractográfico típico das fraturas por torção que foram semelhantes entre todas as anatomias. Após o teste de torção, os fragmentos mostraram as características típicas da falha de cisalhamento, incluindo marcas de abrasão concêntricas e covinhas microscópicas fibrosas no centro de rotação (64,65,77).

Considerando as limitações de um estudo *in vitro* e diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a variação da anatomia de raízes mesiais de molares inferiores foi um fator decisivo na qualidade do preparo com o Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha), e que a temperatura interfere na qualidade do preparo e na deflexão angular dos instrumentos após o uso clínico.

4 CONCLUSÃO

4 CONCLUSÃO

Diante do presente estudo, pode-se concluir que mesmo com o avanço nas propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi, incluindo os tratamentos térmicos, estes ainda não são ideais devido a complexa e desafiadora anatomia do sistema de canais radiculares e a temperatura na qual esses instrumentos são utilizados.

Devido a alta prevalência de istmos e achatamentos nas raízes mesiais de molares inferiores, e sabendo que os instrumentos não são capazes de tocar essas áreas, é indispensável a utilização de soluções irrigadoras efetivas associadas a métodos de agitação para atingir essas regiões visando melhorar a desinfecção do sistema de canais radiculares.

Além disso, a problemática da temperatura na qual o clínico utiliza seus instrumentos na cavidade oral é de suma importância. Sabe-se que o aumento na temperatura torna o instrumento mais rígido, porém ainda são necessários estudos para maior detalhamento do comportamento dos instrumentos frente a este aumento de temperatura nas diversas anatomias existentes.

Portanto, visando a excelência do tratamento endodôntico, é indispensável o conhecimento da anatomia dos canais radiculares, assim como o comportamento dos instrumentos frente a temperatura corporal na qual são utilizados. Desta forma, o clínico terá condições de realizar procedimentos que resultarão no sucesso do tratamento.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- 1 – Versiani, M.A., Ordinola-Zapata, R., Keles, A., Alcin, H., Bramante, C.M., Pécora, J.D., Sousa-Neto, M.D. (2016). Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in diferente populations. *Archives of Oral Biology*, 61, 130-137.
 - 2 – Hess, W. (1921). Formation of root canals in human teeth. *The Journal of the National Dental Association*, 704-734.
 - 3 – Estrela, C., Bueno, M.R., Couto, G.S., Rabelo, L.E.G., Alencar, A.H.G., Silva, R.G., Pécora, J.D., Sousa-Neto, M.D. (2015). Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone beam computed tomography – part 1. *Brazilian Dental Journal*, 26, nº5, 530-536.
 - 4 – De Deus, Q.D. (1975). Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *Journal of Endodontics*, 1, nº11, 361-366.
 - 5 – Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedure. *Endod Topics*, 10, 3-29.
 - 6 – Estrela, C., Holland, R., Estrela, C.R.A., Alencar A.H.G., Sousa-Neto, M.D., Pécora, J.D. (2014). Characterization of sucessful root canal tretment. *Braz Dent J*, 25, 3-11.
 - 7 – Schneider, S.W. (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol*, 32, 271-275.
 - 8 – Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 8, 269-296.
 - 9 – Leeb, J. (1983). Canal Orifice enlargements related to biomechanical preparation. *J Endod*, 9, 463-470.
 - 10 – Pécora, J.D., Estrela, C., Bueno, M.R., Porto, O.C., Alencar, A.H.G., Sousa-Neto, M.D., et al. (2013). Detection of root canal isthmuses in molars by map-reading dynamic using CBCT images. *Braz Dent J*, 24, 569-574.
 - 11 – Mannocci, F., Peru, M., Sherriff, M., Cook, R., Ford, T.R.P. (2005). The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J*, 38, 558-63.
-

- 12 – Estrela, C., Rabelo, L.E.G., de Souza, J.B., Alencar, A.H.G., Estrela, C.R.A., Sousa-Neto, M.D., Pécora, J.D. (2015). Frequency of root canal isthmi in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*, 41, nº9, 1535-1539.
 - 13 – Fan, B., Pan, Y., Gao, Y., Fang, F., Wu, Q., Gutmann, J.L. (2010). Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod*, 36, 1866-1869.
 - 14 – Hsu, Y.Y, Kim, S. (1997). The resected root surface: the issue of canal isthmuses, *Dent Clin North Am*, 41, 529-40.
 - 15 – Jung, Il-Young, Seo, Myyoung-Ab, Fouad, A.F., Spangberg, L.S.W., Lee, Seung-Jong, Kim, Hee-Jin, Kum, Kee-Yeon (2005). Apical Anatomy in Mesial and Mesiobuccal Roots of Permanent First Molars. *Journal of Endodontics*, 31, nº5, 364-368.
 - 16 – Vertucci, F.J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 58, 589-599.
 - 17 – Weine, F.S., Healey, H.J., Gerstein, H., Evanson, L. (2012). Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. 1969. *J Endod*, 38, nº10.
 - 18 - Pineda, F., Kuttler, Y. (1972). Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 33, 101–10.
 - 19 – de Pablo, O.V., Estevez, R., Peix Sanchez, M., Heilborn, C., & Cohenca, N. (2010). Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *Journal of Endodontics*, 36, 1919-1931.
 - 20 – Ahmed, H.M.A, Versiani, M.A., De-Deus, G., Dummer, P.M.H. (2017). A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J*, 50, nº8, 761-770.
 - 21 – Leoni, G.B., Versiani, M.A., Pécora, J.D., & Sousa-Neto, M.D. (2014). Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of Endodontics*, 40, 710-716.
 - 22 – Ordinola-Zapata, R., Bramante, C.M., Villas-Boas, M.H., Cavenago, B.C., Duarte, M.H., & Versiani, M.A. (2013). Morphologic micro-computed tomography analysis of mandibular premolars with three root canals. *Journal of Endodontics*, 39, 1130-1135.
-

-
-
- 23 – Walia, H.M., Brantley, W.A., Gerstein, H. (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*, 14, nº7, 346-51.
- 24 – Peters, O.A. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*, 30, 559-67.
- 25 – Peters, O.A., Paqué, F. (2010). Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. *Quintessence Int*, 41, 479-88.
- 26 – Simon, S., Machtou, P., Tomson, P., et al. (2008). Influence of fractured instruments on the success rate of endodontic treatment. *Dent Update*, 35, 172-4. 176, 178-179.
- 27 – Sattapan, B., Nervo, G.J., Palamara, J.E., Messer, H.H. (200). Defects in Rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod*, 26, 161-5.
- 28 – Shen, Y., Zhou, H.M., Zheng, Y.F., Peng, B., Haapasalo, M. (2013). Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 39, nº2, 163-72.
- 29 – Peters, O.A., Bahia, M.G.A., Pereira E.S.J. (2017). Contemporary root canal preparation. *Dent Clin North Am*, 61, nº1, 37-58.
- 30 – de Vasconcelos, R.A., Murphy, S., Carvalho, C.A.T., Govindjee, R.G., Govindjee, S., Peters, O.A. (2016). Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary Rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod*, 42, 782-787.
- 31 – Dosanjh, A., Paurazas, S., Askar, M. (2017). The effect of temperature on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod*, 43, 823-826.
- 32 – De-Deus, G., Silva, E.J., Vieira, V.T., et al. (2017). Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. *J Endod*, 43, 462-6.
- 33 – Perez-Higueras, J.J., Arias, A., de la Macorra, J.C. (2013). Cyclic fatigue resistance of K3, K3XF, and twisted file nickel-titanium files under continuous rotation or reciprocating motion. *J endodo*, 39, 1585-8.
- 34 – Ferreira, F., Adeodato, C., Barbosa, I., et al. (2017). Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi Rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J*, 50, 143-52.
-
-

- 35 – Thompson, S.A. (2000). Na overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*, 33, 297-310.
- 36 – Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N., Schafer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J*, 51, 1088-1103.
- 37 – Plotino, G., Grande, N.M., Testarelli, L., Gambarini, G., Castagnola, R., Rossetti, A., Ozurek, T., Cordaro, M., Fortunato, L., (2018). Cyclic Fatigue of Reciproc and Reciproc Blue Nickel-titanium Reciprocating Files at Different Environmental Temperatures. *J Endod*, 44, nº10, 1549-1552.
- 38 – Pérez, A.R., Ricucci, D., Vieira, G.C.S., Provenzano, J.C., Alves, F.R.F., Marceliano-Alves, M.F., Rôças, I.N., Siqueira, J.F. Jr. (2020). Cleaning, Shaping, and Disinfecting Abilities of 2 Instrument Systems as Evaluated by a Correlative Microcomputed Tomographic and Histobacteriologic Approach. *J Endod*.
- 39 – Jardine, A.P., da Rosa, R.A., Santini, M.F., Zaccara, I.M., Só, M.V.R., Kopper, P.M.P. (2016). Shaping ability of rotatory or reciprocating instruments in curved canals: a micro-computed tomographic study. *Braz Oral Res*, 30, nº1, e86.
- 40 – Gundogar, M., Ozyurek, T. (2017). Cyclic fatigue resistance of oneshape, hyflex EDM, waveone gold, and reciproc blue nickel-titanium instruments. *J Endod*, 43, nº7, 1192-1196.
- 41 – Keskin, C., Inan, U., Demiral, M., Keles, A. (2017). Cyclic fatigue resistance of reciproc blue, reciproc, and waveone gold reciprocating instruments. *J Endod*, 43, nº8, 1360-1363.
- 42 – Belladonna, F.G., Carvalho, M.S., Cavalcante, D.M., Fernandes, J.T., Maciel, A.C.C., Oliveira, H.E., Lopes, R.T., Silva, E.J.N.L., De-Deus, G. (2018). Micro-computed tomography shaping ability assessment of the new blue thermal treated reciproc instrument. *J Endod*, 44, nº7, 1146-1150.
- 43 – Gambill, J.M., Alder, M., del Rio, C.E. (1996). Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod*, 22, nº7, 369-375.
- 44 - Pereira, B., Martins, J.N.R., Baruwa, A.O., Meirinhos, J., Gouveia, J., Quaresma, S.A., Monroe, A., Ginjeira, A. (2020). Association between Endodontically Treated Maxillary and Mandibular Molars with Fused Roots and Periapical Lesions: A Cone-beam Computed Tomography Cross-sectional Study. *J Endod*.
-
-

- 45 – de Camargo, E.J., Duarte, M.A.H., Marques, V.A.S., Só, M.V.R., Duque, J.A., Alcalde, M.P., Vivan, R.R. (2019). The ability of three nickel–titanium mechanized systems to negotiate and shape MB2 canals in extracted maxillary first molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J*, 52, 847-856.
- 46 – Rivera-Pena, M.E., Duarte, M.A.H., Alcalde, M.P., Furlan, R.D., Reis Só, M.V., Vivan, R.R. (2019). Ultrasonic tips as an auxiliary method for the instrumentation of oval-shaped root canals. *Braz Oral Res*, 33, e011.
- 47 - Villas-Bôas, M.H., Bernardineli, N., Cavenago, B.C., Marciano, M., del Carpio-Perochena, A., de Moraes, I.G., Duarte, M.H., Bramante, C.M., Ordinola-Zapata, R. (2011). Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod*, 37, nº12, 1682-1686.
- 48 – Alves, F.R., Almeida, B.M., Neves, M.A., et al. (2011). Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod*, 37, 496-501.
- 49 – Gagliardi, J., Versiani, M.A., de Sousa-Neto, M.D., et al. (2015). Evaluation of the shaping characteristics of protaper gold, protaper next, and protaper universal in curved canals. *J Endod*, 41, 1718-24.
- 50 – Sousa-Neto, M.D., Silva-Sousa, Y.T., Mazzi-Chaves, J.F., et al. (2018). Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. *Braz Oral Res*, 32, 20-43.
- 51 – Arias, A., Paqué, F., Shyn, S., et al. (2018). Effect of canal preparation with trushape and vortex instruments on three-dimensional geometry of oval root canals. *Aust Endod J*, 44, 32-9.
- 52 – De-Deus, G., Barino, B., Zamolyi, R.Q., Souza, E., Fonseca A. Jr., Fidel, S., et al. (2010). Suboptimal debridement quality produced by the single file F2 protaper technique in oval-shaped canals. *J Endod*, 36, 1897-1900.
- 53 – Siqueira, Jr. J.F., Alves, F.R.F., Versiani, M.A., Rôças, I.N., Almeida, B.M., Neves, M.A., et al. (2013). Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc and twisted file systems. *J Endod*, 39, 1044-1050.
- 54 – De-Deus, G., Belladonna, F.G., Silva, E.J., et al. (2015). Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J*, 26, 624-9.
-

- 55 – Sant’Anna Jr., A., Cavenago, B.C., Ordinola-Zapata, R., De-Deus, G., Bramante, C.M., Duarte, M.A.H. (2014). The effect of larger apical preparations in the danger zone of lower molars prepared using the mtwo and reciproc systems. *J Endod*, 40, nº11, 1855-1859.
- 56 – Hervás, A., Forner, L., Llena, C., Zaragoza, E. (2009). Evaluation of morphological changes produced by orifice opener systems using computerized tomography (CT). *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 14, nº12, e674-9.
- 57 – Berutti, E., Fedon, G. (1992). Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. *J Endod*, 18, nº11, 545-8.
- 58 – Raiden, G., Koss, S., Costa, L., Hernández, J.L. (2001). Radiographic measurement of residual thickness in premolars with post preparation. *J Endod*, 27, nº4, 296-8.
- 59 – Elayouti, A., Chu, A.L., Kimionis, I., Klein, C., Weiger, R., Loest, C. (2008). Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *International Endodontic Journal* 41, 1088–92.
- 60 – de Oliveira, D.J.F, Leoni, G.B., Goulart, R.S., de Souza-Neto, M.D., Sousa, Y.T.C.S., Silva, R.G. (2019). Changes in Geometry and Transportation of Root Canals with Severe Curvature Prepared by Different Heat-treated Nickel-titanium instruments: A micro-computed tomographic Study. *JOE*, 45, nº6,768-773.
- 61 – Ajuz, N.C., Amada, L., Gonçalves, L.S., Debelian, G., Siqueira, J.F. Jr. (2013). Glide path preparation in S-shaped canals with Rotary pathfinding nickel-titanium instruments. *J Endod*, 39, nº4, 534-7.
- 62 – Berutti, E., Cantatore, G., Castellucci, A., Chiandussi, G., Pera, F., Migliaretti, G., Pasqualini, D. (2009). Use of nickel-titanium rotary pathfile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod*, 35, nº3, 408-12.
- 63 – Saleh, A.M., Gilani, P.V., Tavanafar, S., et al. (2015). Shaping ability of 4 different single file systems in simulated s-shaped canals. *J Endod*, 41, 548-52.
- 64 - Alcalde, M.P., Tanomaru-Filho, M., Bramante, C.M., et al. (2017). Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by diferent nickel-titanium alloys. *J Endod*, 43, 1186-91.
-
-

- 65 – Pedulla, E., Lo Savio, F., Boninelli, S., et al. (2016). Torsional and cyclic fatigue resistance of new nickel-titanium instrument manufactured by electrical discharge machining. *J Endod*, 12, 156-9.
- 66 – Kaval, M.E., Capar, I.D., Ertas, H. (2017). Evaluation of the cyclic fatigue and torsional resistance of novel nickel-titanium Rotary files with various alloy properties. *J Endod*, 42, nº12, 1840-1843.
- 67 – Inan, U., Keskin, C., Yilmaz, O.S., Bas, G. (2018). Cyclic fatigue of reciproc blue and reciproc instruments exposed to intracanal temperature in simulated severe apical curvature. *Clinical Oral Investigations*.
- 68 – Klymus, M.E., Alcalde, M.P., Vivan, R.R., Só, M.V.R., de Vasconcelos, B.C., Duarte, M.A.H. (2018). Effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clinical Oral Investigations*.
- 69 – Jamleh, A., Yahata Y., Ebihara, A., Atmeh, A.R., Bakhsh, T., Suda, H. (2016). Performance of NiTi endodontic instrument under different temperatures. *Odontology*, 104, nº6, 324-328.
- 70 – Silva, E.J.N.G., Vieira, V.T.L., Hecksher, F., Oliveira, M.R.S.S., Antunes, H.S., Moreira, E.J.L. (2018). Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Investig*, 22, 2633-2638.
- 71 – Elsaka, S.E., Elnaghy, A.M. (2015). Cyclic fatigue resistance of oneshape and waveone instruments using different angles of curvature. *Dent Mater J*, 34, 358-363.
- 72 – Plotino, G., Grande, N.M, Cordaro, M., et al. (2009). A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium Rotary instruments. *J Endod*, 35, 1469-76.
- 73 – Kim HC, Kwak SW, Cheung GS et al (2012) Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod* 38(4): 541–544.
- 74 – Plotino, G., Grande, N.M., Mercadé Bellido, M., Testarelli, L., Gambarini, G. (2017). Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of protaper gold and protaper universal rotary files. *J Endod*, 43, 200-2.
- 75 – Keles, A., Eymirli, A., Uyanik, O., & Nagas, E. (2019). Influence of static and dynamic cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. *Int Endod J*, 52, 880-886.
-

- 76 – Shen, Y., Huang, X., Wang, Z., Wei, X., Haapasalo, M. (2018). Low environmental temperature influences the fatigue resistance of nickel-titanium files. *J Endod*, 44, 626-9.
- 77 – Silva, E.J., Vieira, V.T., Belladonna, F.G., et al. (2018). Cyclic and torsional fatigue resistance of XP-endo shaper and trushape instruments. *J Endod*, 44, 168-72.
- 78 – Teixeira, F.B., Sano, C.L., Gomes, B.P., Zaia, A.A., Ferraz, C.C., Souza-Filho, F.J. (2003). A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars. *Int Endod J*, 36, 276-80.
- 79 – von Arx, T. (2005). Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J*, 38, 160-8.
- 80 – von Arx, T., Steiner, R.G., Tay, F.R. (2011). Apical surgery: endoscopic finding at the resection level of 168 consecutively treated roots. *Int Endod J*, 44, 290-302.
- 81 – Carr, G.B., Schwartz, R.S., Schaudinn, C., Gorur, A., Costerton, J.W. (2009). Ultrastructural examination of failed molar retreatment with secondary apical periodontitis: an examination of endodontic biofilms in an endodontic retreatment failure. *J Endod*, 35, 1303-9.
-
-

APÊNDICES

APÊNDICES

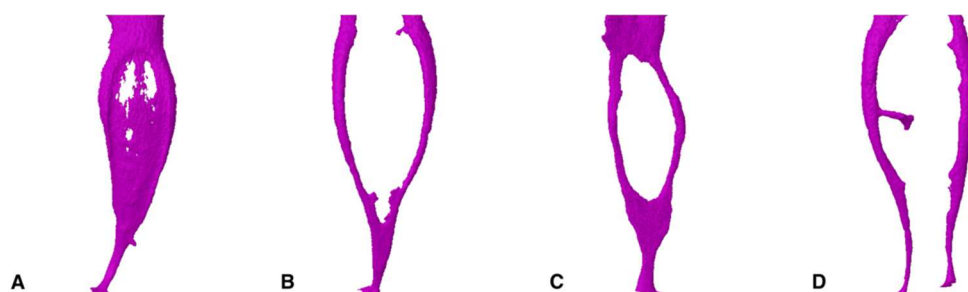


Figura 1. Classificação de Ahmed et al (2017). A) MIRm¹⁻¹⁻¹; B) MIRm²⁻²⁻¹⁻¹; C) MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹; D) MIRm²⁻²⁻².

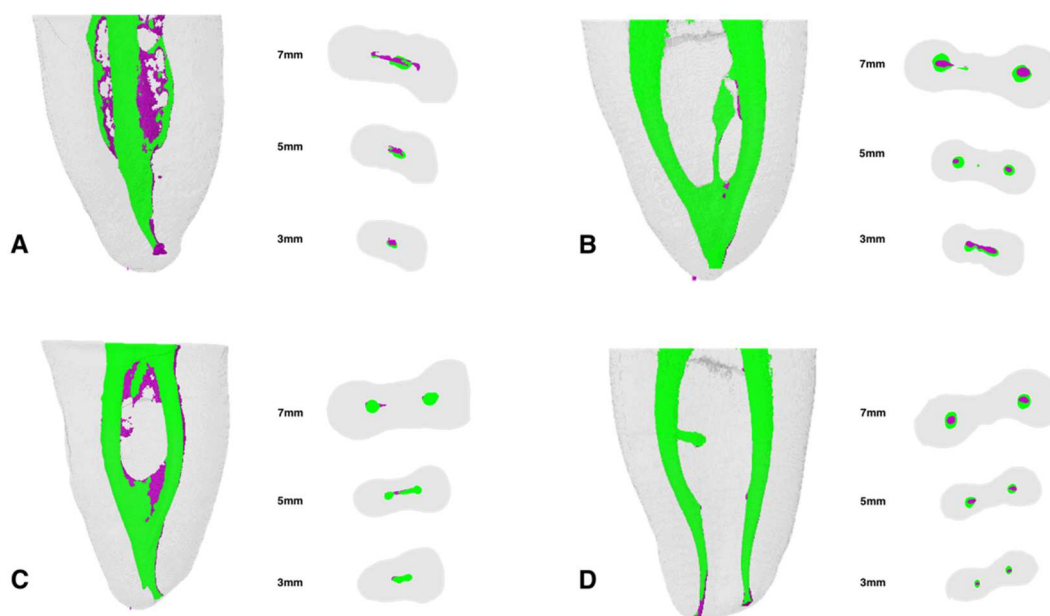


Figura 2. Imagens representativas totais e dos terços apical, médio e cervical dos grupos MIRm¹⁻¹⁻¹ (A); MIRm²⁻²⁻¹⁻¹ (B); MIRm¹⁻¹⁻²⁻¹⁻¹ (C) e MIRm²⁻²⁻² (D). Em roxo a área do canal inicial e em verde as áreas tocadas pelo instrumento.

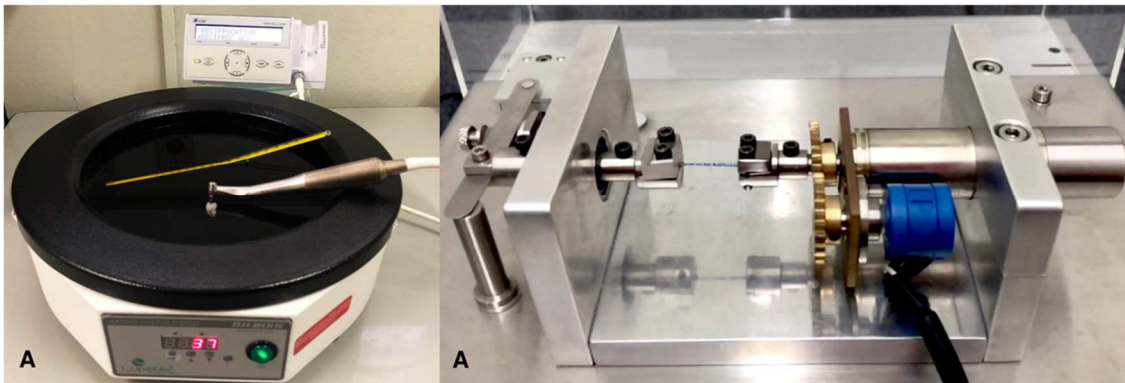


Figura 3. A) Instrumentação em temperatura corporal (37°). B) Máquina de torção com instrumento Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha).

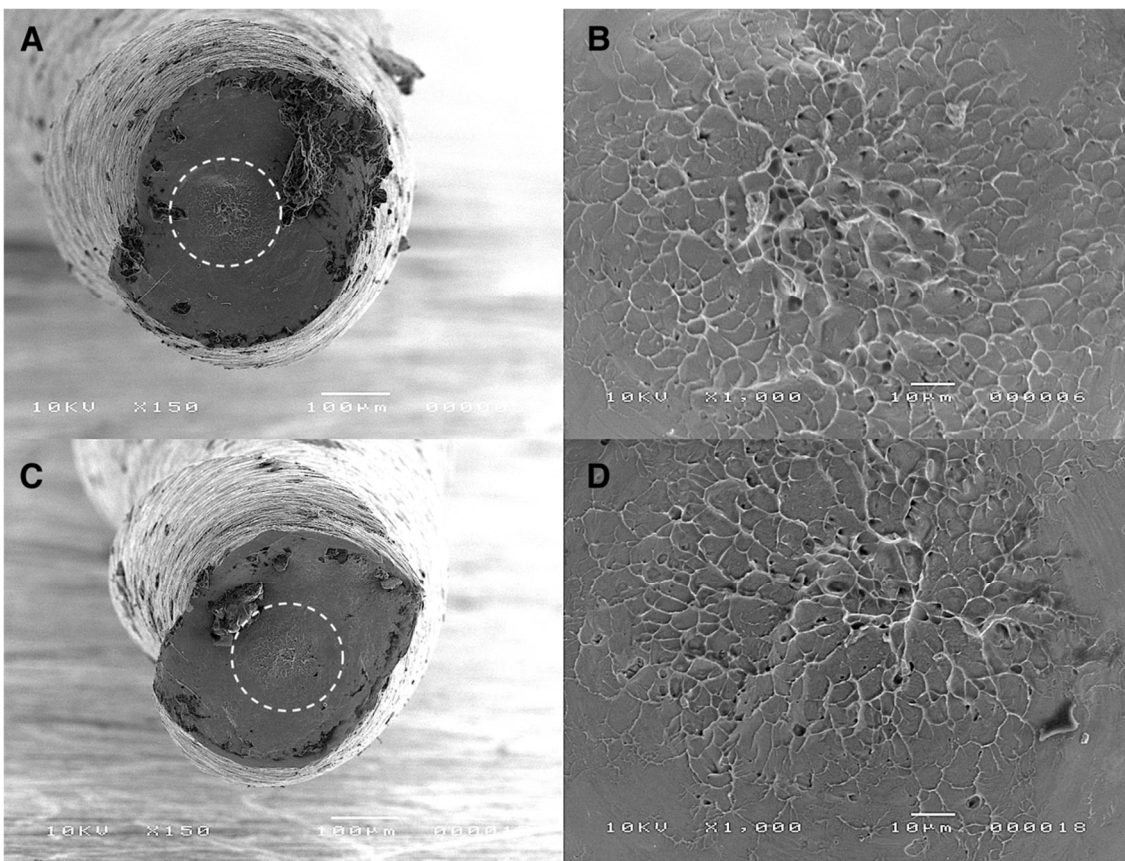


Figura 4. Imagem de microscópio eletrônico de varredura a laser (MEV). A) Instrumento usado em temperatura ambiente, aumento de 150x; B) Região da fratura do instrumento A mostrando os dimples que confirmam a fratura por torção, aumento de 1000x; C) Instrumento usado em temperatura corporal, aumento de 150x; D) Região da fratura do instrumento C mostrando os dimples que confirmam a fratura por torção, aumento de 1000x.

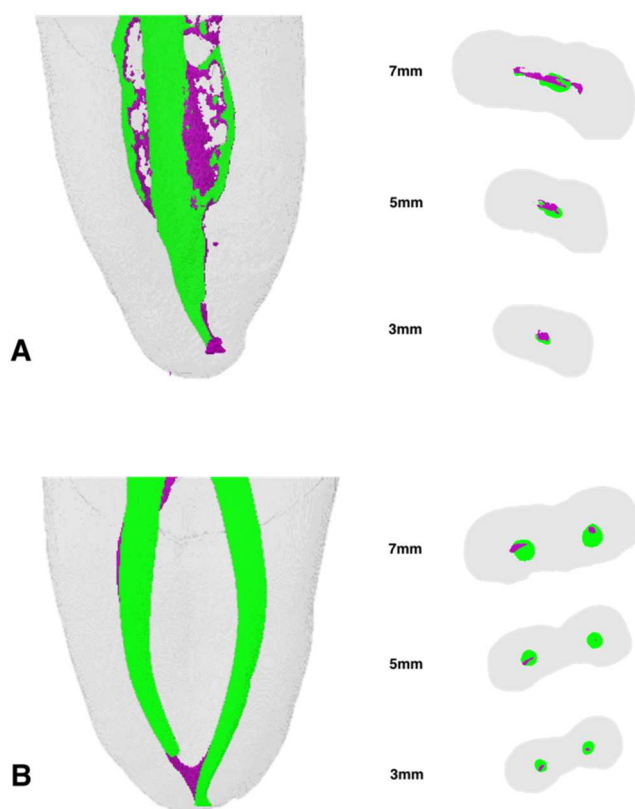


Figura 5. Imagens representativas totais e dos terços apical, médio e cervical dos grupos temperatura corporal (A) e ambiente (B). Em roxo a área do canal inicial e em verde as áreas tocadas pelo instrumento.

DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM DISSERTAÇÃO

Declaramos estar cientes de que o trabalho “*Avaliação do comportamento mecânico do Reciproc Blue frente a diferentes anatomias e temperaturas*” será apresentado na dissertação da aluna Gabriela Gonzalez Piai e que não foi e nem será utilizado em outra dissertação/tese dos Programas de Pós-graduação da FOB-USP.

Bauru, 29 de maio de 2020.

Gabriela Gonzalez Piai

Gabriela Gonzalez Piai

Marco Antonio Hungaro Duarte

Marco A H Duarte

Murilo Priori Alcalde

Murilo Priori Alcalde

Bruno Cavalini Cavenago

Bruno Cavalini Cavenago

Marcus Vinicius Reis Só

Marcus Vinicius Reis Só

Rodrigo Ricci Vivan

Rodrigo Ricci Vivan
