

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

MARICEL ROSARIO CARDENAS CUELLAR

Avaliação microbiológica e quantificação de raspas extruídas por instrumentos reciprocantes e rotatórios com variação no calibre e na irrigação ultrassônica passiva

BAURU

2018

MARICEL ROSARIO CARDENAS CUELLAR

Microbiological evaluation and quantification of extruded debris by reciprocating and rotating instruments with variation in caliber and passive ultrasonic irrigation

Avaliação microbiológica e quantificação de raspas extruídas por instrumentos reciprocantes e rotatórios com variação no calibre e na irrigação ultrassônica passiva

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

Orientadora: Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade

**BAURU
2018**

Cárdenas Cuellar Maricel Rosario

C178a Avaliação microbiológica e quantificação de raspas extruídas por instrumentos reciprocantes e rotatórios com variação no calibre e na irrigação ultrassônica passiva / Maricel Rosario Cárdenas Cuellar. – Bauru, 2018.

73p : il. ; 31cm.

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

Orientadora: Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade

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

Assinatura:

Data:

Projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, em 20 de fevereiro de 2018.

Comitê de Ética da FOB-USP
Registro **CAAE:**
77109417.5.0000.5417

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	CONCLUSÃO.....	10
3	REFERÊNCIAS.....	11

RESUMO

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E QUANTIFICAÇÃO DE RASPAS EXTRUÍDAS POR INSTRUMENTOS RECIPROCANES E ROTATÓRIOS COM VARIAÇÃO NO CALIBRE E NA PRESENÇA DA IRRIGAÇÃO ULTRASSÔNICA PASSIVA

Foi objetivo deste estudo, avaliar comparativamente o volume dos debrís e a extrusão bacteriana apical durante o preparo de canais radiculares com os instrumentos Prodesign R e Prodesign Logic, com diferentes calibres e presença de irrigação ultrassônica passiva (PUI) ou não, em dentes contaminados com *Enterococcus faecalis* (ATCC29212). **Métodos:** Foram empregados 90 pré-molares inferiores, decoronados e padronizados em 16 mm, divididos em 8 grupos (n=10) segundo os sistemas a serem empregados; Prodesign Logic 25.06, 35.05, Prodesign R 25.06 e 35.05, e o tipo de ativação do irrigante, contaminados durante 5 dias. Debrís extruídos foram coletados em microtubos vazios pesados previamente 3 vezes, inseridos na parte inferior de um dispositivo metálico para uma posterior pesagem dos debrís. Também foram realizadas coletas dos canais e dos debrís extruídos para uma avaliação microbiológica através da contagem das unidades formadoras decolônias (UFC/mL). **Resultados:** O tipo de movimento rotatório e recíprocante e o diâmetro do calibre, 25 ou 35, não mostraram diferenças entre si ($P>0.05$). Comparando a irrigação convencional com o emprego do ultrassom, este último promoveu uma maior quantidade de debrís extruídos pelo forame ($P<0.05$). Na análise microbiológica das coletas dos debrís, o sistema Prodesign Logic 25 promoveu uma maior quantidade de raspas contaminadas ($P<0.05$). Nas coletas dos canais tanto a irrigação convencional quanto o uso do ultrassom mostraram uma diminuição das UFC/mL das coletas iniciais comparadas com as finais, sem diferença estatística ($P<0.05$). A contaminação microbiana nas raspas extruídas foi menor no grupo onde foi empregada a irrigação convencional ($P<0.05$). **Conclusões:** Os calibres dos instrumentos e o tipo de movimento utilizado nos canais radiculares agiram de forma semelhante, diminuindo a contaminação do canal principal e extruindo a mesma quantidade de debrís, com a mesma contaminação. A PUI aumentou a extrusão e a contaminação dos debrís dentinários em comparação com a irrigação convencional.

Palavras chave: Extrusão apical, *E. faecalis*, Endodontia, rotatório, recíprocante

ABSTRACT

MICROBIOLOGICAL EVALUATION AND QUANTIFICATION OF EXTRUDED DEBRIS BY RECIPROCATING AND ROTATING INSTRUMENTS WITH VARIATION IN CALIBER AND PASSIVE ULTRASONIC IRRIGATION

The main of this study was to compare the volume of debris and apical bacterial extrusion during root canal preparation with the Prodesign R and Prodesign Logic instruments, with different calibers and presence of passive ultrasonic irrigation (PUI) or not, in teeth contaminated with *Enterococcus faecalis* (ATCC29212). **Methods:** 90 lower premolars were used, decoronated and standardized in 16 mm, divided into 8 groups (n = 10) according to the systems to be used; Prodesign Logic 25.06, 35.05, Prodesign R 25.06 and 35.05, and the type of irrigant activation, contaminated for 5 days. Extruded debris were collected in empty microtubes previously weighed 3 times, inserted in the inferior part of a metallic device for a later weighing of the debris. Samples of main root canals were also collected in addition of debris for a microbiological evaluation of colony forming units (CFU / mL). **Results:** The movement, rotational or reciprocating, and the diameter of the caliber, 25 or 35, showed no differences between them ($P > 0.05$). Comparing conventional irrigation with the use of ultrasound, the latter promoted a greater amount of debris extruded through the foramen ($P < 0.05$). In the microbiological analysis of the debris collections, the Prodesign Logic 25 system promoted a greater amount of contaminated debris ($P < 0.05$). In the collections of the root canal both the conventional irrigation and the ultrasonic agitation showed a decrease of the CFU / mL from initial collections compared to the finals, with no statistical difference ($P < 0.05$). Microbial contamination in the extruded debris was lower in the group where conventional irrigation was used ($P < 0.05$). **Conclusions:** The instrument, caliber and the type of movement used in root canals acted similarly, reducing the contamination of the main root canal and extruding the same amount of debris, with the same contamination. PUI increased the extrusion and contamination of dentinal debris compared to conventional irrigation.

Keywords: Apical Extrusion, *E. faecalis*, Endodontic, rotatory, reciprocating

INTRODUÇÃO

O preparo químico-mecânico do canal radicular é o passo mais demorado do tratamento endodôntico, desta forma, a indústria odontológica preocupa-se com a criação de sistemas que permitam a modelagem dos canais com instrumentação mecanizada, inclusive com o uso de sistemas de lima únicos, facilitando e acelerando este preparo (CAPAR ET AL., 2016).

Nos últimos anos vem ocorrendo uma mudança gradativa de instrumentos manuais para instrumentos mecanizados. Desde os anos 60 a liga de níquel-titânio (NiTi) que foi desenvolvida por Buehler, um investigador do programa espacial americano, tem sido utilizada por apresentar propriedades únicas de efeito de memória de forma e superelasticidade onde a liga retorna à sua forma original após uma deformação. Foi descrito para essa liga quando comparada com aço inoxidável uma grande resistência e um baixo módulo de elasticidade, sendo essa uma vantagem da utilização da mesma em instrumentos endodônticos, e principalmente no preparo de canais de anatomia complexa (GRANDE et al., 2015; SEMAAN et al., 2009; RODRIGUES et al., 2016).

O tratamento termomecânico dos sistemas de NiTi oferece benefícios significativos em relação à eficácia e segurança dos instrumentos endodônticos. Vários tratamentos térmicos de ligas de NiTi, tais como M-wire e CM-wire entre outros, têm sido utilizados para otimizar a microestrutura de ligas NiTi, porque eles têm grande influência sobre a confiabilidade e propriedades mecânicas destes sistemas. Instrumentos M-wire foram desenvolvidos pela transformação de um fio de NiTi na fase austenítica, para a fase R, uma fase intermediária formada durante a transformação de martensita em austenita, por aquecimento e por transformação inversa no arrefecimento. Os instrumentos CM-wire são principalmente de fase martensita em temperatura ambiente e foram fabricados por meio de um processo termomecânico especial que controla a memória do material. Isto torna os sistemas extremamente flexíveis e resistentes à fadiga cíclica e reduz os erros processuais tais como rebordos, que causam fraturas de instrumentos nos canais curvos. Várias propriedades da austenita NiTi e martensita NiTi são diferentes. Sistemas CM-wire não têm memória de forma, ao contrário do que é encontrado com formas convencionais de ligas NiTi (RODRIGUES et al., 2016; DI FIORE et al., 2006).

Recentemente, foram introduzidos os sistemas reciprocantes e rotatórios, ProDesign R e ProDesign Logic (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil). De acordo com o fabricante, estas limas apresentam um design híbrido diferente e tratamento térmico CM.

O sistema Prodesign Logic, pode ser empregado tanto no movimento rotatório quanto no reciprocante, e é encontrado em quatro tamanhos: 25.06, 30.05, 35.05 e 40.05. Apresenta um formato de S com duas ou três arestas de corte e ponta inativa (COELHO et al., 2016). Já o sistema Prodesign R recentemente lançado no mercado, apoia-se no preceito de movimento recíproco exclusivo, permitindo a conformação dos canais radiculares com um único instrumento e apresenta dois instrumentos de diâmetro e conicidade diferentes: 25.06 e 35.05. A secção transversal do instrumento apresenta um formato de S, um ângulo helicoidal variável e o sentido de corte no sentido anti-horário (LIMAS EASY). Este instrumento é fabricado a partir de uma liga NiTi convencional submetida a um processo termomecânico patenteado que consiste em acrescentar a temperatura de transformação da austenita acima dos 37°C, deixando a lima em fase martensítica à temperatura ambiente. Além disso, foi observado que quando submetida aos testes de resistência flexural e fadiga cíclica mostrou uma maior resistência do que os instrumentos Reciproc e Unicone (ALCALDE et al., 2017; SILVA et al., 2016) e mostrou-se mais flexível do que a Wave one gold (SILVA et al., 2016).

No entanto, independentemente do sistema empregado, durante o preparo do canal, a extrusão de debris, remanescentes de tecidos e de micro-organismos além do forame apical podem resultar em inflamação dos tecidos periapicais, dor pós-operatória e atraso da cicatrização periapical (TINOCO et al., 2014).

A passagem dos micro-organismos e seus subprodutos pelo forame até atingir os tecidos periapicais, pode resultar em uma inflamação cuja intensidade vai depender da quantidade e qualidade dos mesmos, provocando também o desenvolvimento de infecções extra-radulares (SIQUEIRA, 2003; RODRÍGUEZ C, NIKLITSHECK GO, 2015; PLADISAI; AMPORNARAMVETH RS; CHIVATXARANUKUL, 2016). Os debris extruídos além dos micro-organismos, são constituídos por soluções de irrigação, tecido necrótico, fragmentos pulpares e pó dentinário. Este material é responsável pela inflamação e falha no pós-operatório. Os primeiros a quantificar os detritos

extruídos apicalmente foram Chapman et al. em 1968 (CHAPMAN et al., 1968), seguidos por Vande Visse e Brilliant em 1975 (VANDE VISSE E BRILLIANT, 1975), que salientam a importância da irrigação abundante e aspiração para evitar a extrusão de debris.

Segundo Siqueira (SIQUEIRA, 2003), duas das maiores complicações relacionadas com a extrusão apical de debris durante o tratamento endodôntico são a dor pós-operatória e o reagudescimento de uma lesão periapical crônica, devido à quebra do equilíbrio entre as defesas do hospedeiro e a agressão microbiana vinda do canal radicular. Por essa situação depender também de fatores do hospedeiro, o endodontista deve minimizar fatores causais inerentes ao tratamento, como por exemplo, fazer uso de técnicas crown-down, onde menos debris serão extruídos .

A instrumentação manual irá causar maior extrusão de debris quando comparada com o uso de sistemas mecanizados segundo alguns autores (MARTIN; CUNNINGHAM, 1982; BEENSON et al., 1998; KUSTARCI et al., 2008; TANALP, GUNGOR, 2014), uma vez que estes possuem uma cinemática capaz de trazer grande quantidade de debris para a porção coronária.

As infecções endodônticas podem ser categorizadas como primárias e secundárias (ou persistentes). As infecções primárias na maioria das vezes ocorrem devido a organismos anaeróbios Gram-negativos, enquanto infecções persistentes são causadas de modo geral por bactérias Gram-positivas facultativas. A microbiota correspondente às infecções persistentes do canal radicular e resistência aos antibióticos inclui *E. faecalis* e outras espécies (SIQUEIRA, 2003; PLADISAI; AMPORNARAMVETH; CHIVATXARANUKUL, 2016; RODRÍGUEZ; NIKLITSCHECK, 2015).

Enterococcus faecalis é um coco Gram-positivo, ovoidal, anaeróbio facultativo e um micro-organismo fermentativo que não forma esporos. Ocorre único, em pares ou em cadeias curtas. É um habitante normal da cavidade oral. A concentração desta bactéria varia entre os pacientes. Em caso de infecção endodôntica primária, *E. faecalis* está associada a lesão perirradicular crônica assintomática. Em caso de falha no tratamento do canal radicular, a sua prevalência é nove vezes maior do que na infecção primária. Poucos casos relataram presença apenas de *E. faecalis* nos canais

radiculares com lesão perirradicular (SIQUEIRA, 2003; RODRÍGUEZ; NIKLITSCHECK, 2015).

Assim, além do preparo químico-mecânico, foi sugerida a agitação da solução de irrigação para uma melhor antissepsia do sistema de canais radiculares na eliminação dos micro-organismos e a irrigação ultrassônica passiva (PUI) é a mais utilizada. Este método consiste em colocar uma solução irrigante com uma seringa seguida por uma ativação ultrassônica contínua sem ter contato com as paredes dentinárias. Esta técnica de irrigação mostrou ser mais eficaz do que outras na remoção de detritos e remanescentes de tecidos do interior do sistema de canais radiculares (VAN DER SLUIS; VERSLUIS; WU; WESSELINK, 2007; SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003).

Este estudo avaliou o tipo de movimento e calibres de dois sistemas CM Wire de um mesmo fabricante (Easy, Belo Horizonte, MG, Brasil) em dentes contaminados com *E. faecalis* e sua capacidade de extrusão de debris usando irrigação convencional ou agitação ultrassônica além de avaliar qual deles promove uma melhor eliminação do micro-organismo dos canais radiculares mediante avaliação microbiológica na contagem das UFC/mL.

CONCLUSÃO

Houve uma diminuição da contaminação do canal principal nas coletas finais comparadas com coletas iniciais, variando o tipo de movimento e o calibre dos instrumentos mostrando que agiram de forma semelhante. A mesma quantidade de debris extruídos e contaminados também foram encontrados. Quando comparamos a irrigação convencional com o uso do ultrassom (PUI), este último promoveu uma maior extrusão de debris dentinários contaminados. O tempo efetivo de trabalho foi similar em todos os grupos de instrumentos.

REFERÊNCIAS

- 1 Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilo-Pinto J, et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. *Journal of endodontics*. 2017;43(7):1186-91.
- 2 Andrade FB, Arias MP, Maliza AG, Duarte MA, Graeff MS, Amoroso-Silva PA, et al. A new improved protocol for in vitro intratubular dentinal bacterial contamination for antimicrobial endodontic tests: standardization and validation by confocal laser scanning microscopy. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2015;23(6):591-8.
- 3 Aksel H, Kucukkaya Eren S, Cakar A, Serper A, Ozkuyumcu C, Azim AA. Effect of Instrumentation Techniques and Preparation Taper on Apical Extrusion of Bacteria. *J Endod*. 2017;43(6):1008-10.
- 4 Basmaci F, Oztan MD, Kiyani M. Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E.faecalis* within root canals. *International endodontic journal*. 2013;46(9):823-30.
- 5 Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod*. 1998 Jan;24(1):18-22. PubMed PMID: 9487860.
- 6 Camoes IC, Salles MR, Fernando MV, Freitas LF, Gomes CC. Relationship between the size of patency file and apical extrusion of sodium hypochlorite. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*. 2009;20(4):426-30.
- 7 Capar ID, Arslan H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments. *International endodontic journal*. 2016;49(2):119-35.

- 8 Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. *J Endod.* 2014;40(10):1638-41.
- 9 Chapman CE, Collee JG, Beagrie GS. A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *J Br Endod Soc.* 1968 Jan-Mar;2(1):7-11. PubMed PMID: 5242508
- 10 Coelho BS, Amaral RO, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva-Sousa YT, Carvalho FM, et al. Performance of Three Single Instrument Systems in the Preparation of Long Oval Canals. *Brazilian dental journal.* 2016;27(2):217-22. .
- 11 De-Deus G, Marins J, Silva EJ, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *Journal of endodontics.* 2015;41(5):676-81.
- 12 Di Fiore PM, Genov KA, Komaroff E, Li Y, Lin L. Nickel-titanium rotary instrument fracture: a clinical practice assessment. *International endodontic journal.* 2006;39(9):700-8.
- 13 Grande NM, Ahmed HMA, Cohen S, Bukiet F, Plotino G. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review-Part I: Historic Perspectives and Current Applications. *Journal of endodontics.* 2015;41(11):1778-83.
- 14 Ha JH, Kim SK, Kwak SW, El Abed R, Bae YC, Kim HC. Debris extrusion by glide-path establishing endodontic instruments with different geometries. *J Dent Sci.* 2016;11(2):136-40.
- 15 Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *Journal of dental research.* 1987;66(8):1375-9.
- 16 Kar PP, Khasnis SA, Kidiyoor KH. Comparative Evaluation of Cleaning Efficacy using Four Novel Nickel-titanium Rotary Instruments: An in vitro Scanning Electron Microscope Study. *The journal of contemporary dental practice.* 2017;18(12):1135-43.

- 17 Kirchhoff AL, Fariniuk LF, Mello I. Apical Extrusion of Debris in Flat-oval Root Canals after Using Different Instrumentation Systems. *J Endodont.* 2015;41(2):237-41.
- 18 Kustarci A, Akpınar KE, Sumer Z, Er K, Bek B. Apical extrusion of intracanal bacteria following use of various instrumentation techniques. *International endodontic journal.* 2008;41(12):1066-71.
- 19 Limas Easy ProDesign R 2016. Available from: <http://www.easy.odo.br/limas/limas-easy-prodesign-r/>.
- 20 Machado ME, Nabeshima CK, Leonardo MF, Reis FA, Britto ML, Cai S. Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. *International endodontic journal.* 2013;46(11):1083-7.
- 21 Martin H, Cunningham WT. The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 Jun;53(6):611-3. PubMed PMID: 6954443.
- 22 Pladisai P, Ampornaramveth RS, Chivatxaranukul P. Effectiveness of Different Disinfection Protocols on the Reduction of Bacteria in *Enterococcus faecalis* Biofilm in Teeth with Large Root Canals. *Journal of endodontics.* 2016;42(3):460-4.
- 23 Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endodont.* 1998;24(3):180-3.
- 24 Rodrigues CT, Duarte MA, de Almeida MM, de Andrade FB, Bernardineli N. Efficacy of CM-Wire, M-Wire, and Nickel-Titanium Instruments for Removing Filling Material from Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of endodontics.* 2016;42(11):1651-5.
- 25 Rodríguez C, Niklitscheck GO. Clinical implications of *enterococcus faecalis* microbial contamination in root canals of devitalized teeth: Literature review. *Revista odontológica mexicana.* 2015;19(3):6.

- 26 Romualdo PC, de Oliveira KM, Nemezio MA, Kuchler EC, Silva RA, Nelson-Filho P, et al. Does apical negative pressure prevent the apical extrusion of debris and irrigant compared with conventional irrigation? A systematic review and meta-analysis. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc.* 2017.
- 27 Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of endodontics.* 2003;29(10):674-8.
- 28 Semaan SFFF, Haragushiku G, Leonardi P, Baratto Filho F. Mechanized endodontic: the evolution of continuous rotary systems *South Brazilian Dentistry Journal.* 2009;6(3):12.
- 29 Silva EJ, Rodrigues C, Vieira VT, Belladonna FG, De-Deus G, Lopes HP. Bending resistance and cyclic fatigue of a new heat-treated reciprocating instrument. *Scanning.* 2016;38(6):837-41.
- 30 Silva EJNL, Carapia MF, Lopes RM, Belladonna FG, Senna PM, Souza EM, et al. Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. *International endodontic journal.* 2016;49(7):700-5.
- 31 Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, Pelegrine RA, Rocha DG, de Martin AS, et al. Comparative Analysis of Dentinal Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *J Endod.* 2017;43(1):141-6.
- 32 Siqueira JF, Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal.* 2003;36(7):453-63.

- 33 Tanalp J, Gungor T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International endodontic journal*. 2014;47(3):211-21.
- 34 Tanalp J, Kaptan F, Sert S, Kayahan B, Bayirli G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. *Oral Surg Oral Med O*. 2006;101(2):252-9.
- 35 Teixeira JM, Cunha FM, Jesus RO, Silva EJ, Fidel SR, Sassone LM. Influence of working length and apical preparation size on apical bacterial extrusion during reciprocating instrumentation. *International endodontic journal*. 2015;48(7):648-53.
- 36 Tinoco JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, Sassone LM. Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *International endodontic journal*. 2014;47(6):560-6.
- 37 Tziafas D, Alraeesi D, Al Hormoodi R, Ataya M, Fezai H, Aga N. Preparation Prerequisites for Effective Irrigation of Apical Root Canal: A Critical Review. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2017;9(10):e1256-e63.
- 38 van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International endodontic journal*. 2007;40(6):415-26.
- 39 Vande Visse JE, Brilliant JD. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod*. 1975 Jul;1(7):243-6. PubMed PMID: 1061800.
- 40 Vasconcelos L, Miedena RZ, Minotti PG, Pereira TC, Duarte MAH, Andrade FB. Effect of ultrasound streaming on the disinfection of flattened root canals prepared by rotary and reciprocating systems. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2017;25(5):477-82.

41 Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJG, Meire MA. Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. *Lasers in medical science*. 2017;32(9):1965-70.

42 Vivekanandhan P, Subbiya A, Mitthra S, Karthick A. Comparison of apical debris extrusion of two rotary systems and one reciprocating system. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2016;19(3):245-9.