

# Influência do diâmetro foraminal do canal radicular, do tipo e da penetração de agulha, e do fluxo da solução irrigadora na limpeza e na extrusão apical

*Influence of apical foramen diameter, design and penetration depth of the needle and irrigating solution flow rate on cleaning and apical extrusion*

Mário TANOMARU-FILHO<sup>a</sup>, Livia Etchebehere de LOIOLA<sup>a</sup>, Lucas Martinati MIANO<sup>a</sup>, Gisselle Moraima CHÁVEZ-ANDRADE<sup>a</sup>, Juliane Maria GUERREIRO-TANOMARU<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Faculdade de Odontologia, UNESP – Univ Estadual Paulista, Araraquara, SP, Brasil

## Resumo

**Introdução:** A irrigação do canal radicular visa a limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, sem promover extrusão apical. **Objetivo:** Avaliar a influência do diâmetro foraminal do canal radicular, da penetração e do tipo de agulha, e do fluxo na limpeza e na extrusão apical da solução irrigadora. **Material e método:** Doze dentes incisivos inferiores humanos com canal único foram instrumentados e, após ampliação foraminal com diferentes diâmetros (LK #40 e 60), os canais radiculares foram preenchidos com solução de contraste radiológico espessada com propilenoglicol e óxido de zinco. Foram utilizados dois tipos de agulhas de irrigação 27G com diferentes *designs* (abertura apical ou lateral), dois fluxos correspondentes a 15 ou 25 mL/min, e com penetração das agulhas em duas profundidades (3 e 6 mm aquém do ápice). Antes e após irrigação, os dentes foram radiografados utilizando um sistema radiográfico digital. As áreas do canal radicular antes (preenchido pelo contraste) e após irrigação (remanescente do contraste) foram submetidas à subtração de imagens no programa Adobe Photoshop CS4 e mensuradas por meio do programa Image Tool 3.0, obtendo o percentual de limpeza e de extrusão. Os dados foram analisados por meio dos testes ANOVA e Tukey, com nível de significância de 5%. **Resultado:** Não houve diferença estatística entre o diâmetro foraminal, o tipo e a profundidade de penetração da agulha, e a velocidade do fluxo de irrigação nos parâmetros limpeza (acima de 97%) e extrusão apical (menor do que 0,38 mm<sup>2</sup>), com  $p > 0,05$ . **Conclusão:** Todos os protocolos de irrigação avaliados proporcionaram limpeza do canal radicular e pequena extrusão apical da solução irrigadora.

**Descritores:** Endodontia; irrigantes do canal radicular; radiologia.

## Abstract

**Introduction:** The root canal irrigation aims to clean and disinfect the root canal system, without causing apical extrusion. **Objective:** To evaluate the influence of apical foramen diameter, needle penetration depth and needle design, and the irrigating solution flow rate on the cleaning and apical extrusion. **Material and method:** Roots of human mandibular incisors with single-canal were instrumented and after enlarged with two different root apical sizes (40 and 60 K-files), the root canals were filled with contrast solution thickened with propylene glycol and zinc oxide. Two types of irrigation needles (27-gauge) with different designs (apical or lateral opening) were used, two flow rates corresponding to 15 or 25 mL/min and needle penetration at two depths (3 and 6 mm from the apex). Before and after irrigation, the teeth were radiographed using a digital radiographic system. Pre-irrigation (canals filled with contrast) and post-irrigation (canals with remaining contrast) images were submitted to digital subtraction using the Adobe Photoshop CS4 software and the areas were measured using the Image Tool 3.0 software, obtaining the percentage of cleaning and extrusion. Data obtained were subjected to one-way ANOVA and Tukey's tests with the significance level of 5%. **Result:** There was no statistical difference between the apical foramen diameter, needle penetration depth and needle design, and the irrigating solution flow rate on the cleaning results (more than 97%) and the level of apical extrusion (less than 0.38 mm<sup>2</sup>), ( $p > 0,05$ ). **Conclusion:** All irrigation protocols evaluated provided cleaning of the root canal and low apical extrusion of irrigating solution.

**Descriptors:** Endodontics; root canal irrigants; radiology.

## INTRODUÇÃO

A instrumentação e a irrigação do canal radicular visam a limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, contribuindo para o sucesso do tratamento endodôntico. As soluções irrigadoras são utilizadas com objetivo de remover resíduos, lubrificar paredes dentinárias, dissolver matéria orgânica e eliminar bactérias<sup>1,2</sup>.

A atuação física da irrigação dos canais radiculares pode ser influenciada por diversos fatores, entre os quais: tipo e diâmetro da agulha irrigadora<sup>3,4</sup>, profundidade da agulha no interior do canal<sup>3,5</sup>, diâmetro final do preparo<sup>6,7</sup>, diâmetro foraminal<sup>8,9</sup> e grau de curvatura do canal<sup>5,10</sup>, além do volume e das propriedades da solução irrigadora utilizada<sup>11</sup>. A ação da solução irrigadora pode ser afetada negativamente por agulhas de grande diâmetro, por maiores distâncias entre a ponta da agulha e o batente apical, e também por canais pouco dilatados<sup>5</sup>.

A proximidade da agulha de irrigação com a porção apical do canal radicular é um fator importante na remoção de debris dentinário e micro-organismos<sup>3,4</sup>. As unidades de diâmetro das agulhas irrigadoras pelo sistema *gauge* não são diretamente comparáveis com o tamanho dos instrumentos endodônticos<sup>12</sup>. De acordo com a norma ISO 9626 1991/2001, as agulhas de *gauge* 21, 23, 25, 27 e 30 apresentam um diâmetro externo de 0,8; 0,6; 0,5; 0,4 e 0,3 mm, respectivamente<sup>13</sup>. É importante ressaltar que a ponta da agulha não deve se prender às paredes dentinárias durante a irrigação, devido ao risco de extravasamento ou extrusão da solução irrigadora para os tecidos periapicais<sup>3,9,14,15</sup>.

A solução de hipoclorito de sódio é a mais amplamente utilizada para auxiliar no preparo biomecânico de canais radiculares devido ao seu excelente poder antimicrobiano, à dissolução de tecidos orgânicos e à propriedade lubrificante<sup>1</sup>. No entanto, tem potencial citotóxico para os tecidos periapicais<sup>16</sup>. Existem diversos relatos na literatura de complicações devido à injeção inadvertida de hipoclorito de sódio além do forame apical<sup>15,17</sup>. Diante disto, agulhas com abertura lateral foram propostas com a finalidade de dificultar a propulsão apical da solução irrigadora<sup>3,14</sup>.

Agulhas de irrigação de menor diâmetro exigem maior esforço do operador, sendo uma pressão excessiva não aconselhável em função do risco de extrusão<sup>17</sup>. Boutsioukis et al.<sup>18</sup> avaliaram o fluxo da solução irrigadora no interior do canal radicular e concluíram que a agulha de irrigação deve ser inserida 1 mm aquém do comprimento de trabalho (CT) para assegurar a troca da solução.

Camos et al.<sup>9</sup> avaliaram *in vitro* a extrusão apical de NaOCl a 5,25% em canais mesiovestibulares de primeiros molares superiores, sob duas condições experimentais: sem e com patência apical com limas de diferentes diâmetros (LK #10 e LK Flexofile #15). Concluíram que o NaOCl apresentou grande capacidade de extrusão em ambas condições experimentais, mesmo com dilatação foraminal realizada com limas de pequeno diâmetro.

O objetivo deste estudo foi avaliar, *in vitro*, a influência do diâmetro foraminal, da penetração e do tipo de agulha irrigadora,

e da velocidade do fluxo de irrigação na eficácia de limpeza do canal radicular e na extrusão apical da solução irrigadora.

## MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados 12 incisivos inferiores humanos extraídos, com canal único e rizogênese completa, provenientes do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (Comitê de Ética em Pesquisa com Protocolo 20/09).

Os dentes selecionados foram submetidos à abertura coronária com ponta diamantada esférica 1012 e 3082 (KG Sorensen, São Paulo-SP, Brasil). O comprimento do canal radicular foi estabelecido introduzindo uma LK #10 (Dentsply/Maillefer, Suíça), até a observação da sua extremidade no forame apical. O comprimento de trabalho (CT) foi determinado a 1 mm aquém do comprimento total.

Os canais radiculares foram instrumentados até a LK #40 por meio da técnica escalonada com recuo progressivo programado. Foi realizada a dilatação foraminal com LK #40 e #60 (correspondentes aos grupos I e II). Os canais radiculares foram preenchidos com solução de contraste radiológico (diatrizoato sódico de meglumina–Pielograf 76%, BerliMed SA, Madri, Espanha) espessada com óxido de zinco e propilenoglicol<sup>19</sup> na proporção 1 mL: 0,7 g: 1 mL.

Os ápices radiculares foram envoltos em blocos de resina padronizados contendo lâ acrílica para simular a região periapical e o conjunto foi moldado em silicona de condensação (Zetaplus, Zhermack, Badia Polsine, RO, Itália) sobre dispositivo confeccionado para padronização da tomada radiográfica.

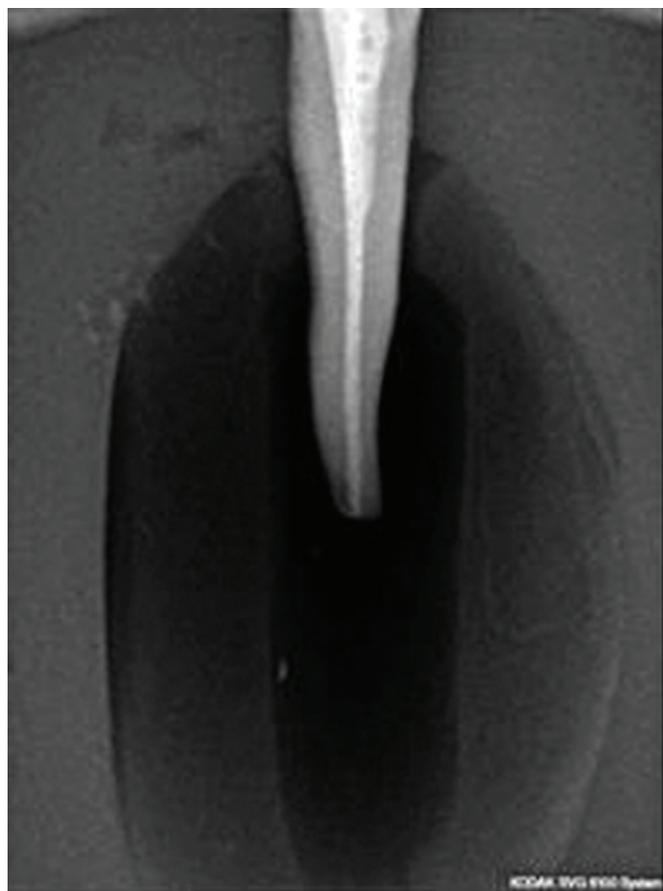
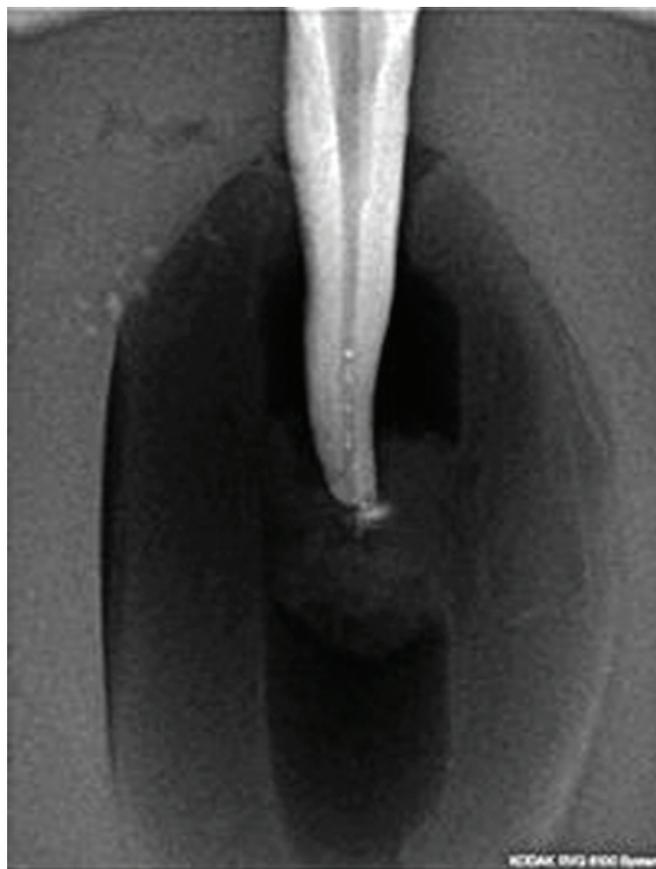
Agulhas irrigadoras de diâmetro 27G com abertura apical ou lateral foram avaliadas em cada um dos diâmetros de dilatação foraminal. Foram usadas agulhas 27G com abertura lateral (Optimus, São Paulo-SP, Brasil) e agulhas 27G com abertura apical (NaviTip, Ultradent, South Jordan UT, USA).

A irrigação foi realizada com 2 mL de água destilada nos fluxos correspondentes a 15 ou 25 mL/min. O controle de fluxo da solução irrigadora foi realizado por meio do controle de tempo usado para cada fluxo. Desta forma, para a obtenção do fluxo de 15mL/min, 8 segundos foram usados para irrigação com 2 mL. Para o fluxo de 25mL/min, 4,8 segundos foram gastos para irrigação com 2 mL. Foram analisadas, ainda, duas profundidades de penetração da agulha (3 e 6 mm aquém do CT), conforme Tabela 1. Movimento de introdução e retirada foi realizado durante a irrigação com amplitude de 2 mm, com aspiração simultânea na câmara pulpar.

Antes e após cada irrigação/aspiração, os dentes foram radiografados nos sentidos vestibulolingual e mesiodistal, por meio de um sistema digital (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, Marne-la-Vallée, France) com resolução de 20 pares de linha, usando o aparelho de raios-X Spectro 70X Eletronic (Dabi Atlante Inds. Médico-Odontológicas Ltda., Ribeirão Preto-SP, Brasil), a 70 kVp, 8 mA e 0,4 segundos de exposição (Figuras 1 e 2). Foi utilizado um dispositivo para padronizar a obtenção das imagens pré e pós-irrigação. Os mesmos dentes foram usados para os grupos com dilatação foraminal #40 e, depois, para a dilatação foraminal #60.

**Tabela 1.** Distribuição dos grupos experimentais de acordo com a dilatação foraminal, agulha utilizada, fluxo e penetração da agulha

Grupos	Fluxo	Penetração da agulha (aquém do CT)	Tamanho da amostra (n)
<b>GIA:</b> Dilatação foraminal #40 + agulha 27G abertura apical	15 mL/min	3 mm	12
	25 mL/min		12
	15 mL/min	6 mm	12
	25 mL/min		12
<b>GIB:</b> Dilatação foraminal #40 + agulha 27G abertura lateral	15 mL/min	3 mm	12
	25 mL/min		12
	15 mL/min	6 mm	12
	25 mL/min		12
<b>GIIA:</b> Dilatação foraminal #60 + agulha 27G abertura apical	15 mL/min	3 mm	12
	25 mL/min		12
	15 mL/min	6 mm	12
	25 mL/min		12
<b>GIIIB:</b> Dilatação foraminal #60 + agulha 27G abertura lateral	15 mL/min	3 mm	12
	25 mL/min		12
	15 mL/min	6 mm	12
	25 mL/min		12

**Figura 1.** Imagem representativa de espécime com o canal radicular preenchido com a solução de contraste espessada com propilenoglicol e óxido de zinco.**Figura 2.** Imagem representativa de espécime após realização dos protocolos de irrigação avaliados.

As imagens final e inicial foram importadas para o programa Adobe Photoshop CS4, e a imagem final foi subtraída da inicial, obtendo-se assim uma nova imagem a ser analisada (Figura 3).

Posteriormente, as imagens foram transferidas para o programa Image Tool 3.0 e as áreas do canal radicular totalmente preenchido pelo contraste e após irrigação (remanescente do contraste) foram delimitadas por um operador treinado. As medidas foram obtidas em mm<sup>2</sup>, segundo Tanomaru-Filho et al.<sup>20</sup>. A razão entre estas áreas foi calculada como porcentagens de limpeza para cada modalidade. Para avaliação de extrusão, a área na região periapical com contraste foi calculada. A comparação entre essas porcentagens (dilatação do canal, tipo e penetração da agulha, e fluxo) foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA) e teste post-hoc de Tukey, com um nível de significância de 5%.

## RESULTADO

Os resultados obtidos estão representados nas Tabelas 2 e 3. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os diâmetros foraminais, o fluxo de irrigação, o tipo e a profundidade de penetração da agulha, nos parâmetros limpeza e extrusão ( $p > 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a influência de alguns parâmetros na eficácia de limpeza e na extrusão apical da solução irrigadora. As variáveis foram o diâmetro foraminal (0,40 e 0,60 mm), o tipo



**Figura 3.** Imagem obtida após subtração no programa Adobe Photoshop CS4.

de agulha (27G com abertura apical e lateral), a profundidade de penetração (3 e 6 mm aquém do forame) e a velocidade do fluxo (15 e 25 mL/min), utilizando a técnica manual convencional de irrigação (IMC).

A atuação de soluções irrigadoras é avaliada por meio de contrastes ou corantes em canais laterais, simulados em dentes humanos ou em blocos de resina<sup>8,21,22</sup>. Neste estudo, foi usada solução de contraste radiológico espessada com propilenoglicol, acrescentada com óxido de zinco, que apresenta consistência e radiopacidade, segundo método modificado de Guerreiro-Tanomaru et al.<sup>19</sup>.

De Gregorio et al.<sup>21,22</sup> usaram espécimes diafanizados avaliados por observação direta em microscópio operatório. Já no estudo de Bronnec et al.<sup>8</sup>, foram utilizadas as radiografias digitais Adobe Photoshop CS3 e Image J, para avaliação da capacidade de preenchimento de uma solução de contraste.

A avaliação da eficácia da irrigação na remoção e/ou penetração de solução de contraste em canais radiculares de dentes extraídos tem sido realizada<sup>8,19,21,22</sup>. A radiologia digital permite uma imagem de qualidade<sup>23,24</sup>, com redução na dose de radiação, além de possibilitar a padronização e a manipulação de imagens por meio de diversas ferramentas<sup>19,25</sup>. Na análise de imagens radiográficas, o uso do programa Adobe Photoshop possibilita a subtração de imagens (final e inicial), sendo utilizado para análise da evolução ou regressão de lesões periapicais<sup>26</sup>, do grau de limpeza, da capacidade de penetração do irrigante no sistema de canais radiculares<sup>8,19,21,22</sup> e da mensuração do volume de extrusão apical da solução irrigadora<sup>6,27</sup>.

Usando metodologia semelhante para avaliação de limpeza, Guerreiro-Tanomaru et al.<sup>19</sup> avaliaram a influência do diâmetro e do tipo da agulha de irrigação, e do diâmetro do canal radicular na eficácia de limpeza no terço apical. Os canais radiculares foram instrumentados com diferentes diâmetros do batente apical (#20, 30 e 40) e preenchidos com meio de contraste radiopaco. Quatro agulhas diferentes foram avaliadas: 23G e 30G com abertura lateral, 22G e 30G com abertura apical. Os autores concluíram que as agulhas de menor diâmetro foram mais eficazes na limpeza do terço apical, independentemente do seu tipo.

Os diferentes protocolos de irrigação avaliados demonstraram eficiência quanto à limpeza dos canais radiculares (acima de 97%) e pouca extrusão apical (menor do que 0,38 mm<sup>2</sup>), sem diferença entre os grupos. A eficácia na remoção de debris pela IMC e os novos sistemas de irrigação em dentes com diferentes diâmetros de preparo apical foram avaliados por Rodig et al.<sup>7</sup>. Os autores confeccionaram irregularidades simuladas na parede do canal preenchidas com debris artificial, demonstrando que o diâmetro do preparo apical não influencia a capacidade de limpeza, concordando com os resultados do presente trabalho.

Shin et al.<sup>28</sup> avaliaram a eficácia do sistema de irrigação *EndoVac* em comparação com a IMC usando agulhas 24 e 30G (2 mm aquém do CT) em canais instrumentados até a lima #25, 40 e 60. Os autores concluíram que quanto maior o preparo apical melhor a limpeza do mesmo.

A avaliação de diferentes protocolos de irrigação final (IMC) com agulha 27G foi realizada também por Nadalin et al.<sup>29</sup>. Foram avaliados cinco protocolos de acordo com o volume,

**Tabela 2.** Médias e desvio padrão (em porcentagem) da limpeza do canal radicular

	Limpeza (%)															
	#40								#60							
	Ag 1				Ag 2				Ag 1				Ag 2			
	15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min	
P	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm
M	99,3	99,6	98,7	98,5	99,1	98,8	99,6	98,5	99,9	99,3	99,9	97,8	97,5	99,6	98,4	99,7
SD (±)	1,26 a	0,70 a	2,72 a	1,68 a	2,29 a	1,62 a	0,46 a	2,58 a	0,32 a	1,09 a	0,21 a	5,24 a	5,09 a	0,86 a	5,12 a	0,44 a

Ag1=agulha abertura apical; Ag2=agulha abertura lateral; P=profundidade da agulha; M=média; SD=desvio padrão. Letras iguais indicam valores de médias estatisticamente semelhantes entre si ( $p>0,05$ ).

**Tabela 3.** Médias e desvio padrão (em mm<sup>2</sup>) da extrusão apical

	Extrusão apical (mm <sup>2</sup> )															
	#40								#60							
	Ag 1				Ag 2				Ag 1				Ag 2			
	15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min		15 mL/min		25 mL/min	
P	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm	6mm	3mm
M	0,08	0,03	0,08	0,20	0,02	0,14	0,01	0,09	0,03	0,22	0,01	0,10	0,04	0,38	0,04	0,07
SD (±)	0,17 a	0,06 a	0,14 a	0,45 a	0,03 a	0,40 a	0,01 a	0,20 a	0,06 a	0,45 a	0,03 a	0,20 a	0,08 a	0,72 a	0,07 a	0,14 a

Ag1=agulha abertura apical; Ag2=agulha abertura lateral; P=profundidade da agulha; M=média; SD=desvio padrão. Letras iguais indicam valores de médias estatisticamente semelhantes entre si ( $p>0,05$ ).

a concentração e o tempo de irrigação. Os terços apicais dos espécimes foram submetidos a processamento histológico, analisados em microscopia óptica (40×) e as imagens submetidas à análise morfométrica, com a utilização do *software* Scion Image. Concluiu-se que os protocolos de irrigação final utilizando IMC apresentaram comportamentos semelhantes na remoção de debris do terço apical de canais radiculares, sem diferenças significantes, concordando com resultados do presente estudo.

Para avaliação da extrusão apical da solução irrigadora, diferentes metodologias têm sido empregadas<sup>3,5,6,30</sup>, sendo poucos os estudos que estabelecem relação com a dilatação foraminal do canal radicular empregando a IMC com seringa e agulhas. Para avaliação da extrusão apical da solução irrigadora, é importante a simulação dos tecidos periapicais. Desta forma, vários estudos tentaram simular a resistência das estruturas periapicais por imersão do ápice radicular em água<sup>30</sup> ou em gel<sup>3,6,27</sup>. Porém, o uso de gel dificulta a quantificação do volume extruído e permite a avaliação qualitativa ou semiquantitativa<sup>31</sup>.

Outra variável – o tipo e a profundidade de penetração da agulha de irrigação –, segundo alguns autores, influencia na limpeza e na extrusão apical do irrigante<sup>3,14</sup>. Tem sido relatado que as agulhas com abertura apical ocasionam mais extrusão quando comparadas às agulhas com abertura lateral<sup>3,5,31</sup>, o que pode ser explicado pela pressão mais elevada para o forame, discordando com estes resultados, em que não houve diferença estatística entre os dois tipos de agulhas avaliados. No entanto, Altundasar et al.<sup>3</sup> concluíram que as agulhas com abertura lateral não conseguiram evitar a extrusão apical do irrigante, concordando com o presente estudo.

Em geral, a maior profundidade de penetração da agulha de irrigação promove uma melhor limpeza. Porém, o posicionamento mais afastado do CT é associado com uma redução da extrusão, uma vez que a pressão do irrigante para o forame diminui<sup>32</sup>.

Psimma et al.<sup>5</sup> relataram uma influência significativa do tipo de agulha, da profundidade de penetração (1, 3 e 5 mm aquém do CT) e do diâmetro do preparo apical na extrusão da solução irrigadora. Os resultados mostraram que a agulha com abertura apical posicionada a 1 mm aquém provocou maior extrusão do que a agulha com abertura apical posicionada a 5 mm aquém e diâmetro do preparo maior (35/.06). No presente estudo, não foram observadas diferenças nos parâmetros avaliados.

A metodologia empregada neste estudo representa modelo *in vitro* reproduzível para avaliar a remoção e a extrusão apical de solução de contraste em dentes humanos, especialmente comparando protocolos de irrigação e novos dispositivos desenvolvidos para aperfeiçoar as técnicas de limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares.

## CONCLUSÃO

Todos os protocolos de irrigação avaliados proporcionaram limpeza do canal radicular e pequena extrusão apical da solução irrigadora. A irrigação manual convencional com agulha 27G (com abertura apical ou lateral), inserida na profundidade de 3 ou 6 mm aquém do comprimento de trabalho, pode ser segura e eficiente na prática clínica.

## REFERÊNCIAS

1. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291-312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
2. Harrison JW. Irrigation of the root canal system. *Dent Clin North Am.* 1984;28(4):797-808.
3. Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(4):e31-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.03.044>
4. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J.* 2007;40(1):11-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01168.x>
5. Psimma Z, Boutsoukis C, Kastrinakis E, Vasiliadis L. Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. *J Endod.* 2013;39(4):521-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.018>
6. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod.* 2011;37(12):1677-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.004>
7. Rodig T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hulsman M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J.* 2010;43(7):581-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01721.x>
8. Bronnec F, Bouillaguet S, Machtou P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the cleaning and shaping of root canals: a digital subtraction radiographic study. *Int Endod J.* 2010;43(4):275-82. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01677.x>
9. Camoes IC, Salles MR, Fernando MV, Freitas LF, Gomes CC. Relationship between the size of patency file and apical extrusion of sodium hypochlorite. *Indian J Dent Res.* 2009;20(4):426-30. <http://dx.doi.org/10.4103/0970-9290.59443>
10. Nguy D, Sedgley C. The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria. *J Endod.* 2006;32(11):1077-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.011>
11. Gulabilava K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of the mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Top.* 2005;10(103-122).
12. Zinelis S, Magnissalis EA, Margelos J, Lambrianidis T. Clinical relevance of standardization of endodontic files dimensions according to the ISO 3630-1 specification. *J Endod.* 2002;28(5):367-70. <http://dx.doi.org/10.1097/00004770-200205000-00005>
13. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Vasiliadis L. Clinical relevance of standardization of endodontic irrigation needle dimensions according to the ISO 9,626:1991 and 9,626:1991/Amd 1:2001 specification. *Int Endod J.* 2007;40(9):700-6. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01280.x>
14. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.011>
15. Behrents KT, Speer ML, Noujeim M. Sodium hypochlorite accident with evaluation by cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2012;45(5):492-8. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.02009.x>
16. Marins JS, Sassone LM, Fidel SR, Ribeiro DA. In vitro genotoxicity and cytotoxicity in murine fibroblasts exposed to EDTA, NaOCl, MTAD and citric acid. *Braz Dent J.* 2012;23(5):527-33. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402012000500010>
17. Crincoli V, Scivetti M, Di Bisceglie MB, Pilolli GP, Favia G. Unusual case of adverse reaction in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment: a case report. *Quintessence Int.* 2008;39(2):e70-3.
18. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J.* 2009;42(2):144-55. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01503.x>
19. Guerreiro-Tanomaru JM, Loiola LE, Morgental RD, Leonardo Rde T, Tanomaru-Filho M. Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Braz Dent J.* 2013;24(1):21-4. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302153>
20. Tanomaru-Filho M, Bosso R, Sant'Anna-Júnior A, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru JM. Effectiveness of gutta-percha and Resilon in filling lateral root canals using thermomechanical technique. *Rev Odontol UNESP.* 2013;42(1):37-41. <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-25772013000100007>
21. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod.* 2009;35(6):891-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.015>
22. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod.* 2010;36(7):1216-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.019>
23. Kositbowornchai S, Hanwachirapong D, Somsopon R, Pirmsinthavee S, Sooksuntisakoonchai N. Ex vivo comparison of digital images with conventional radiographs for detection of simulated voids in root canal filling material. *Int Endod J.* 2006;39(4):287-92. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01087.x>
24. Kullendorff B, Nilsson M, Rohlin M. Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions: overall comparison between conventional and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(3):344-50. [http://dx.doi.org/10.1016/S1079-2104\(96\)80364-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1079-2104(96)80364-7)
25. Pace SR, Habitante SM. Comparative analysis of the visualization of small files using digital and conventional radiography. *J Appl Oral Sci.* 2005;13(1):20-3. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572005000100005>

26. Carvalho FB, Goncalves M, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of periapical changes following endodontic therapy: digital subtraction technique compared with computerized morphometric analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009;38(7):438-44. <http://dx.doi.org/10.1259/dmfr/53304677>
27. Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2010;36(2):338-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.003>
28. Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY, Lee SJ, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(3):479-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.10.050>
29. Nadalin MR, Perez DE, Vansan LP, Paschoala C, Souza-Neto MD, Saquy PC. Effectiveness of different final irrigation protocols in removing debris in flattened root canals. *Braz Dent J.* 2009;20(3):211-4. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402009000300007>
30. Tasdemir T, Er K, Celik D, Yildirim T. Effect of passive ultrasonic irrigation on apical extrusion of irrigating solution. *Eur J Dent.* 2008;2(3):198-203.
31. Psimma Z, Boutsoukis C, Vasiliadis L, Kastrinakis E. A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root canal irrigation ex vivo. *Int Endod J.* 2013;46(7):619-31. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.12036>
32. Verhaagen B, Boutsoukis C, Heijnen GL, van der Sluis LWM, Versluis M. Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation. *Exp Fluids.* 2012;53(1841-53).

## CONFLITOS DE INTERESSE

---

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

---

Mário Tanomaru Filho

Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia, UNESP – Univ Estadual Paulista, Rua Humaitá, 1680, 3.º andar, 14801-903 Araraquara - SP, Brasil  
e-mail: tanomaru@uol.com.br

Recebido: Outubro 3, 2013

Aprovado: Janeiro 13, 2014