

Artigo Original de Pesquisa
Original Research Article

Análise comparativa de limas de diferentes ligas e conicidades no ajuste apical e aferição do comprimento do canal radicular

Comparative analysis of files of different alloys and tapers in apical adjustment and measurement of root canal length

Antônia Flávia Coutinho Costa¹
Nilton Vivacqua Gomes¹
Flávia Darius Vivacqua¹
Bruno Carvalho de Vasconcelos¹

Autor para correspondência:

Antônia Flávia Coutinho Costa
Universidade São Leopoldo Mandic
R. Padre Valdevino, 1415 – Aldeota
CEP 60135-041 – Fortaleza – CE – Brasil
E-mail:flaviaccoutinho@yahoo.com.br

¹ Departamento de Odontologia, Universidade São Leopoldo Mandic – Fortaleza – CE – Brasil.

Data de recebimento: 4 dez. 2023. Data de aceite: 14 mar. 2024.

Palavras-chave:

tratamento
endodôntico;
limas; Endodontia;
comprimento de
trabalho.

Resumo

Introdução: A determinação correta do comprimento do canal radicular é um fator primordial no tratamento endodôntico, indicando o limite apical de instrumentação e obturação, sendo essencial para a limpeza e modelagem completa dos canais. **Objetivo:** Comparar a precisão na medição do ajuste apical e na medição do comprimento do conduto radicular usando limas de níquel-titânio com tratamento térmico e conicidade de 0.1, níquel-titânio e aço inoxidável, ambas de conicidade 0.2. **Material e métodos:** Utilizaram-se 39 dentes humanos, sendo oito molares superiores e 31 molares inferiores, em que apenas as raízes mesiais foram estudadas, totalizando 70 condutos. Estes foram acessados e explorados até o forame, obtendo-se o comprimento real do conduto, chamado de CR0. Realizou-se tal aferição com as três limas citadas anteriormente. O instrumento mais ajustado possível na região foraminal era o selecionado para a medição, com a seguinte ordem: lima de níquel-titânio tratada, níquel-

titânio e aço inoxidável. Após a realização do preparo dos terços cervicais e médios, utilizando para esse fim a lima 23/09 do sistema mecanizado rotatório Odous Phantom, um novo comprimento real foi determinado (CR1), nos mesmos moldes descritos anteriormente. Em seguida, executou-se o preparo apical, com as limas 20/03, 25/05, 35/04, 40/04 e 50/03, também do sistema mecanizado rotatório Odous Phantom; após, obteve-se, outra vez, um novo comprimento real (CR2), de forma similar aos anteriores. Os forames apicais foram observados por meio da microscopia operatória durante a aferição do comprimento, obtido com um paquímetro digital. **Resultados:** Analisaram-se estatisticamente pelo teste de Wilcoxon os dados emparelhados. Ele apontou a existência de diferenças significantes entre as limas testadas nos três momentos do preparo ($P < 0,001$). Entre as três ligas de limas utilizadas, expressivas diferenças foram encontradas entre os seus diâmetros ajustados, principalmente comparando a de níquel-titânio tratada de conicidade .01 e a de aço inoxidável de conicidade .02. **Conclusão:** O uso de limas de níquel-titânio tratadas termicamente favorece a medição do comprimento de trabalho, alcançando melhor ajuste apical quando comparadas com a de níquel-titânio e a de aço inoxidável.

Keywords:

endodontic treatment; files; Endodontics; working length.

Abstract

Introduction: Correct determination of the length of the root canal is a key factor in endodontic treatment, indicating the apical limit of instrumentation and obturation, being essential for cleaning and complete modeling of the canals. **Objective:** To compare the accuracy in measuring apical adjustment and measuring the length of the root canal, using nickel-titanium files with heat treatment and a taper of 0.1, nickel-titanium and stainless steel, both with a taper of 0.2. **Material and methods:** 39 human teeth were used, 8 upper molars and 31 lower molars, where only the mesial roots were studied, totaling 70 canals. These were accessed and explored up to the foramen, obtaining the real length of the conduit, called CR0. This measurement was carried out with the three files mentioned above. The instrument best fitted to the foraminal region was the one selected for measurement, using the following order: nickel-titanium treated, nickel-titanium and stainless steel. After preparing the cervical and middle thirds, using the 23/09 file of the Odous Phantom rotary mechanized system for this purpose, a new real length was determined (CR1), again, using the same templates described previously. Next, the apical preparation was performed, using files 20/03, 25/05, 35/04, 40/04 and 50/03 also from the Odous Phantom rotary mechanized system and after this, we obtained another time, a new real length (CR2), in a similar way to the previous ones. The apical foramina were observed using operative microscopy while measuring their length, obtained with a digital caliper. **Results:** They were statistically analyzed using the Wilcoxon test for paired data. This pointed out the existence of significant differences between the files tested at the 3 stages of preparation ($P < 0,001$). Among the three alloy files used, significant differences were found between their adjusted diameters, mainly comparing the treated nickel-titanium one with .01 conicity and the stainless steel one with .02 conicity. **Conclusion:** The use of heat-treated nickel titanium files favors the measurement of the working length, obtaining a better apical adjustment when compared to nickel titanium and stainless-steel files.

Introdução

Tendo em vista que a instrumentação do forame apical tem sido sugerida para a limpeza e desinfecção do canal cementário, a seleção do calibre do instrumento e a instrumentação completa do forame apical representam passos desafiadores [20, 21]. Alguns autores sugerem que a quantidade de alargamento apical a ser alcançada durante a modelagem do conduto deve ser baseada na estimativa de diâmetro apical inicial e por três tamanhos de limas consecutivas, maiores do que a primeira lima, que se ajustou no forame [16, 24, 27]. No entanto é discutível se esse conceito previsivelmente remove dentina circunferencial das paredes do canal radicular [9]. Além disso, o uso de instrumentos endodônticos para determinação do diâmetro apical parece ser questionável, uma vez que foi demonstrado que a sensação tátil do ajuste da lima apical não ocorre, necessariamente, por causa do contato no ápice, mas pode ser resultado de interferências no terço coronal e médio do canal radicular [12].

Durante a limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares, o cirurgião-dentista deve determinar três parâmetros críticos: o comprimento do conduto, a conicidade da preparação e a dimensão horizontal da preparação em sua extensão mais apical [9].

A introdução de instrumentos rotatórios de NiTi (níquel-titânio) facilitou a instrumentação do canal radicular, sobretudo em condutos de raízes moderadamente curvas [17]. Todavia ainda não há acordo sobre como lidar com a amplitude apical ideal e conicidade do preparo. Contudo o pré-alargamento dos terços coronal e médio dos canais radiculares vem demonstrando melhora à determinação do diâmetro apical do canal radicular, removendo as interferências dentinárias e facilitando o alcance do instrumento até o forame [14].

A aferição apical é um passo essencial para obter resultados certos e reprodutíveis, pois é por meio dessa medição que toda instrumentação vai se basear e, por fim, o sucesso do tratamento também dependerá dela [19].

O comprimento de trabalho também é outro fator importante que serve como guia para o tratamento endodôntico, desde a instrumentação até o posterior preenchimento do canal, e significa a distância de uma referência coronal até a constricção apical. Numerosos estudos evidenciaram que uma redução no comprimento de trabalho comumente ocorre durante a instrumentação do canal radicular [5, 24, 26, 30].

Quando o comprimento de trabalho é reduzido, sobreinstrumentação e sobreobturação são prováveis de ocorrer, o que pode se manifestar na clínica, com sintomas de cicatrização periapical retardada ou reação de corpo estranho. A redução do comprimento de trabalho é mais pronunciada em canais curvos e tem sido atribuída a uma tendência de as limas removerem excessos de dentina da parede interna da região cervical e média [5, 18, 23, 24, 26, 30]. Outra variável que afeta a redução do comprimento de trabalho é o tipo de sistemas de limas utilizadas durante a instrumentação.

Apesar da disponibilidade de instrumentos rotatórios e manuais flexíveis de NiTi nos últimos anos, a instrumentação manual convencional com limas de aço inoxidável ainda é amplamente ensinada em muitas escolas de Odontologia e usada por muitos cirurgiões-dentistas. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de ajuste das limas no forame e no comprimento de trabalho, conforme a liga metálica delas. Além disso, observaram-se as alterações no comprimento de trabalho ao longo do preparo endodôntico, utilizando limas com diferentes ligas metálicas na medição.

Material e métodos

A presente pesquisa caracterizou-se como um estudo de avaliação experimental, realizado em ambiente laboratorial, que utilizou 39 dentes, sendo oito molares superiores e 31 molares inferiores, extraídos por razões alheias à pesquisa, coletados após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local (# 4.297.881), com o intuito de investigar, em condições *ex vivo*, os diferentes ajustes de lima conforme o tipo de liga metálica com que elas são fabricadas.

Incluíram-se 70 condutos mesiais de molares superiores e inferiores, número constatado em outros trabalhos. Consideraram-se somente dentes com ápices completamente formados e forames apicais patentes e com diâmetro menor que 200 μm ; anatomia radicular tipo IV de Vertucci, sem curvas acentuadas ($<25^\circ$). Foram excluídos terceiros molares, dentes já tratados endodônticamente, com trincas ou reabsorções.

Os dentes foram previamente limpos externamente com curetas periodontais e conservados em soro fisiológico durante todas as etapas do estudo.

As coroas foram retificadas com um disco diamantado (KG Sorensen Ind. e Com. Ltda., Barueri, SP, Brasil) em baixa rotação, de modo a

eliminar as pontas das cúspides e estabelecer uma superfície plana, servindo como ponto de referência estável para todas as medições.

Os acessos coronários foram confeccionados com pontas diamantadas acionadas em alta rotação #1014 e #3081 (KG Sorensen Ind. e Com. Ltda., Barueri, SP, Brasil), e todos os condutos tiveram suas patências foraminais executadas com limas C-Pilot #6, #8 ou #10 (VDW, Munique, Alemanha). O forame apical foi alcançado e visualizou-se a ponta do instrumento com o auxílio de microscopia óptica (Alliance, São Carlos, SP, Brasil), com um aumento de 25 x. O limitador de penetração de borracha foi então posicionado na referência oclusal, realizando-se a definição do comprimento real com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyu, Suzano, SP, Brasil).

Ao longo de cada fase, foram inseridas limas para execução da odontometria até a saída foraminal, estando ajustadas nessa posição (forame) em três momentos: inicial, após o alargamento dos terços cervical e médio e após o preparo apical. Em todos esses momentos, três tipos de lima foram utilizados para a aferição, obedecendo à seguinte ordem, respectivamente:

- 1) Níquel-titânio tratado de conicidade .01 Glide Logic (Easy, Belo Horizonte, MG, Brasil);
- 2) Níquel-titânio convencional de conicidade .02 K-File NiTi (TDK, Shenzhen, China);
- 3) Aço inoxidável de conicidade .02 K-File NiTi (TDK, Shenzhen, China).

Todas as limas possuem secção transversal quadrangular e foram utilizadas manualmente. Para as limas de Glide, originalmente acionadas por motor elétrico, recorreu-se a cabos especiais Endo Grip (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil), para possibilitar seu uso manualmente.

Aferição inicial

Inicialmente, sem nenhum preparo cervical e médio prévio, foram medidos o comprimento dos condutos (CRO) e o instrumento ajustado nesse comprimento (LA0), com os três tipos de lima, na seguinte sequência: NiTi tratada, NiTi e aço inoxidável. Essa primeira medida foi constatada por sensação tátil e observação visual com microscopia. Fotografias do forame com os instrumentos no limite foraminal foram feitas, bem como a medição do comprimento com paquímetro digital.

Aferição pós-preparo cervical e médio

Realizaram-se preparos cervicais e médios com limas rotatórias utilizando instrumento 23/09

do Sistema Phantom Files (Odous De Deus, Belo Horizonte, MG, Brasil) até 4 mm do CRO, seguidos de cinco pincelamentos para a área de segurança. O pincelamento foi acionado por motor elétrico Silver Reciproc (VDW, Dentsply Sirona, Charlotte, Carolina do Norte, EUA), a 500 rpm e torque de 250 g.cm.

Executou-se uma nova medição empregando os três tipos de lima, na mesma sequência anterior, obtendo-se agora o CR1 (comprimento de trabalho após preparo cervical e médio) e a LA1 (lima ajustada no comprimento CR1). Registros fotográficos das limas em posição também foram feitos.

Aferição após preparo apical

Realizou-se o preparo apical utilizando as limas do sistema Phantom Files (Odous De Deus, Belo Horizonte, MG, Brasil), seguindo a ordem 20/03, 25/05, 35/04, 40/04. Usou-se a lima 50/03 apenas em raízes mais amplas, no CR1, utilizando três instrumentos acima da LA1, aferida com a lima Glide. Após essa ampliação apical, uma nova medida de comprimento (CR2) e nova lima ajustada nesse comprimento (LA2) foram determinadas. Fotografias foram novamente registradas.

O soro fisiológico (cloreto de sódio 0,9%) foi a solução irrigadora empregada durante todo o preparo dos dentes.

Para análise estatística, os valores de diâmetro e comprimento aferidos pelas limas, nos três momentos de utilização, foram submetidos à curva de normalidade, em que se determinou a natureza não paramétrica dos dados. Em função disso os dados de mediana foram analisados pelos testes de Wilcoxon, com significância estabelecida em 1%.

Resultados

Quanto à variação entre as medidas de comprimento do conduto, notou-se uma diminuição dele em cada momento da odontometria, dentro do mesmo espécime, independentemente do tipo de limas.

Quando se comparou o comprimento das limas estudadas, houve uma diminuição do comprimento do canal entre os momentos aferidos. Percebeu-se uma diminuição dos comprimentos, em cada uma das etapas aferidas, independentemente da lima utilizada, com diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,001$). Os valores de redução de comprimentos, entre as fases, podem ser verificados na tabela I.

Tabela I - Reduções nos comprimentos reais, entre as fases, nos mesmos condutos

	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
CR0 para CR1	-0,64	-0,62	-0,11	-1,20
CR1 para CR2	-0,61	-0,58	-0,11	-1,30
CR0 para CR2	-1,25	-1,11	-0,654	-2,25

Tratando-se da variação no diâmetro da lima anatômica, comparando os tipos de lima entre si, independentemente do momento de aferição, observou-se que a lima de Glide foi majoritariamente maior do que a de NiTi, dentro da mesma fase. Resultado similar foi encontrado na comparação NiTi tratado *vs* aço. Já na comparação entre as limas de NiTi *vs* aço, houve 143 aferições com empates no diâmetro, porém 67 aferições em que a lima de NiTi tratada foi maior. Em todas as três comparações, houve diferença estatisticamente significativa ($P < 0,001$).

Quando analisada a variação do diâmetro da lima anatômica, comparando os três momentos de aferição entre si, independentemente do tipo de lima, em 100% dos casos houve alteração para um diâmetro mais calibroso do mesmo instrumento, no mesmo conduto, com diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,001$).

Considerou-se a variação no diâmetro da lima anatômica, comparando os momentos de aferição entre si, porém considerando apenas um tipo de lima na análise (NiTi tratada ou NiTi ou aço).

Quando o diâmetro da lima anatômica foi comparado, entre as fases de aferição e por tipo de lima, em 100% dos casos houve a alteração para um diâmetro mais calibroso do mesmo instrumento, no mesmo conduto, com diferenças estatisticamente expressivas ($P < 0,001$).

Tabela II - Diâmetros das limas anatômicas, conforme o momento da aferição e tipo de lima

Momento	0	0	0	1	1	1	2	2	2
Liga	Glide	NiTi	Aço	Glide	NiTi	Aço	Glide	NiTi	Aço
Mediana	25	15	15	30	25	25	45	40	35
Média	25.0	15.2	15.2	30.2	24.7	24.1	44.9	38.6	34.4
Mínimo	25	15	15	30	20	20	40	30	25
Máximo	25	20	20	35	25	25	50	45	40

Discussão

O presente estudo comparou a medição do comprimento do conduto e o ajuste apical utilizando limas de níquel-titânio tratado (conicidade 0.1), níquel-titânio convencional e aço inoxidável (ambas com conicidade 0.2) em três momentos da instrumentação: inicial, após preparo cervical e médio e após a instrumentação apical. Essas medidas encontradas para o comprimento do conduto são importantes para a preparação e modelagem dos canais, fase essencial também para obturação destes [1]. Numerosos estudos prévios têm apontado para a redução do comprimento de trabalho durante a instrumentação do canal radicular [5, 11].

A redução do comprimento de trabalho é mais pronunciada em canais curvos [4, 16] e tem sido atribuída à tendência de as limas retificarem o canal e, assim, remover quantidades excessivas de dentina da parede interna do terço médio da raiz e parede

externa na parte apical do canal [1, 17]. Essa redução também foi observada no presente estudo, conforme o canal era instrumentado, independentemente da lima utilizada. Tal resultado ressalta a importância do pré-alargamento e da necessidade de medição da odontometria em diferentes momentos ao longo da instrumentação do conduto.

A instrumentação com uma ampliação apical maior é benéfica na redução dos detritos e do número de restos bacterianos nesse terço apical, já que o anseio final do tratamento endodôntico é maximizar a remoção de patógenos. Para tanto, é preciso medir com precisão o comprimento do canal antes do alargamento apical. Caso contrário, alguns canais não serão suficientemente modelados, enquanto outros podem estar excessivamente preparados [8, 22, 28].

Outro fator importante a se ressaltar é que o conhecimento do diâmetro apical permite a escolha de uma ponta de guta-percha que possa preencher com precisão o forame apical. Para obter uma

obturação tridimensional do espaço endodôntico, também   necessário escolher a conicidade correta do cone guta-percha, para que o cirurgião-dentista possa explorar da melhor maneira possível as forças de condensação e a técnica de obturação, que poderia selar hermeticamente o sistema do canal [2, 17].

Vários estudos na literatura enfatizam e demonstram que o pr -alargamento dos terços coronal e médio dos canais radiculares melhora a determinação do diâmetro anat mico do canal [8, 16, 30, 31]. Tal achado também foi visto no presente estudo, em que o diâmetro das limas testadas, independentemente da liga e conicidade, aumentou em relação ao 1 momento (LA0 x LA1 / LA0 x LA2). Isso evidencia que os forames originalmente são maiores, porém, em virtude das interferências anat micas, não foi possível aferir.

A determinação precisa do comprimento individual do canal radicular é um dos principais fatores que afetam os resultados do tratamento endodôntico. Existem algumas maneiras de determinar o comprimento individual do canal radicular. Os localizadores apicais fornecem uma assistência precisa e útil para a determinação do comprimento do canal radicular [6, 26]. A utilização de localizadores apicais, preparo cervical e médio prévio e limas mais flexíveis e com conicidade 0.1 são passos essenciais para uma maior precisão na medição do comprimento do conduto, com vistas a uma melhor instrumentação e posterior correta obturação.

A pesquisa também demonstrou que as limas de NiTi tratadas tiveram melhor ajuste apical quando comparadas com as limas de NiTi e de aço, resultado também encontrado em dois estudos [15, 29]. Pasqualini *et al.* [15] sugeriram que os instrumentos de NiTi tratados termicamente preservam a anatomia original do canal, causam menos distorções no preparo e levam a menos dor pós-operatória, em comparação com instrumentação com limas de aço inoxidável. Isso acontece graças à conicidade 0.1 e ao tipo de lima mais maleável, características das limas de NiTi tratadas.

Este estudo demonstra a importância do preparo do conduto antes de sua medição final, além da utilização de limas com conicidade 0.1 para um melhor ajuste apical. O desenvolvimento comercial dessas limas para medição do conduto e instrumentação da região apical seria interessante.

Conclusão

Nas condições do atual estudo, pode-se concluir que o comprimento do canal radicular diminui durante as etapas de preparo endodôntico, independentemente do tipo de lima utilizada, para essa aferição. Tratando-se da precisão do ajuste apical dos instrumentos, as limas de níquel-titânio tratadas termicamente oferecem melhor ajuste na região apical, por causa de sua conicidade .01 e maior flexibilidade.

Referências

1. Alodeh M, Doller R, Dummer P. Shaping of simulated root canals in resin blocks using the stepback technique with K-files manipulated in a simple in/out filing motion. *Int Endod J.* 1989;22:107-17.
2. Amato M, Pantaleo G, Abdellatif D, Blasi A, Lo Giudice R, Iandolo A. Evaluation of cyclic fatigue resistance of modern nickel-titanium rotary instruments with continuous rotation. *G Ital Endod.* 2017;31:78-82.
3. Amato M, Iandolo A, Pantaleo G, Abdellatif D, Simeone M, Lizio A et al. The IG-file use to gauge the apical diameter in Endodontics: an in vitro study. *Open Dent J.* 2018;12:638-64.
4. Bryant S, Thompson S, Al-Omari M, Dummer P. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: part 1. *Int Endod J.* 1998;31:275-81.
5. Caldwell JL. Change in working length following instrumentation of molar canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;41:114-8.
6. Lewińska E, Lipski M, Marciniak-Paradowska M, Woźniak K, Lichota D. The evaluation of the ability of Apex D.S.P. to determine the length of root canal. In vitro study. *Ann Acad Med Stetin.* 2008;54(2):37-40.
7. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54:291-312.
8. Ibelli GS, Barroso JM, Capelli A, Spano JC, Pecora JD. Influence of cervical preflaring on apical file size determination in maxillary lateral incisors. *Braz Dent J.* 2007;18(2):102-6.
9. Jou Y, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin N Am.* 2004;48:323-35.

10. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J Endod.* 1977;3:24-9.
11. Kumar R, Khambete N, Patil S. Working length changes in curved canals after coronal flaring by using rotary files and hand file: an in vitro study. *J Conserv Dent.* 2013;16:399-403.
12. Leeb J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endod.* 1983;9:463-70.
13. Marending M, Schicht O, Paqué F. Initial apical fit of K-files versus Lightspeed LSX instruments assessed by micro-computed tomography. *Int Endod.* 2012 Feb;45(2):169-76.
14. Paqué F, Zehnder M, Marending M. Apical fit of initial K-files in maxillary molars assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2010 Apr;43(4):328-35.
15. Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. *J Endod.* 2012;38:389-93.
16. Pecora JD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Spanó JCE, Estrela C. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. *Int Endod J.* 2005 Jul;38(7):430-5.
17. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30:559-67.
18. Ramos CAS, Bramante CM. *Odontometria - fundamentos e técnicas.* São Paulo: Ed. Santos; 2005.
19. Sonntag D, Delschen S, Stachniss V. Root-canal shaping with manual and rotary Ni-Ti files performed by students. *Int Endod J.* 2003 Nov;36(11):715-23.
20. Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J.* 2006;17:6-9.
21. Souza RA, Sousa YT, Figueiredo JAP, Dantas JCP, Colombo S, Pécora JD. Influence of apical foramen lateral opening and file size on cemental canal instrumentation. *Braz Dent J.* 2012;23(2):122-6.
22. Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod.* 2002;28:658-64.
23. Tien M, Tjoa H, Maggie Z, Paul VA. Comparative study of four endodontic file systems to assess changes in working length during root canal instrumentation and the effect of canal curvature on working length change. *J Endod.* 2020 Jan;46(1):110-5.
24. Thompson S, Dummer P. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: part 1. *J Endod.* 1997;23:698-702.
25. Thompson S, Dummer P. Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J.* 1997;30:262-9.
26. Thompson S, Dummer P. Shaping ability of HERO 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: part 1. *Int Endod J.* 2000;33:248-54.
27. Torabinejad M. Passive step-back technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;77:398-401.
28. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod.* 2004;30:110-2.
29. Vasconcelos BC, Verissimo-Chavez RD, Vivacqua-Gomes N. Ex vivo evaluation of the accuracy of electronic foramen locators in root canals with an obstructed apical foramen. *J Endod.* 2015;41:1551-4.
30. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79:492-6.
31. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence, and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89:739-43.