

Comparativo da capacidade de corte e remoção de quatros instrumentos endodônticos rotatórios de níquel-titânio

Comparative cutting ability and cleaning efficiency of four nickel-titanium rotary endodontic instruments

Caparación de la capacidad corte y eficiencia de limpieza de cuatro instrumentos de endodoncia rotativos de níquel-titanio

Recebido: 08/06/2023 | Revisado: 10/07/2023 | Aceitado: 21/07/2023 | Publicado: 25/07/2023

Paulo Roberto Gromatzky

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3770-3831>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: pgromatzky@gmail.com

Daniel Souza Ferreira Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3761-1927>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: Daniel.magalhaes@ub.edu.br

Adalberto Fidalgo da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5494-152X>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: dr.afcosta@terra.com.br

Luiz Carlos Laureano da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3168-8832>
Universidade Taubaté, Brasil
E-mail: laureanoda.rosa@gmail.com

Irineu Gregnanin Pedron

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2677-5539>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: irineu.pedron@universidadebrasil.edu.br

Caleb Shitsuka

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9813-0457>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: cashitsuka@gmail.com

João Marcelo Ferreira de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1270-5775>
Universidade Brasil, Brasil
E-mail: ferreiramedeiros@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo da presente investigação foi avaliar a capacidade de corte de 4 instrumentos endodônticos do sistema rotatório Ni-Ti em função do número usado em 20 blocos com canais simulados de resina fenólica (Baquelite®) e 75° de curvatura sendo testadas 20 limas de diferentes marcas divididas em 4 grupos: GA-Limas Twisted File® (25/.12, 25/.10, 25/.08, 25/.06, 25/.04) (n=5); GB- LimasBioRaCe®(25/.08, 15/.05, 25/.04, 25/.06, 35/.04 e 40/.04) (n=6); GC-Limas Mtwo® (10/.04, 15/.05, 20/.06 e 25/.06) (n=4) e GD-Limas EndoWave® (35/.08, 30/.06, 25/.06, 20/.06 e 15/.02) (n=5). As limas e blocos foram lavadas antes do uso. Os blocos foram secos com papel absorvente e estufa a 100°C durante 2 h pesados antes e depois em balança de precisão (SA-210, Quimes). Em ambos os grupos utilizou motor X-Smart® (Dentsply/Maillefer, Suíça) para instrumentação com velocidade de 300rpm e controle de torque programado e 1,6N de força. Inicialmente o canal foi irrigado com 5mL de hipoclorito de sódio a 1% (Officinalis®) e substância química auxiliar da instrumentação o creme de Endo PTC® neutralizado por hipoclorito de sódio a 1% e irrigação/aspiração do canal com 5mL de solução de hipoclorito de sódio a 1%. O instrumento Mtwo® promoveu maior remoção de resina, isto é, maior eficiência de corte do canal simulado seguida da lima BioRaCe®, EndoWave® nos cinco diferentes usos enquanto o instrumento TwistedFile® removeu menos material. O substrato a base de resina fenólica apresentou estabilidade nos ensaios de desgaste com respeito à perda de peso dos blocos.

Palavras-chave: Endodontia; Preparo do canal radicular; Instrumentos odontológicos; Níquel; Titânio.

Abstract

The aim of this investigation was to evaluate the cutting capacity of 4 endodontic instruments of the Ni-Ti rotary system was evaluated according to the number of uses in 20 blocks with simulated phenolic resin channels (Baquelite®) and 750 of curvature, being tested 20 files of different brands divided into 4 groups: GA–Twisted File® files (25/12, 25/10, 25/08, 25/06, 25/04) (n=5); GB- LimasBioRaCe®(08/25, 05/15, 04/25, 06/25, 04/35 and 04/40) (n=6); GC–Files Mtwo® (10/04, 15/05, 20/06 and 25/06) (n=4) and GD–Limes EndoWave® (35/08, 30/06, 25/ .06, 06/20 and 02/15) (n=5). Files and blocks were washed before use. The blocks were dried with absorbent paper and oven at 1000C for 2 h, weighed before and after on a precision scale (SA–210, Quimes). In both groups, an X-Smart® motor (Dentsply/Maillefer, Switzerland) was used for instrumentation with a speed of 300rpm and programmed torque control and 1.6N of force. Initially, the canal was irrigated with 5mL of 1% sodium hypochlorite (Officinalis®) and instrumentation auxiliary chemical substance Endo PTC® cream neutralized by 1% sodium hypochlorite and irrigation/aspiration of the canal with 5mL of hypochlorite solution 1% sodium. The Mtwo® instrument promoted greater resin removal, that is, greater efficiency in cutting the simulated canal followed by the BioRaCe® file, EndoWave® in the five different uses, while the TwistedFile® instrument removed less material. The substrate based on phenolic resin showed stability in the wear tests with respect to weight loss of the blocks.

Keywords: Endodontics; Root canal preparation; Dental instruments; Nickel; Titanium.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad de corte de 4 instrumentos de endodoncia del sistema rotatorio Ni-Ti según el número de usos en 20 bloques con canales de resina fenólica simulada (Baquelite®) y 750 de curvatura, ensayándose 20 limas de diferentes marcas divididas en 4 grupos : expedientes GA–Twisted File® (25/12, 25/10, 25/08, 25/06, 25/04) (n=5); GB- LimasBioRaCe®(25/08, 15/05, 25/04, 25/06, 35/04 y 40/04) (n=6); GC–Files Mtwo® (10/04, 15/05, 20/06 y 25/06) (n=4) y GD–Limes EndoWave® (35/08, 30/06, 25/ .06, 06/20 y 15/02) (n=5). Las limas y los bloques se lavaron antes de su uso. Los bloques fueron secados con papel absorbente y estufa a 1000C por 2 h, pesados antes y después en una balanza de precisión (SA-210, Quimes). En ambos grupos se utilizó para la instrumentación un motor X-Smart® (Dentsply/Maillefer, Suiza) con velocidad de 300rpm y control de torque programado y 1,6N de fuerza. Inicialmente se irrigaba el canal con 5mL de hipoclorito de sodio al 1% (Officinalis®) y sustancia química auxiliar de instrumentación crema Endo PTC® neutralizada con hipoclorito de sodio al 1% e irrigación/aspiración del canal con 5mL de solución de hipoclorito de sodio al 1%. El instrumento Mtwo® promovió mayor remoción de resina, es decir mayor eficiencia en el corte del canal simulado seguido de la lima BioRaCe®, EndoWave® en los cinco diferentes usos, mientras que el instrumento TwistedFile® removió menos material. El sustrato a base de resina fenólica mostró estabilidad en las pruebas de desgaste con respecto a la pérdida de peso de los bloques.

Palabras clave: Endodoncia; Preparación del conducto; Instrumentos dentales; Níquel; Titanio.

1. Introdução

O preparo do canal radicular constitui etapa do tratamento endodôntico considerando remoção de detritos, bactérias, dentina contaminada, polpa dentária, procedimento essencial a desinfecção dos canais sendo o uso do instrumento endodôntico capaz de dar conformação a cavidade endodôntica.

Morrison et al., (1989) avaliaram em placas sulcadas de resina fenólica instrumentos em diversos usos. Ocorreu perda da eficiência de corte dos instrumentos usados em dentes. A resina fenólica utilizada neste experimento foi um excelente substrato para o teste de corte, pois o material elimina as variações de dentina e osso.

Linsuwanont et al., (2004) avaliaram métodos de limpeza em instrumentos endodônticos rotatórios de níquel-titânio. Três fatores foram avaliados para uma limpeza eficaz: armazenamento seco ou úmido antes da limpeza; remoção mecânica (escovação); e dissolução química em hipoclorito de sadio a 1% com ultrassom. Após contaminação, a escovação sozinha removeu a maioria destes detritos não removendo o filme orgânico enquanto o hipoclorito de sódio removeu efetivamente o filme orgânico. Limpeza como armazenamento úmido, escovação seguido de imersão em hipoclorito de sódio a 1% e limpeza ultrassônica removeu totalmente os resíduos orgânicos.

Claro (2004) calculou a dureza Vickers de vários substratos como placas de osso bovino úmido com valor de 39,72HV, Baquelita® índice de 39,92HV, resina acrílica por volta de 21,10HV e osso bovino desidratado da ordem de 64,85HV revelando a Baquelita dureza semelhante ao osso bovino úmido, excelente substrato para uso em teste de penetração, baixa higroscopia, boa estabilidade dimensional, baixo custo de preparação, reprodutibilidade controlável na preparação das amostras, perda de peso em resposta ao ciclo de limpeza.

Anusavice (2005) relata que desgaste da lâmina de corte do instrumento ocorre quanto mais se usa o instrumento sendo que este perde a capacidade de corte em função do número de usos. A resina fenólica quando comparada com canais de dentes humanos com índices de dureza Vickers maiores da dentina humana durante o uso em ensaios se desgasta mais do que em canais simulados de resina fenólica.

Franco (2005) pesquisou capacidade de corte do instrumento Flexofile em 20 canais simulados de resina fenólica considerando seus pesos, antes e após o preparo do canal radicular e como fonte de variação duas técnicas de preparo do canal: um manual e outra automatizada com sistema rotatório. Não ocorreu diferença quanto ao desgaste do referido material em função da técnica de instrumentação com a lima Flexofile.

Borges (2005) testou capacidade de corte em 40 limas de aço inoxidável de secção quadrangular e triangular e adaptadas em dispositivo especial de simulação do movimento linear com atuação padrão em vinte placas de resina fenólica com cinco canaletas que serviram de guia para os desgastes efetuados pelos instrumentos sendo as canaletas analisadas em projetor de perfil. Limas de base triangular, tem maior poder de corte do que limas quadrangular.

Schäfer et al., (2006a) pesquisaram a modelagem dos canais usando limas Mtwo, K3 e RaCe e sua eficácia foram analisadas em blocos de canais de resina poliéster com curvaturas de 28° e 35°. As imagens antes e após instrumentação foram gravadas e avaliadas a forma do canal concluída em programa de análise de imagens de computador enquanto a remoção do material medida em 20 pontos de medição, iniciando a 1 milímetro do ponto final de preparo. Anormalidades do canal, tempo de preparo, mudanças de comprimento de trabalho e fraturas do instrumento. Canais preparados com limas Mtwo permaneceram mais centralizados em comparação com limas K3 ou RaCe sendo 6 limas RaCe, 4 limas K3 e nenhuma Mtwo fraturaram durante preparo. Limas Mtwo prepararam canais rapidamente, respeitaram a curvatura original do canal e são seguras quanto ao uso.

Schäfer et al., (2006b) confrontaram limpeza e modelagem de limas rotatórias Ni-Ti Mtwo, K3 e RaCe no preparo de 60 canais com curvaturas entre 25° e 35° em dentes extraídos de molares inferiores e superiores. Dividiu-se em 3 grupos de 20 canais usando radiografias antes e após instrumentação. A retificação das curvaturas do canal foi determinada em programa de análise de imagem por computador. A quantidade de detritos e *smearlayer* foram quantificadas com base em escala de avaliação numérica. Não ocorreu fraturas e o preparo com limas Mtwo foi mais rápida que as duas limas, boa limpeza e manutenção da curvatura original do canal melhor.

Alkmin et al. (2007) detalharam valendo-se de fotografias etapas de construção e obtenção de modelos sob a forma de placas e blocos com canais simulados usados como substrato em 40 blocos de Baquelita® em laboratório. Inicialmente pesa-se a resina granulada em pó que é depositada no fundo da matriz do aparelho cujas etapas de obtenção dos modelos, segue: após, adapta-se um fio ortodôntico de número 0,6 para feitura do canal simulado colocando-se mais uma porção do pó de Baquelita® cobrindo o fio ortodôntico. Depois uma compactação é feita valendo-se de uma carga de 20-25 kN em um tempo de 10-12 minutos e temperatura situada entre 190 a 210°C o que produz cilindros de 8 milímetros de altura e 30 milímetros de diâmetro. Os procedimentos de embutimento e lixamento são os mesmos observados na confecção dos blocos de resina fenólica de canais simulados. Tal obtenção possibilitou condições de resultados fáceis de reproduzir obtendo-se substratos usados em pesquisa.

Zollner et al., (2007) valendo-se de microscopia eletrônica de varredura compararam ação das substâncias químicas utilizadas na irrigação final, quanto à remoção da camada residual de magma dentinário em 20 dentes caninos superiores extraídos e foram divididos em quatro grupos: G1 (grupo controle), Tergensol, G2 (grupo experimental) EDTA-T 17%, G3 (grupo experimental) ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) a 10% e G4 (grupo experimental) ácido fosfórico (H_3PO_4) a 37% em gel e, na sequência avaliados em microscópio eletrônico de varredura. A solução de EDTA-T 17 % é mais eficaz na remoção da camada residual de magma quando comparada com o tergensol principalmente nas áreas onde não ocorreu ação dos instrumentos na parede do canal. Todavia resultados semelhantes entre o EDTA-T e o ácido cítrico foram observadas.

Alves-Claro et al., (2008) submetem as limas de Nitinol à implantação por imersão em plasma e avaliaram os efeitos do tratamento de superfície. Para tal, a resistência ao desgaste foi determinada *in vitro* utilizando equipamento para a aplicação de movimentos horizontais em placas dentadas previamente preparadas feitas de resina fenólica. Concluíram que os resultados encontrados apontam que o tratamento de superfície aumentou significativamente a resistência ao desgaste das limas.

Medeiros et al., (2009) apontam dificuldade de achar canais de dentes humanos com mesmo grau de curvatura. Determinaram valendo-se de um cilindro construído a partir de cálculo matemático trigonométrico o ângulo de fios metálicos que foram moldados neste cilindro, determinação de 75 graus de curvatura e comprimento de 21 milímetros desses fios metálicos em canais radiculares simulados depois da confecção dos blocos de resina fenólica, após avaliação radiográfica. Construíram dispositivo com formato de cilindro para que o fio fosse envolvido no sulco do cilindro, obtendo-se arranjo do arco com o ângulo pretendido. Foi realizada uma tomada radiográfica do arco metálico e a determinação do grau de curvatura conforme método de Schneider (1971), obtendo-se os ângulos. Após inclusão dos fios metálicos nos blocos em uma unidade de embutimento, nova tomada radiográfica e novo traçado para obtenção do ângulo dos canais simulados. Não ocorreu diferença entre os ângulos antes e depois da inclusão. Concluíram que a obtenção do arco metálico no cilindro nas duas condições bem como o traçado para determinação do ângulo na radiografia representa uma ferramenta reproduzível e a avaliação do processo de determinação do grau de curvatura das amostras indica que o método é apropriado e adequado na determinação do grau de curvatura.

Mansano (2009) comparou a capacidade de corte de dois de instrumentos endodônticos de níquel-titânio de cada série, valendo-se de sistema rotatório Endo-Gripper em blocos a base de resina fenólica contendo canais simulados com 75 graus de curvatura em 10 blocos de canais simulados em dois grupos: grupo A, efetuou-se preparo valendo-se de limas tipo K e Hedströen de níquel-titânio de uso manual (#15 a #40); no grupo B canais preparados com limas tipo K de níquel-titânio manuais igual ao grupo anterior. Após o primeiro uso, todos os blocos foram secos e depois pesados repetindo até quinto uso. Não ocorreu diferença do preparo do canal nos blocos de resina fenólica comparando às duas técnicas de preparo e ambos grupos as limas perderam capacidade de corte em função do número de uso.

Haddad Filho et al., (2011) analisaram a perda de corte do instrumento rotatório ProTaper® em função do número de uso e esterilização em autoclave em 10 canais simulados de resina acrílica transparente com ângulo de curvatura de 45°, com instrumentos Protaper® de numeração S1, S2, F1, F2 e F3, substituindo o Sx pelas brocas de Largo #1. Os blocos pesados foram pesados e anotados o peso inicial. Após foi preparado com motor elétrico Endo Pro-Torque® da Driller com reverso automático e ajuste do controle da velocidade em 350 rpm, torque de 1N em contra-ângulo modelo Kavo® e tempo de 3 minutos em cada lima. Creme de Endo-PTC durante o preparo do canal, após seu tempo de ação irrigava-se o canal com hipoclorito de sódio a 1%. Depois o bloco lavado com detergente neutro, seco com gaze, canal aspirado e seco com cone de papel absorvente, pesado anotando o peso final. A cada uso as limas rotatórias eram limpas com gaze embebido em álcool e, posteriormente, lavadas com detergente neutro e secas também com gaze e levadas em envelope descartável para processo de

esterilização em autoclave com ciclo de 20 minutos. O instrumento perdeu poder de corte em função do uso, e a partir do sétimo uso, recomenda-se seu descarte.

Reis et al., (2011) analisaram capacidade de corte e deformação de limas do sistema rotatório em função do número de uso em dez limas F2 do Sistema ProTaper Universal e dez limas 25/06 do Sistema EndoSequence em 20 placas sulcadas de resina fenólica em plataforma para contra-ângulo com lima em íntimo contato com a placa sendo 3 anéis de 50 gramas cada presas nas proximidades da cabeça do contra-ângulo acionando-se motor elétrico. Leitura das limas em microscopia eletrônica de varredura antes e após 5 usos. As placas foram pesadas antes (P0) e após cada uso até o quinto uso (P5). Não ocorreu diferença na capacidade de corte das limas ProTaper Universal® e EndoSequence®. As limas F2 ProTaper Universal® demonstraram perda de corte progressiva a partir do primeiro uso com significado estatístico até o quinto uso, enquanto as limas 25/06 EndoSequence® também demonstraram perda de corte progressiva com exceção do quarto uso em que não houve perda de corte significativo em relação ao terceiro uso.

Medeiros et al., (2012) avaliaram a diferença dos pesos em 20 blocos de resina fenólica umedecidos, secagem dos mesmos blocos com papel absorvente e secagem em estufa. Os blocos foram hidratados por 1 semana e após retirados pesados em balança analítica compondo o peso umedecido do bloco (Pu). Secagem dos blocos com gaze hidrófila e, internamente, com cones de papel absorvente e pesados representando o peso do bloco (Pa). A seguir, os blocos foram secos em estufa durante 2 horas a 100°C e pesados novamente após secagem na estufa (Pe). Obtidos os valores Pu, Pa e Pe de cada bloco, realizou-se tomada de diferença de pesos por meio da subtração do primeiro peso pelo segundo (Pu - Pa), do primeiro pelo terceiro (Pu - Pe) e do segundo pelo terceiro (Pa - Pe). Em ordem decrescente de peso em gramas obtiveram-se blocos umedecidos, blocos secos externamente com gaze hidrófila e blocos secos com cones de papel absorvente e estufa sendo que a secagem em estufa remove mais líquidos do interior do canal radicular.

Salum (2012) analisou, *in vitro*, a capacidade de corte e resistência à fadiga cíclica dos sistemas rotatórios ProFileVortex® e ProTaper®. Pesou em balança analítica 100 blocos de resina fenólica de canais simulados com 75° de curvatura, obtendo-se os pesos iniciais (P0). Após o preparo os blocos foram pesados, obtendo-se os pesos finais (P1). Quarenta limas foram divididas: Grupo A: vinte limas ProFileVortex® n°25; 25mm; taper.06; e Grupo B: vinte limas ProTaper® F1, 25mm. Subdividiu-se em dois subgrupos com dez amostras cada, conforme número de usos, sendo estabelecidos da seguinte maneira: grupos A0 e B0, instrumentos sem uso algum, e grupos A5 e B5, limas de cinco usos. Avaliou-se a resistência à fadiga cíclica submetendo-se todos as limas a ensaio dinâmico, utilizando-se dispositivo desenvolvido para tal, até a ocorrência da fratura, que foi constatada visualmente registrando-se número de ciclos até a fratura, assim como o tempo expresso em segundos. Todos os blocos perderam peso, sem significado estatístico. As limas Profile Vortex® removeram mais conteúdo e completaram maior número de ciclos até a fratura, com significado estatístico comparados com limas Protaper®. A capacidade de corte e a resistência à fadiga cíclica foram maiores para as limas Profile Vortex® comparados com os instrumentos Protaper®.

Zago et al., (2013) apontam que a secagem do canal radicular após o preparo do canal com cones de papel absorvente é importante e imprescindível na obtenção de superfície sem umidade. Compararam os pesos de amostras em dentes úmidos, secos com papel absorvente e estufa após preparo do canal em 30 dentes humanos extraídos e depois mergulhados em frascos individuais contendo água destilada, por uma semana e, depois, os dentes umedecidos (Pu) pesados em balança analítica, dentes secos em cones de papel absorvente (Pa) e após secagem dos dentes na estufa por 12 horas a 50°C (Pe) e pesados. Estes em ordem decrescente de peso foi dentes umedecidos, dentes secos com cones de papel absorvente e dentes secos em estufa sendo a estufa essencial na remoção de mais umidade dos canais radiculares.

Medeiros et al., (2014) analisaram a microdureza Vickers da superfície de cinco blocos de resina fenólica valendo-se de microdurômetro. Inicialmente inclusão, acabamento metalográfico e posteriormente avaliação por meio de microdurômetro equipado por uma base, penetrador e sistema de aplicação de carga e microscópio acoplado, com aumentos de 100 vezes e 400 vezes. Empregou-se carga de 100gf medindo a dureza em cinco diferentes pontos aleatoriamente escolhidos, com o penetrador de diamante posicionada sobre a amostra durante quinze segundos. Após isso, a objetiva de 40 vezes é posicionada para a leitura no visor digital, o valor numérico HV calculado a partir das diagonais da impressão. Não ocorreu diferença entre as frequências médias nos cinco pontos das amostras dos blocos de resina fenólica testados, o que garante que nos cinco pontos selecionados aleatoriamente as durezas são equivalentes. Concluiu-se que as médias dos valores dos blocos de resina fenólica apresentaram dureza Vickers semelhantes. Com relação ao comportamento das medidas de microdureza Vickers, o coeficiente de variação mostrou uma homogeneidade nas amostras 1, 2, 3 e 5, enquanto a amostra 4 está menos homogênea devido ao primeiro ponto medido de microdureza, que está discrepante (60HV) em relação aos outros pontos. As médias de dureza Vickers nos 5 pontos testados de cada amostra mostrou valores de 39,48 45,26, 41,56, 46,52 e 41,52.

Medeiros et al., (2014) avaliaram a microdureza Vickers na superfície de 5 dentes artificiais de resina poliéster contendo canais simulados que foram levados a suporte para fixação em uma plataforma na base do equipamento, realizando-se ensaios com visualização de imagens no microscópio e por meio de visor digital, valores das medidas obtidas de cada ponto de cada dente em particular aplicando carga de 100gf com um penetrador bastante duro talhado em diamante com forma de uma pirâmide quadrangular com ângulo de diedro de 136° , que entra em contato com 5 superfícies do material examinado durante 15 segundos. As extensões da marca de penetração chamadas endentação são deixadas na superfície da amostra sob a forma de losango regular, cujas diagonais são medidas e fica registrada no visor digital no microscópio a área da superfície impressa pela medição das suas diagonais automaticamente calculada por meio de programa no microscópio, o valor da dureza Vickers (HV). Concluiu-se, a média dos valores dos dentes apresentou dureza Vickers equivalentes, exceção entre dois pares com microdureza Vickers diferentes.

Arantes et al., (2014) pesquisaram em microscopia eletrônica de varredura 20 limas endodônticas rotatórias de Ni-Ti, antes e depois de usos, considerando defeitos e deformações. Limas Twisted File®, BioRace®, Mtwo® e EndoWave® foram micrografadas com aumento de 190X. As limas foram lavadas e micrografadas novamente para visualizar alterações quanto à presença ou ausência de bordas irregulares, sulcos, microcavidades e raspagem. Após isso, realizaram preparo do canal em 20 blocos em canais simulados de resina fenólica com 75° de curvatura sendo as marcas das limas divididas aleatoriamente em quatro grupos A, B, C e D. Os instrumentos foram limpos e receberam análise microscópica após serem utilizados cinco vezes. Houve diferença quanto às deformações entre Twisted File® e outros instrumentos. Não houve diferença nas cepas entre os outros grupos. Todos as limas Twisted File® mostraram mesmos defeitos, no entanto, os danos foram menores do que BioRace® e Mtwo®. O Endowave® não mostrou os mesmos defeitos. Concluíram que a presença de defeitos foi maior nas limas Twisted File® enquanto limas da marca BioRace® e Mtwo® a taxa de defeitos foi menor e as limas Endowave® não apresentaram defeitos. A presença de desgaste após cinco usos entre os grupos, todos os instrumentos apresentaram alterações em suas lâminas de corte.

Cumbo et al., (2015) avaliaram o alargamento do canal radicular após modelagem usando 2 sistemas rotatórios de níquel-titânio. Quarenta dentes unirradiculares com canais curvos abaixo de 20° graus foram imersos em resina e seccionados perpendicularmente ao longo eixo a 4, 8 e 12mm do ápice. A captura digital das seções foi realizada antes e após a instrumentação do canal usando os instrumentos Mtwo e BioRace. O aumento da área do espaço endodôntico foi calculado por subtração. O uso dos instrumentos removeu grandes quantidades de dentina das paredes do canal mesmo ao atingir pequenos

espaços. Ambos parecem válidos e não foram encontradas diferenças entre o instrumento Mtwo e o BioRaCe, considerando a quantidade de dentina removida a diferentes distâncias do ápice.

Hema et al. (2015) pesquisaram a eficiência de limpeza, tempo de preparação, deformação do instrumento e a fratura de limas rotatórias LightSpeed (LS), ProTaper (PT) e EndoWave (Ew) em 45 pré-molares inferiores humanos divididos em três grupos, a saber: Grupo 1: preparos com o sistema LightSpeed (LS); Grupo 2: Sistema rotatório ProTaper (PT), Grupo 3: Sistema rotatório EndoWave (Ew). Usou-se hipoclorito de sódio a 5,25% e ácido etilenodiaminotetracético a 17% como irrigantes aquém do comprimento do canal. Após preparo valeram-se de microscópio eletrônico de varredura nas secções presença ou ausência de detritos, camada de esfregaço e microfotografias e tiradas no terço coronário, médio e apical com ampliação de 200 vezes e 1000 vezes, respectivamente. As limas foram examinadas após cada uso quanto a deformação. Houve diferença em relação a eficácia de limpeza no terço coronário, médio e apical para LS versus PT e LS versus Ew e sem significado estatístico entre PT e Ew. O tempo médio de preparo para LS, PT e Ew foi de 1,76, 2,50 e 2,75, respectivamente.

Raut et al., (2016) compararam a eficácia da limpeza do preparo do canal em 36 raízes méso-vestibular de três diferentes sistemas rotatórios de NiTi, ProTaper Universal, K3 e Mtwo, em microscopia eletrônica de varredura em quatro grupos: ProTaper Universal, K3, sistema Mtwo e grupo controle. O irrigante usado após cada instrumento foi 3 mL de hipoclorito de sódio a 3%. Após término do preparo e limpeza, irrigação com ácido etilenodiaminotetracético a 1% a 1 minuto seguindo-se lavagem final com hipoclorito de sódio. As raízes foram seccionadas vestibulo-lingualmente e as paredes examinadas no microscópio com aumento de 500 vezes em 3 áreas do canal radicular. Estas foram avaliadas quantitativamente usando escala de avaliação de cinco pontos. Canais completamente limpos não foram encontrados em nenhum dos grupos. O valor médio da pontuação de detritos para ProTaper, K3 e Mtwo foi de 2,35, 2,41 e 2,22, respectivamente. Não ocorreu diferenças entre os 3 grupos testados sendo terços apicais do canal menos limpos do que o terço médio e coronário, independentemente do sistema utilizado.

Tanomaru-Filho et al., (2018) pesquisaram a resistência à fadiga cíclica de 96 novas limas fabricados de Ni-Ti tratado termicamente dos sistemas HyFlex CM (HF), Edge File (EF), Pro Design S (PDS/L) e Mtwo (MT) (20/0.06 e 25/0.06) (n = 12). Um dispositivo de aço inoxidável foi utilizado sendo observados tempo e número de ciclos a fratura (NCF). Os fragmentos foram medidos e a superfície da fratura foi avaliada em microscopia eletrônica de varredura. Os instrumentos PDS 20/0.06 e PDL 25/0.06 apresentaram o maior CFR. MT20/0.06 e MT 25/0.06 mostraram o menor CFR. O comprimento dos fragmentos foi semelhante para as limas 25/0.06 e o maior para as limas 20/0.06. Ao exame microscópico mostraram morfologia sugestiva de fratura dúctil. O tratamento térmico aumentou resistência à fadiga de maneira diferente para cada tipo de lima. PDS 20/0.06 e PDL 25/0.06 apresentam maior resistência à fadiga cíclica.

Baxter et al., (2019) examinaram parâmetros do preparo do canal usando três sistemas rotatórios de Ni-Ti (S5, Mtwo e ProTaper Universal (PTU)) em 120 canais radiculares curvos preparados e parâmetros avaliados: retificação do canal curvo, alterações na seção transversal do canal radicular, questões de segurança, limpeza das paredes do canal e tempo de trabalho. Todos os 3 sistemas mantiveram bem a curvatura, seção transversal, não foram encontradas diferenças em nenhum dos terços do canal. Os escores de detritos 1 e 2 foram encontrados em 56% (S5), 46% (Mtwo) e 60% (PTU) das amostras, respectivamente. Os escores 1 e 2 da *smearlayer* foram encontrados em 85% (S5), 73% (Mtwo) e 78% (PTU). Os resultados na remoção de detritos e *smearlayer* não foram significativamente diferentes entre os grupos. O tempo médio de trabalho foi menor para Mtwo (293 segundos) do que para S5 (329 segundos) ou PTU (369 segundos). Todos respeitaram a curvatura original do canal e seguros em relação ao uso. Nenhum dos sistemas foi capaz de preparar toda a circunferência dos canais radiculares e remover completamente os detritos e *smearlayer*.

Medeiros et al., (2019) estudaram em microscopia eletrônica de varredura, a presença de resíduos na superfície de corte de 20 instrumentos rotatórios de níquel-titânio NiTi sem uso divididos em quatro grupos: Grupo A TwistedFile® (n=5), Grupo B BioRaCe® (n=6), Grupo C Mtwo® (n=4) e Grupo D EndoWave® (n=5). As pontas dos instrumentos foram microfotografadas com aumento de 190 vezes a partir do diâmetro inicial para verificar a presença de resíduos. Em seguida, os instrumentos passaram por um rigoroso processo de limpeza e novamente microfotografados com o mesmo padrão de aumento, observando-se a ponta do instrumento e a 5 milímetros da ponta do instrumento. Quanto à sujidade ocorreram diferenças entre as limas Mtwo® com os outros instrumentos. Concluiu-se que todos os instrumentos estavam sujos, exceto a marca Mtwo® e que após os métodos de limpeza a superfície de corte estava isenta de resíduos.

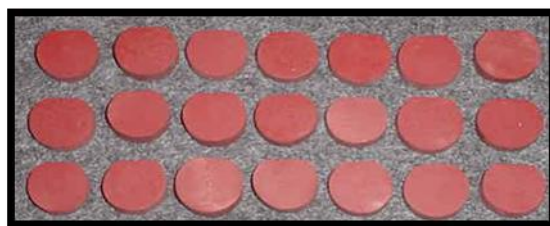
Medeiros et al., (2022) realizaram avaliação *in vitro* da capacidade de corte e desgaste de limas manuais de Ni-Ti do primeiro ao quinto uso e desgaste após o quinto uso, de 10 limas endodônticas de três marcas diferentes, a saber: Maileffer-Dentsplay, FKG Densell todas de número 35. Valeu-se de dispositivo de ensaio de desgaste realizando movimentos contínuos e lineares em placas sulcadas à base de resina fenólica. Estas placas foram pesadas antes e após o uso em balança analítica. Concluiu-se que os instrumentos apresentaram capacidade de corte semelhante sem significado estatístico e perderam a capacidade de corte em função do número de uso.

O propósito deste estudo é avaliar quantitativamente a capacidade de corte de 4 instrumentos endodônticos do sistema rotatório de níquel-titânio (NiTi) em função do número de usos e analisar e comparar o modelo experimental considerando o desgaste do canal simulado confeccionado com resina fenólica valendo-se destas 4 marcas de limas.

2. Metodologia

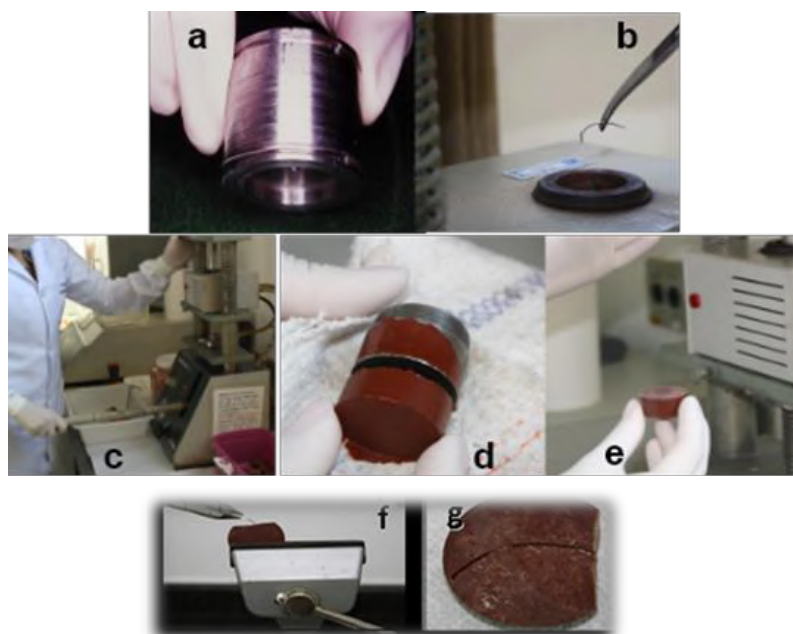
Foram confeccionados vinte blocos com canais simulados de 75° de resina fenólica (Baquelita®) (Figura 1) de cor vermelha “Multfast Brown” (marca Struers/EUA) (Figuras 2a, b, c, d, e) (Figuras 2 f e g) os quais foram produzidos no Laboratório de Materiais, Tratamentos de Superfície e Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, sendo numerados de um a vinte (Alkmin et al., 2007; Medeiros et al., 2009).

Figura 1 – Blocos de resina fenólica contendo canais simulados.



Fonte: Autores.

Figura 2 – Confeção dos canais simulados (a) de resina fenólica e gabarito com curvatura de 75°, (b) fio ortodôntico curvado no gabarito em 75° e levado (c) no termo-plasticador (Termopress 2) para embutimento a quente e (d, e) amostra retirada após o embutimento e (f) remoção do fio ortodôntico para simular o espaço correspondente ao canal radicular; (g) espaço gerado pela remoção do fio ortodôntico.



Fonte: Autores.

Foram utilizados no preparo dos canais radiculares simulados limas rotatórias de níquel-titânio sendo grupo A - Twisted File® da SybronEndo, Sybron Dental Specialties, CA/USA todos de tamanho 25 e conicidade 0.12, 0.10, 0.08, 0.06, 0.04 (n=5), grupo B - BioRaCe® FKG DENTAIRE Swiss Dental Products LA CHAUX-DE-FONDS-SWISS (25/.08, 15/.05, 25/.04, 25/.06, 35/.04 e 40/.04) (n=6), grupo C - Mtwo® da VDW GmbH Munquien/Germany (10/.04, 15/.05, 20/.06 e 25/.06) (n=4) e grupo D - EndoWave® da J Morita Corporation Osaka Japan (35/.08, 30/.06, 25/.06, 20/.06 e 15/.02) (n=5) (Figura 3).

Figura 3 – Limas Twisted File, Limas Bio-RaCe, Limas Mtwo e Limas EndoWave.

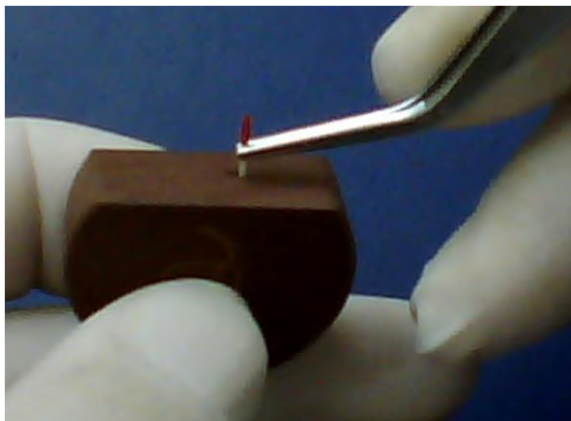


Fonte: Autores.

As limas foram lavadas antes de sua utilização (Linsuwanont et al. 2004), restrição feita às limas Mtwo. Os 20 blocos de canais simulados a base de resina fenólica foram também lavados em água corrente, secos com papel absorvente, depois levados na estufa a 100°C durante 2 horas (Medeiros et al., 2012) para secagem final. Após isso, os blocos foram pesados (P1)

em balança analítica digital modelo SA-210 de precisão (Quimes Aparelhos Científicos Ltda – Diadema – SP) para coleta e registro do peso inicial dos blocos (PI) antes da instrumentação (Figuras 4, 5, 6).

Figura 4 – Secagem do canal simulado com papel absorvente.



Fonte: Autores.

Figura 5 – Secagem final do bloco em estufa.



Fonte: Autores.

Figura 6 – Pesagem inicial dos blocos em balança analítica digital.



Fonte: Autores.

Para todos os grupos foi usado o motor *X-Smart*® (Dentsply/Maillefer- Suíça) (Figura 7) para instrumentação rotatória, aparelho este que permite de acordo com o fabricante usar controle de torque e controle de velocidade. A velocidade utilizada neste estudo foi de 300rpm, com controle de torque programado e 1,6N.

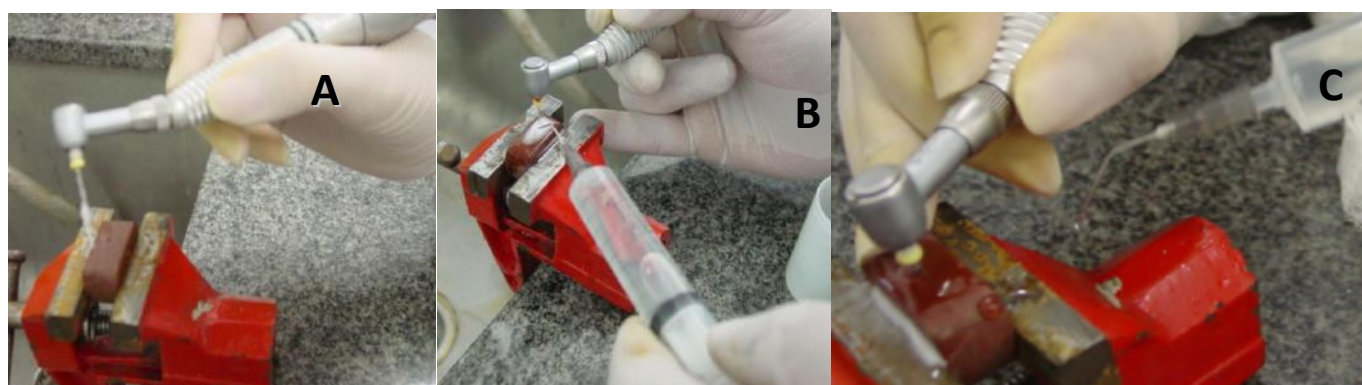
Figura 7 - Motor X-Smart®.



Fonte: Autores.

Antes do preparo químico-cirúrgico foi fixado o bloco numa morsa, irrigado o canal simulado com 5mL de hipoclorito de sódio a 1% (Officinalis®/São Paulo) valendo-se preferencialmente de agulha fina (ULTRADENT® NaviTip 30a). Foi utilizado como substância química auxiliar da instrumentação o creme de Endo PTC® (BIODINÂMICA®/Paraná) neutralizado por hipoclorito de sódio a 1% (Officinalis®/São Paulo), efetuando-se irrigação/aspiração do canal com 5mL de solução de hipoclorito de sódio a 1% (Officinalis®/São Paulo) (Figura 8 A, B, C).

Figura 8 A, B, C – Creme de Endo PTC sendo levado pela lima ao canal simulado (A), irrigação do bloco com hipoclorito de sódio (B) observando reação do hipoclorito de sódio com o creme de Endo PTC e Irrigação final com EDTA-T (C).



Fonte: Autores.

A cada uso do instrumento substituía por outro da sequência e ao final da instrumentação, repetia-se o mesmo procedimento de irrigação. Concluída esta etapa, foi realizada irrigação final com 10mL de EDTA-T® (INODON®/Rio Grande do Sul). O tempo máximo de utilização de cada instrumento no canal radicular simulado foi de dez segundos sendo interrompido durante as trocas de limas e após a irrigação.

Concluída a sequência operatória, os blocos foram lavados novamente com detergente neutro e seco com gaze, realizando-se, no canal, aspiração e secagem com cone de papel absorvente, secagem em estufa conforme feito anteriormente e novamente pesado, repetindo-se este procedimento mais 4 vezes nos blocos de resina fenólica considerando suas pesagens P2, P3, P4 e peso final (P5). Tal protocolo foi repetido até a intervenção do último bloco do canal simulado, ação do instrumento acionado a motor elétrico, com velocidade de 300rpm e torque de 1,6N, por 10 segundos, lavagem final do canal com 5mL com hipoclorito de sódio a 1% e aspiração, remoção do bloco de resina da morsa, lavagem do bloco com detergente.

A análise estatística dos dados, tabelas, gráficos e porcentagem foram utilizados para mostrar os resultados da pesquisa. Estatística descritiva como média, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação foram apresentados. E, como inferência estatística, para verificar se existe diferença significativa entre os grupos, utilizamos a seguinte metodologia: a) inicialmente, para testar normalidade dos dados de todos os grupos, Teste “Kolmogorov-Smirnov” (Teste K-S) foi utilizado; b) Quando o Teste “K-S” apresentou $p\text{valor} > 0,05$ usamos o Teste paramétrico “ANOVA: de fator único” acompanhado do Teste de “Tukey”; c) Quando o Teste “K-S” apresentou $p\text{valor} < 0,05$ usamos o Teste não-paramétrico “Kruskal-Wallis” acompanhado do Teste “Dunn”. É importante ressaltar que todos os testes foram calculados com um nível de significância de 5% e o programa a ser utilizado foi o Bioestat versão 5.0.

3. Resultados

Os resultados deste estudo estão expressos nas Tabelas 1, 2 e 3 e no Gráfico 1.

Tabela 1 - Pesos iniciais (g) e finais (g) após 5 usos relativa aos pesos dos blocos de resina da instrumentação automatizada bem como a diferença relativa dos pesos iniciais e finais da instrumentação automatizada antes e depois do preparo em gramas.

	AMOSTRA	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	DIFERENÇA (mg)
G R U P O A	01	12,94	12,67	27,0
	02	10,40	10,15	25,0
	03	12,76	12,53	23,0
	04	15,15	14,92	23,0
	05	10,23	10,01	22,0
	06	11,83	11,48	35,0
G R U P O B	07	10,56	10,24	32,0
	08	10,49	10,18	31,6
	09	10,26	9,97	29,0
	10	8,92	8,63	29,0
	11	9,71	9,34	37,0
G R U P O C	12	13,30	12,93	37,0
	13	11,30	10,97	33,0
	14	12,29	11,96	33,0
	15	8,56	8,26	30,0
	16	11,35	11,05	30,0
G R U P O D	17	10,71	10,42	29,0
	18	8,93	8,64	29,0
	19	10,94	10,66	28,0
	20	10,17	9,94	23,0
	D			

Fonte: Autores.

A Tabela 1 mostra o comportamento dos dados coletados, referente às diferenças entre os pesos das limas após 5 usos (peso final subtraído do peso inicial).

Na Tabela 2 observa-se que houve uma homogeneidade na medida das diferenças dos pesos, uma vez que todos os coeficientes de variação apontaram valor abaixo de 15% devido ao baixo desvio padrão. Outro aspecto que devemos mencionar é que em todos os grupos, o Pvalor do Teste K-S, Teste KolmogorovSmirnov são maiores de 0,05, indicando que os dados de todos os grupos são normalmente distribuídos.

Tabela 2 - Dados estatísticos referentes à diferença dos pesos antes e depois do preparo.

Grupo	Lima	Média (mg)	Desvio Padrão(mg)	Coefficiente Variação (%)	Teste Kolmogorov Smirnov
A	TwistedFile®	24,00	2,00	8,33	Pvalor>0,05
B	BioRaCe®	31,32	2,49	7,96	Pvalor>0,05
C	Mtwo®	34,00	3,00	8,82	Pvalor>0,05
D	EndoWave®	27,80	2,77	9,98	Pvalor>0,05

Fonte: Autores.

Devido à normalidade dos dados e como o número de usos das limas é menor que 30, foram utilizados como inferência estatística para comparar as diferenças de pesos entre os grupos, o Teste Anova com *pos hoc* de Tukey.

A Tabela 3 mostra que a lima TwistedFile®, Grupo A, teve o seu peso médio da diferença menor que as outras (p valor<0,05). Já a lima BioRaCe®, Grupo B, não apresentou diferença significativa no peso médio da diferença, comparando com a lima Mtwo®, Grupo C e com a lima EndoWave®, Grupo D (p valor>0,05). E, finalmente, a lima EndoWave®, Grupo D teve seu peso médio da diferença menor que a da Mtwo®, Grupo C (p valor<0,05).

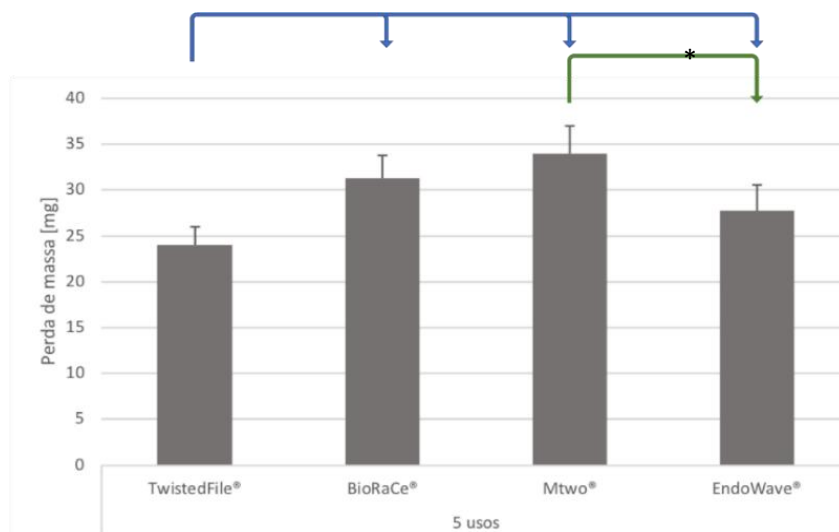
Tabela 3 - Inferência estatística, comparação entre as diferenças dos pesos antes e depois do preparo, entre os grupos.

GRUPOS	Pvalor	Conclusão
A X B	<0,05	Diferença média Grupo A menor que o Grupo B
A X C	<0,05	Diferença média Grupo A menor que o Grupo C
A X D	<0,05	Diferença média Grupo A menor que o Grupo D
B X C	>0,05	Diferença média Grupo B igual a do Grupo C
B X D	>0,05	Diferença média Grupo B igual a do Grupo D
C X D	< 0,05	Diferença média Grupo D menor que o Grupo C

Fonte: Autores.

O Gráfico 1 abaixo mostra as colunas verticais representativa da perda de peso em miligramas e aponta que ocorreu diferença estatística significativa entre as limas usadas nesta pesquisa sendo a lima Mtwo aquela que mais promoveu remoção seguida da lima BioRaCe, EndoWave e por último a que removeu menos material do bloco foi a lima TwistedFile nos 5 diferentes usos de cada instrumento.

Gráfico 1 – Colunas verticais mostrando os 4 diferentes instrumentos usados 5 vezes nos canais simulados.



Fonte: Autores.

Em ordem decrescente de eficiência de corte primeiramente foi instrumento Mtwo® seguida da lima BioRaCe®, EndoWave® e, por último, as limas TwistedFile®.

4. Discussão

O preparo do canal radicular representa um procedimento que se faz com limas de uso endodôntico sendo estas as principais responsáveis e cuja capacidade de corte que promove remoção de tecido pulpar vivo e mortificado além é claro da dentina contaminada. Além do mais, é importante materiais, equipamentos, produtos e instrumentos endodônticos os quais são em parte indispensáveis à especialidade devendo empregá-los corretamente considerando a esterilização, desinfecção e arranjo desse arsenal em lugar adequado, além é claro da limpeza da superfície dos instrumentos sendo que o preparo do canal depende necessariamente de uma tríade, o instrumento, a técnica e o operador.

Grande número de instrumentos são usados no preparo do canal radicular, especialmente, o instrumento fabricado em aço, liga de níquel-titânio e dentre eles, destacam limas de níquel-titânio movidos a motor, apesar dos instrumentos de uso manual, também serem utilizados na preparação do canal radicular. Aliás, as limas do sistema rotatório atualmente lançadas no mercado odontológico destacam-se as limas Twisted File®, BioRaCe®, EndoWave® e a Mtwo® instrumentos esses responsáveis pela dilatação do canal radicular o que facilita limpeza e desinfecção.

Os instrumentos de níquel-titânio (NiTi) de qualidade e motores também de igual valor e de domínio de poucos, com distintas marcas no mercado, poucos fabricantes sediados na Europa, Estados Unidos e Japão inclusive limas de níquel-titânio produzidas na China. Apesar de tecnologias avançadas deve ser usado adequadamente e por esta razão deve realizar treinamento conveniente e indispensável para sucesso não esquecendo dos princípios biológicos, sobretudo, o conjunto de movimentos, isto é, limagem e alargamento.

Há de se entender a ocorrência de contratempos pertinentes a procedimentos operatórios incorretos durante sua ação, a exemplo, do tempo de permanência, força excessiva, uso incorreto do instrumento com movimentos pendulares, rotação inadequada, torque elevado e uso exagerado do instrumento. O fato de recurso tecnológico objetivar um melhor padrão do trabalho oferecendo mais desempenho durante o preparo do canal é proposta deste estudo acrescentar diversas marcas sem esquecer, os princípios biológicos fundamentais para o sucesso de qualquer tratamento endodôntico. Com relação à técnica de

execução é importante dizer que as mesmas são progressivas recomendando a técnica coroa-ápice especialmente em canais radiculares curvos o que propicia instrumentação segura e eficaz nunca esquecendo que o preparo cervical que precede o preparo do canal é sem sombra de dúvida um procedimento que jamais deverá ser ignorado.

Assim o profissional deverá levar em consideração alguns fatores para diminuir o risco indesejável de fraturas: o treino é fundamental para o uso de instrumentos rotatórios NiTi, as limas devem ser trocadas sob orientação do fabricante ou sempre que observado alterações visuais em sua superfície após cada emprego, utilizá-las sempre depois de acessado os canais com limas manuais de número 10 ou 15, os condutos devem sempre estar inundados com a solução irrigadora, a velocidade do motor deve estar entre 250 e 350 rotações por minuto (rpm) ou de acordo com o sistema em questão, com níveis de torque moderados. Na verdade, velocidade de 350 rotação por minuto (rpm) poderá ocorrer alta incidência de travamento, deformação e fratura do instrumento. Para evitar fratura por torção quando a ponta do instrumento fica presa no interior do conduto e o corpo do instrumento continua girando, o operador deve executar movimentos suaves de compressão e alívio.

Todas as técnicas e instrumentos necessitam de percepção tátil e aplicação de princípios sinestésicos por parte do operador, combinadas ao conhecimento da anatomia e ao próprio adestramento, com vistas a associar a ação dos instrumentos ao interior do canal radicular.

Aliás, Medeiros et al., (2019) comprovaram resíduos na superfície de corte dos instrumentos endodônticos. Realizaram investigação onde as pontas de instrumentos novos de uso intra-canal do sistema rotatório e de NiTi foram microfotografadas com aumento de 190X a partir do diâmetro inicial para verificar a presença de resíduos passando os instrumentos por um rigoroso processo de limpeza e novamente microfotografados com o mesmo padrão de aumento, observando-se a ponta do instrumento e a 5 milímetros da ponta. No que se refere à sujidade ocorreram diferenças estatisticamente significantes entre as limas Mtwo® com os outros instrumentos. Concluiu-se que todos os instrumentos estavam sujos, exceto a marca Mtwo® e que após os procedimentos de limpeza a superfície de corte estava isenta de resíduos.

Com relação ao rigoroso processo de limpeza com vistas a retirar detritos do instrumento endodôntico deve-se executar escovação intensa com detergente, a seguir farta lavagem em água corrente. Aliás, para um bom padrão de limpeza faz-se imersão dos instrumentos em substância desincrostante em um determinado tempo, seguindo-se de escovação e enxágue. Aliás, para complementação destes procedimentos, pode-se realizar imersão destes instrumentos em cuba ultrassônica por um período de dez minutos (Linsuwanont et al., 2004). Uma vez realizado esses procedimentos acima seca-se as limas endodônticas levando-as em caixas metálicas e após isso, acondiciona-as a estufa e autoclave (Arantes et al., 2014).

Por outro lado, durante o processo de usinagem, ou seja, manufatura, estes ficam sujos com resíduos de óleo e restos de metal em suas lâminas de corte (Arantes et al., 2014) É obrigatório antes do primeiro uso do instrumento, estes sejam limpos para evitar a contaminação do canal, impedindo que detritos oriundos dessa fabricação sejam levados para o interior do canal radicular.

Muito embora a ocorrência do avanço no mercado odontológico nos últimos 10 anos as limas à base de níquel-titânio com diversas modificações nas lâminas de corte, tipos, marcas, uso nas mais diferentes técnicas de instrumentação e adaptado aos sistemas rotatórios como também utilizadas em outras bases para ensaios a exemplo de canais com diferentes graus de curvaturas (25° a 35°) e em dentes humanos extraídos, as limas do sistema rotatório a exemplo da lima Mtwo® de acordo com Schäfer et al., (2006a) prepararam canais curvos rapidamente, respeitaram bem a curvatura do canal original e foram seguros no que diz respeito ao uso. Além do mais, segundo Schäfer et al., (2006b) as limas Mtwo® removem detritos, mantiveram a curvatura original do canal significativamente melhor que os outros instrumentos, instrumentação significativamente mais rápida e boa limpeza.

Os outros instrumentos endodônticos de escolha nesta investigação, ou seja, Twisted File®, BioRaCe®, EndoWave® independentemente da sua composição e fabrico promoveram alargamento e dilatação do canal radicular o que, aliás, procedimentos realizados com instrumentos de níquel-titânio de qualidade e motores também de igual valor a serviço da Endodontia. De nada adianta tais recursos, se estes não forem utilizados de forma correta, por conseguinte, deverá ser realizado treinamento apropriado do operador, avaliar suas limitações, sobretudo, não esquecer os princípios biológicos indispensável para um tratamento endodôntico de sucesso.

No que diz respeito o operador espera-se um profissional habilitado para estes sistemas realize apropriadamente um preparo do canal onde o profissional bem treinado e acostumado em sistemas rotatórios deve ser indicado para realizar a instrumentação rotatória e assim evita-se dificuldades decorrentes das técnicas de instrumentação rotatória, principalmente frente ao tratamento de canais curvos exercendo influência significativa, maior eficiência considerando que a falta de cuidado, o erro no emprego e a seleção inadequada dos instrumentos endodônticos ou o desconhecimento de suas propriedades mecânicas ocasionam acidentes ou induz danos permanentes ao sistema dentário do paciente. Para mais, três fatores importantes devem ser observados pelo operador: controle de torque, sistema de auto-reverso e controle de velocidade auxiliam o trabalho do profissional minimizando a ocorrência de insucessos no tratamento endodôntico.

Relativamente à utilização de substratos plásticos é evidente em pesquisas na endodontia, sobretudo, na instrumentação de canais. Diversos substratos são empregados em várias investigações com vistas a pesquisar a capacidade e eficiência de corte de instrumentos endodônticos destacando-se entre outros, dentes naturais humanos extraídos (Morrison et al. 1989; Schäfer et al., 2006b; Zollner et al., 2007; Zago et al., 2013; Cumbo et al., 2015; Hema et al., 2015; Raut et al., 2016; Baxter et al., 2019) e há aqueles que usam materiais sintéticos resinosos (Morrison et al., 1989; Borges 2005; Schäfer et al., 2006a; Alkmin et al., 2007; Alves-Claro et al., 2008; Medeiros et al., 2009; Mansano 2009; Haddad et al., 2011; Reis et al., 2011; Medeiros et al., 2012; Salum 2012; Medeiros et al., 2014; Medeiros et al., 2014; Arantes et al., 2014; Medeiros et al., 2022) dispositivo de aço inoxidável utilizado em função de tempo e número de ciclos de fratura (Tanomaru-Filho et al., 2018), presença ou não de resíduos nos instrumentos antes do primeiro uso (Medeiros et al., 2019).

A utilidade do uso da resina indica a conveniência de apresentar amostras com geometria e dureza semelhantes entre si, permite a confecção de canais com graus de curvatura semelhantes (Medeiros et al., 2009) o que ao contrário seria difícil colher dentes com graus de dureza semelhantes, para um modelo de investigação (Schäfer et al., 2006a; Schäfer et al., 2006b).

A resina acrílica é o material de escolha em outras investigações, ao contrário do uso de substratos à base de resina fenólica (Baquelita®) que a propósito trata-se de modelo experimental de confiabilidade, apesar do primeiro estudo com instrumentos endodônticos ter sido realizado no final da década de 80 e somente a partir do século XXI surgiu pesquisas com estudos, usando-se esse material em substratos à base de resina fenólica. Aliás, Morrison et al., (1989) pela primeira vez analisaram a eficiência de corte de instrumentos, utilizando como substratos dentes humanos e placas sulcadas de resina fenólica e realizando neste último grupo o procedimento de uso linear contínuo mecanizado. Observaram os autores que, a resina fenólica usada nesta pesquisa constitui um excelente substrato para o teste de corte.

Por outro lado, necessitavam de detalhamentos das bases construídas com placas e blocos com canais simulados à base de resina fenólica.

Assim é que, Alkmin et al., (2007) durante o fabrico desses substratos valeram-se de fotografias destas bases concebidas com placas e blocos com canais simulados à base de baquelita®. A construção dos blocos foi feita tomando-se uma parte do pó da resina granulada pesada e depositada no fundo da matriz do aparelho termo-plastificador. Um fio ortodôntico de número 06 foi colocado sobre esta porção de pó e sobre este uma nova porção do pó de resina, acionando-se o termo-

plastificador e com uma carga de 20-25 kN, tempo de 10-12 minutos e temperatura situada entre 190°C a 210°C obtendo-se cilindros de 8 milímetros de altura e 30 milímetros de diâmetro, os quais foram lixados.

Dentre as propriedades desta substância ressalte-se dureza homogênea em todos os modelos próxima a dentina humana, excelente substrato para uso em teste de penetração, baixa higroscopia, isto é, possui como propriedade baixa absorção de água do ambiente, boa estabilidade dimensional, baixo custo na preparação, reprodutibilidade controlável na preparação das amostras e perda de peso em resposta ao ciclo de limpeza (Claro 2008; Medeiros et al., 2009).

Além do mais, Claro (2004) demonstra os valores calculados de dureza Vickers sendo para as placas de osso de fêmur bovino úmido valor 39,72, para a baquelita®, índice de 39,92, resina acrílica (polimetilmetacrilato) cerca de 21,10 e placas de osso bovino desidratado, da ordem de 64,85. Comparativamente com os valores da Baquelita® de 39,92 obtidas pelo autor acima com os valores das amostras encontradas por Medeiros et al., (2014) de 39,48 45,26, 41,56, 46,52 e 41,52 demonstra proximidade de índice de dureza Vickers de substrato próximo à dentina humana (57-60Kg/mm²) (Anusavice 2005).

O autor referido acima dá conta que é admissível que o desgaste da lâmina de corte do instrumento venha a ocorrer quanto mais se utiliza o instrumento, ou seja, em maior número de usos nestes canais. É natural que o instrumento perde sua capacidade de corte em função do número de uso sendo a resina fenólica quando comparada com canais de dentes naturais humanos com índices de dureza Vickers maiores na dentina humana conforme acentua Anusavice (2005) venham provavelmente durante o uso em ensaios se desgastar mais do que em canais simulados de resina fenólica.

Na presente investigação, o intuito foi analisar comparativamente a capacidade de corte de quatro limas de NiTi no sistema rotatório em blocos de resina fenólica de canais radiculares simulados.

Diversos trabalhos apontam diferentes instrumentos e situações que exercem sua ação em dentes humanos extraídos a exemplo da lima Mtwo (Schäfer et al., 2006b; Raut et al., 2016; Baxter et al., 2019), influência da pesagem dos dentes em função da capacidade de corte (Zago et al., 2013), lima BioRace e Mtwo (Cumbo et al., 2015), lima EndoWave (Hema et al., 2015), resistência a fadiga cíclica (Tanomaru-Filho 2018), eficácia da substância química o EDTA-T a 17% (Zollner et al., 2007) e presença de resíduos na superfície do instrumento (Medeiros et al., 2019); construção de blocos com canais simulados (Alkmin et al., 2017), construção de canais curvos com 75 graus (Medeiros et al., 2009); influência da pesagem dos blocos com canais simulados (Medeiros et al., 2012), capacidade de corte em dentes artificiais (Morrison et al., 1989; Franco 2005; Borges 2005; Schäfer et al., 2006a; Alves-Claro et al., 2008; Mansano 2009; Haddad Filho et al., 2011; Reis et al., 2011; Salum 2012; Arantes et al., 2014; Medeiros et al., 2022), resistência a fadiga cíclica (Salum 2012), dureza Vickers da resina fenólica (Medeiros et al., 2014; Medeiros et al., 2022) e osso bovino (Claro 2004). Substituir dentes humanos é difícil, apesar de que a resina fenólica possuir propriedades mecânicas semelhantes e tem-se mostrado em ensaios de pesquisa estreita relação entre capacidade e eficiência de corte e desgaste de instrumentos seja de aço inoxidável, seja de níquel-titânio.

Deve-se ainda atentar ao fato que ao escolher substrato este deve ser obtido com amostras cuja dureza seja o mais próximo possível da dentina humana. Além disso, é conveniente usar instrumentos como aqueles selecionados na presente metodologia, isto é, TwistedFile®, BioRaCe®, Mtwo® e EndoWave® que os quais realizam por meio de um preparo mecanizado em canais simulados curvos de forma rápida, retirando de maneira uniforme em toda extensão do canal radicular material de sua parede.

A Tabela 1 aponta para lima TwistedFile® (Grupo A) diferença em miligramas com perda de peso da amostra conforme o número de uso do instrumento. Deste modo, a partir da amostra 1 (27,0 mg) observa-se decréscimo de peso na diferença em miligramas. Já na amostra 2 a diferença foi de 25,0 mg, na amostra 3 a diferença foi de 23,0 miligramas. No quarto uso a amostra permaneceu com 23,0 miligramas de peso. Já na amostra 5 (quinto uso) o bloco apresentou 22,0 miligramas de peso. Isto significa que em função de cinco usos a lima TwistedFile® perdeu sua capacidade de corte

removendo menos resíduos da parede do canal graças ao desgaste de suas lâminas de corte e, por conseguinte cortou menos material do canal simulado no decorrer dos 5 usos e que em média a diferença dos pesos antes e depois do preparo foi de 24 miligramas (Tabela 1).

Na mesma tabela 1 mostra para lima BioRaCe® (Grupo B) diferença em miligramas com perda de peso da amostra conforme o número de uso do instrumento. Deste modo, a partir da amostra 6 (35,0 mg) observa-se decréscimo de peso na diferença em miligramas. Já na amostra 7 a diferença foi de 32,0 mg, enquanto na amostra 8 a diferença foi de 31,6 miligramas. No quarto uso a amostra 9 permaneceu foi 29,0 miligramas de peso. Já na amostra 9 (quinto uso) o bloco apresentou 29,0 miligramas de peso. Isto quer dizer que em função de cinco usos a lima BioRaCe® perdeu sua capacidade de corte removendo menos material da parede do canal graças ao desgaste de suas lâminas de corte e, por conseguinte cortou menos material do canal simulado no decorrer dos 5 usos e que em média a diferença dos pesos antes e depois do preparo foi de 31,32 miligramas (Tabela 1).

Do mesmo modo na tabela 1 indica para lima Mtwo® (Grupo C) diferença em miligramas com perda de peso da amostra conforme o número de uso deste instrumento. Assim sendo, a partir da amostra 11 (37,0 mg) observa-se decréscimo de peso na diferença em miligramas. Já na amostra 12 a diferença foi de 37,0 mg, enquanto na amostra 13 a diferença foi de 33,0 miligramas. No quarto uso a amostra 14 permaneceu 33,0 miligramas de peso. Já na amostra 15 (quinto uso) o bloco apresentou 30,0 miligramas de peso. Infere-se que em função de cinco usos a lima Mtwo® perdeu sua capacidade de corte removendo menos material da parede do canal graças ao desgaste de suas lâminas de corte e, por conseguinte cortou menos material do canal simulado no decorrer dos 5 usos e que em média a diferença dos pesos antes e depois do preparo foi de 34,0 miligramas (Tabela 1).

Por último a tabela 1 revela para lima EndoWave® (Grupo D) diferença em miligramas com perda de peso da amostra conforme o número de uso deste instrumento sendo partir da amostra 16 (30,0 mg) observa-se decréscimo de peso na diferença em miligramas. Já na amostra 17 a diferença foi de 29,0 mg, enquanto na amostra 18 a diferença foi também de 29,0 miligramas. No quarto uso a amostra 19 a diferença foi de 28,0 miligramas de peso, no entanto, na amostra 20 (quinto uso) o bloco apresentou 23,0 miligramas de peso. Deduz-se que em função de cinco usos a lima EndoWave® perdeu sua capacidade de corte removendo menos material da parede do canal graças ao desgaste de suas lâminas de corte e, por conseguinte cortou menos material do canal simulado no decorrer dos 5 usos e que em média a diferença dos pesos antes e depois do preparo foi de 27,8 miligramas (Tabela 1).

A esta altura é importante comentar sobre a capacidade de corte dos instrumentos utilizados nesta pesquisa. De acordo com a tabela 2 e 3 a lima TwistedFile® (Grupo A) comparativamente com as limas do grupo B (BioRaCe®), do grupo C (Mtwo®) e com as limas do grupo D (EndoWave®) apresentou menor capacidade de corte, uma vez que, teve o seu peso médio da diferença menor que as outras ($p_{valor} < 0,05$), portanto com significado estatístico. Já a lima BioRaCe® do Grupo B, não apresentou diferença significativa no peso médio da diferença, comparado com a lima Mtwo® do Grupo C e com a lima EndoWave® do Grupo D ($p_{valor} > 0,05$) e sem significado estatístico. Isto quer dizer que ambas as limas apresentam capacidade de cortes iguais. Finalmente, a lima EndoWave® do Grupo D teve seu peso médio da diferença menor que a da Mtwo® do Grupo C ($p_{valor} < 0,05$), todavia com significado estatístico. Isto significa que a lima Mtwo® comparada com a lima EndoWave® apresenta maior capacidade de corte.

As colunas verticais representativa da perda de peso em miligramas aponta que ocorreu diferença estatística significante entre as limas usadas nesta pesquisa sendo a lima Mtwo aquela que mais promoveu remoção seguida da lima BioRaCe, EndoWave e por último a que removeu menos material do bloco foi a lima TwistedFile nos 5 diferentes usos de cada instrumento (Gráfico 1).

Por fim, é importante esclarecer que as limas NiTi do sistema rotatório apresentam capacidade de corte que em função do número de uso perdem sua capacidade de remoção de resíduos, materiais e detritos, porquanto, suas lâminas cortantes perdem o gume e sofrem um processo de deformação estrutural em cada uso do instrumento, logo, cortam menos. Sendo assim, a escolha dos instrumentos deve recair naqueles que apresentam maior capacidade de corte e nesta presente investigação foi em ordem decrescente de confiabilidade o instrumento Mtwo® em seguida a lima BioRaCe®, EndoWave® e por último as limas TwistedFile®. Para mais, é necessário para o endodontista seguir a evolução destes sistemas que estão em constantes mudanças e aperfeiçoamento tentando sempre o melhor tratamento para o paciente.

5. Conclusão

O instrumento rotatório Mtwo® promoveu maior remoção de resina fenólica do canal simulado seguida da lima BioRaCe®, EndoWave® nos cinco diferentes usos, enquanto o instrumento TwistedFile® removeu menos material do bloco do canal simulado nos cinco diferentes usos. Ocorreu em ordem decrescente de eficiência de corte primeiramente para o instrumento Mtwo®, em seguida a lima BioRaCe®, EndoWave® e, por último, as limas TwistedFile®. O substrato a base de resina fenólica apresentou estabilidade nos ensaios de desgaste em função da perda de peso dos blocos.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Brasil por meio do Programa de Fomento de Docentes, do curso de Mestrado Profissional em Bioengenharia da Universidade Brasil Ao Professor Doutor Ewandro Luiz Nohara, por dispor o Laboratório de Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté à disposição e por todo o auxílio laboratorial a esta investigação, de maneira especial, ao Sr. Arauto Ribeiro.

Referências

- Alkmin, S. T., Pinto, C. A., Habitante, S. M., Zöllner, N. A., Medeiros, J. M. F., & Lage-Marques, J. L. (2007). Concepção de um modelo experimental a base de resina fenólica utilizado em endodontia. *Braz Oral Res*; 21(Suppl.1):295.
- Alves-Claro, A. P., Claro, F. A. & Uzumaki, E. T. (2008). Wear resistance of nickel-titanium endodontic files after surface treatment. *J Mater Sci Mater Med*; 19(10):3273-7.
- Anusavice, K. J. (2005). Philips materiais dentários. (11a ed.), Elsevier. p.337,338.
- Arantes, W. B., Silva, C. M., Lage-Marques, J. L., Habitante, S. M., Rosa, L. C. L., & Medeiros, J. M. F. (2014). SEM analysis of defects and wear on Ni-Ti rotary instruments. *Scanning*; 36(4):411-418.
- Baxter, S., Beck, F. & Hülsmann, M. (2019). Root canal preparation using S5, Mtwo, and ProTaper Universal nickel-titanium systems: a comparative ex-vivo study. *Quintessence Int*; 50(5):358-368.
- Borges, T. F. (2005). Avaliação da capacidade de corte de limas de seção reta transversal quadrangular e triangular em liga de aço inoxidável. *Departamento de Odontologia. (Dissertação de Mestrado em Odontologia). Taubaté. Universidade de Taubaté.*
- Claro, F. A. E. (2005). Avaliação do desempenho de limas endodônticas de níquel-titânio após tratamento de superfície. *Departamento de Engenharia Mecânica. (Dissertação de Mestrado em Engenharia). Taubaté. Universidade de Taubaté.*
- Cumbo, E., Russo, R. & Gallina G. (2015) Assessment of root canal enlargement using Mtwo and BioRace rotary files. *ScientificWorldJournal*; 859693. 10.1155/2015/859693.
- Franco, R. C. (2005) Capacidade de corte da lima Flexofile usada manualmente e acoplada ao sistema rotatório Endo-Gripper em canais simulados. *Departamento de Odontologia. (Monografia, Trabalho de Conclusão de Curso). Taubaté. Universidade de Taubaté.*
- Haddad Filho, M. S., Habitante, S. M., Rosa, L. C. L., Salum, G., Almeida, E. T. D. C., & Medeiros, J. M. F. (2011). Perda de corte da lima ProTaper quanto a esterilização e número de uso. *Rev Odontol Univ Cidade São Paulo*; 22(3):228-237.
- Hema, B. S., Chandu, G. S. & Shiraguppi, V. L. (2015). Scanning electron microscopic evaluation of root canal surfaces prepared with three rotary endodontic systems: Lightspeed, ProTaper and EndoWave.Niger. *J Clin Pract*. 18(1):130-6.
- Linsuwanont, P., Parashos, P. & Messer, H. H. (2004). Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J*; .37(1):19-28.

- Mansano, T. M. (2009). Estudo comparativo in vitro da capacidade de corte de dois tipos de limas de níquel-titânio no preparo de canais radiculares simulados. *Departamento de Odontologia. (Monografia, Trabalho de Conclusão de Curso). Taubaté. Universidade de Taubaté.*
- Medeiros, J. M. F., Arantes, W. B., Rosa, L. C. L., Haddad Filho, M. S., Zollner, N. A., & Habitante, S. M. (2019). Microscopia eletrônica de varredura da presença de resíduos na superfície de corte de instrumentos NITI. *Rev. Odontol. Univ. Cid. São Paulo*; 31(2):116-24.
- Medeiros, J. M. F., Ferreira, G. S., Habitante, S. M., Dollinger, C. F. A. V., Forghieri, A. A., & Haddad Filho, M. S. (2014). Análise da dureza Vickers da superfície de dentes artificiais em resina poliéster. *Rev Odontol Univ Cidade São Paulo*; 26(1):23-37.
- Medeiros, J. M. F., Figueiredo, M. J. A., Almeida, E. T. D. C., Silva, N. L. G., Haddad Filho, M. S., & Rosa, L. C. L. (2012). Secagem de blocos com canais radiculares simulados de resina fenólica com cones de papel absorvente e estufa. *Publicatio UEPG. CiênBiol Saúde*; 18(2):79-91.
- Medeiros, J. M. F., Naregi, E. S., Almeida, E. T. D. C., Dollinger, C. F. A. V., Rosa, L. C. L., Haddad Filho, M. S., & Forghieri, A. A. (2014). Medidas de dureza Vickers na superfície de blocos de resina fenólica com canais endodônticos simulados. *Publicatio UEPG. Ciên Biol Saúde*; 20(1):53-71.
- Medeiros, J. M. F., Rodrigues, G. A., Santos, A. C. M., Rosa, L. C. L., Carvalho, P. L., & Nohara, E. L. (2009). Determinação do comprimento e grau de curvatura em canais radiculares curvos simulados confeccionados em blocos de resina fenólica. *Rev Odontol Univ Cidade Sao Paulo*; 21(3):202-11.
- Medeiros, J. M. F., Rodrigues, G. A., Santos, A. C. M., Rosa, L. C. L., Carvalho, P. L., & Nohara, E. L. (2009). Determinação do comprimento e grau de curvatura em canais radiculares curvos simulados confeccionados em blocos de resina fenólica. *Rev Odontol Univ Cidade Sao Paulo*; 21(3):202-11.
- Medeiros, J. M. F., Souza, A. P. B. R., Sakane, F. K., Rosa, L. C. L., Carvalho, P. L., Claro, A. P. R. A., & Pedron, I. G. (2022) Comparative Study of Cutting Capacity and Wear in 3 Commercial Brands of Ni-Ti Manual Endodontic Files. *SVOA DENTISTRY*; 3(5):235-242.
- Onson, S.W., Newton, CW. & Brown Jr C.E. (1989). The effects of steam sterilization and usage on cutting efficiency of endodontic instruments. *J Endod*; 15(9):427-31.
- Raut, A. W., Mantri, V., Palekar, A., Gadodia, R., Kala, S., & Raut, R. A. (2016). Comparative analysis of cleaning ability of three nickel-titanium rotary systems: ProTaper universal, K3 and Mtwo: An *in vitro* scanning electron microscopic study. *Niger Postgrad Med J*; 23(4):221-226.
- Reis, P. R. B., Lage-Marques, J. L., Habitante, S. M., Rosa, L. C. L., & Medeiros, J. M. F. (2011). Avaliação in vitro da capacidade de corte e deformação de limas rotatórias de níquel-titânio. *Clín Pesq Odontol - UNITAU*; 3(1):19-27.
- Salum, G. (2012). Avaliação da capacidade de corte e resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios Profile Vortex® e Protaper®. *Departamento de Odontologia. (Dissertação de Mestrado em Odontologia). Taubaté. Universidade de Taubaté.*
- Schäfer, E., Erler, M. & Dammaschke, T. (2006a). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J*; 39(3):196-202.
- Schäfer, E., Erler, M. & Dammaschke, T. (2006b). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*; 39(3):203-212.
- Tanomaru-Filho, M., Espir, C. G., Venção, A. C., Serrano, N. M., Pinto, J. C., & Tanomaru, J. M. G. (2018). Cyclic Fatigue Resistance of Heat-Treated Nickel-Titanium Instruments. *Iran Endod J*;13(3):312–317.
- Zago, D. F. C., Silva, C. M., Silva, A. M. S. L., Habitante, S. M., Rosa, L. C. L., Haddad Filho, M. S., & Medeiros, J. M. F. (2013). Pesagem de dentes humanos úmidos, com cones de papel e estufa. *Rev Odontol Univ Cidade São Paulo*; 25(1):11-24.
- Zollner, N. A., Ferreira, M. C. A., Carvalho, P. L., Rodrigues Jr, D., Clemente, R. P. G., & Medeiros, J. M. F. (2007). Análise da remoção do smearlayer pelo uso de três soluções irrigantes. *RGO*; 55(4):349-356.