

Artigo Original de Pesquisa

Original Research Article

Influência do grau de curvatura radicular na obturação de canais radiculares de molares

Influence of the degree of root curvature in root canals filling of molars

Manuela Gonçalves Souza e Silva¹

Fernanda Al-Alam¹

Samantha Rodrigues Xavier¹

Fábio de Almeida Gomes²

Josué Martos¹

Erick Miranda Souza³

Fernanda Geraldo Pappen¹

Autor para correspondência:

Fábio de Almeida Gomes

Curso de Odontologia da Universidade de Fortaleza

Avenida Washington Soares, n. 1.321 – Edson Queiroz

CEP 60811-905 – Fortaleza – Ceará – Brasil

E-mail: fabiogomesce@yahoo.com.br

¹ Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas – RS – Brasil.

² Faculdade de Odontologia, Universidade de Fortaleza – Fortaleza – CE – Brasil.

³ Departamento de Endodontia, Universidade Federal do Maranhão – São Luís – MA – Brasil.

Data de recebimento: 26 ago. 2019. Data de aceite: 14 out. 2019.

Palavras-chave:

obturação dos canais radiculares; grau de curvatura, Endodontia.

Resumo

Introdução: A qualidade da obturação é um dos fatores que influenciam diretamente no prognóstico do tratamento de canais radiculares. Dessa forma, é possível estabelecer um critério de previsibilidade de sucesso endodôntico com base na qualidade da imagem radiográfica da obturação. **Objetivo:** Verificar a correlação do grau de curvatura de raízes mesiais de molares com a qualidade da obturação dos canais radiculares em tratamentos endodônticos realizados por alunos de graduação, pela técnica manual de instrumentação. **Material e métodos:** Foram incluídos no estudo 108 molares tratados por alunos do último ano do curso de Odontologia, pela técnica coroa-ápice e obturados pela técnica clássica de condensação lateral da guta-percha. A radiografia final de

obturação seguiu a técnica do paralelismo em posição ortorrádial. Por intermédio dessas radiografias, foi traçado o grau de curvatura das raízes mesiais dos molares, pelo método de Schneider [38]. O grau de curvatura foi correlacionado com cada uma das variáveis independentes: extensão, densidade e conicidade da obturação, além da ocorrência de acidentes. Os dados obtidos foram submetidos ao teste estatístico de correlação não paramétrica (Spearman), para verificar a relação entre as variáveis estudadas. **Resultados:** De acordo com o teste de Spearman, quanto maior a angulação, maior a distância da obturação ao ápice ($P = 0,00197$, $r^2 = 0,307$), da mesma forma que, quanto maior a angulação, menor a conicidade alcançada no preparo dos canais radiculares ($P = 0,0422$, $r^2 = 0,204$). Não houve correlação significativa entre angulação e densidade das obturações ($P = 0,446$) ou ocorrência de acidentes ($P = 0,0938$). **Conclusão:** O grau de curvatura radicular interfere significativamente na obtenção de uma conicidade e extensão adequadas da obturação dos canais radiculares.

Keywords:

root canal filling;
curvature degree;
Endodontics.

Abstract

Introduction: The quality of root canal filling is one of the factors that directly influence the prognostic of root canal treatment. This way it is possible to establish a previsibility criterion concerning the success of endodontics based on the quality of the root canal filling radiography image. **Objective:** Verify the correlation between the curvature degree of mesial root in molars with the quality of root canal filling performed by undergraduate students, using manual instrumentation technique. **Material and methods:** One hundred and eight molars were included in the study conducted by senior students of Dental School. All root canals included in the study were prepared using a crown-down technique and filled using the traditional technique of lateral condensation of gutta-percha. The final filling radiography was obtained using the parallelism technique in ortorrádial position. Through these radiography images the curvature degree was pinpointed thorough the method described by Schneider [38]. The curvature degree was correlated with each one of the independent variables: extension, density, taper of filling, and the occurrence of accidents. Data were submitted to statistical test of nonparametric correlation (Spearman), to verify the relation among the studied variables. **Results:** According to the Spearman test, the higher the angulation, the higher the distance of the filling to the apex ($P = 0,00197$, $r^2 = 0,307$), the same way that the higher the angulation, the smaller the taper reached in the root canal preparation ($P = 0,0422$, $r^2 = 0,204$). No significant correlation was observed between the angulation and the density of filling ($P = 0,446$) or occurrence of accidents ($P = 0,0938$). **Conclusion:** The root curvature degree significantly interferes in the appropriate root canal length and taper of root canal filling.

Introdução

A qualidade da obturação é um dos fatores que influenciam diretamente no prognóstico do tratamento de canais radiculares. Dessa forma, é possível estabelecer um critério de previsibilidade de sucesso endodôntico baseado na qualidade da imagem radiográfica da obturação [22]. Vários estudos têm verificado uma alta incidência de lesões periapicais associadas a tratamentos endodônticos de baixa qualidade radiográfica [9, 15, 21, 27, 30, 31, 33, 46], e um maior nível de falhas é observado quando esses tratamentos são realizados por cirurgiões-dentistas não especialistas [4].

Ainda hoje, a estratégia normalmente ensinada para o preparo dos canais radiculares nas universidades brasileiras é a utilização da técnica de instrumentação com limas manuais, que, em virtude de sua complexidade e necessidade de sensibilidade tátil elevada, contribui para que uma expressiva parcela dos estudantes desenvolva uma rejeição natural à Endodontia [40]. Uma consequência direta desse problema é vista quando se avalia a qualidade geral do tratamento endodôntico realizado por estudantes de Odontologia e profissionais recém-formados em universidades diferentes ao redor do mundo [1].

Apesar do surgimento de novas tecnologias que permitem uma visualização mais detalhada do elemento dental, as radiografias periapicais continuam sendo amplamente utilizadas durante o tratamento endodôntico, sendo classicamente usadas como base para avaliação da qualidade de obturação e acompanhamento do caso [12, 26, 32]. Para julgar a qualidade radiográfica das obturações diversos critérios têm sido adotados, entre eles: extensão da obturação, densidade da obturação e regularidade da conicidade dada ao canal radicular [7, 39, 40].

Evidentemente diversos aspectos da técnica de preparo endodôntico podem contribuir para o resultado da obturação do canal radicular, no entanto existe um consenso de que a complexidade e a variedade anatômica dos canais radiculares exercem um papel peculiar no resultado da terapia [43]. As características da obturação, por sua vez, estão diretamente relacionadas com a técnica de preparo endodôntico, visto que dentes de maior complexidade anatômica podem dificultar a adequada limpeza e modelagem dos canais radiculares e, por conseguinte, influenciar nas características da obturação [45]. Estudos que avaliaram a qualidade radiográfica de obturações mostraram que, quando realizadas em molares, a proporção de obturações insatisfatórias foi maior do que quando feitas em dentes anteriores ou pré-molares [6, 10, 37]. A anatomia complexa e as

curvaturas radiculares em múltiplos planos podem impedir a limpeza e a modelagem adequadas dos canais radiculares e, portanto, dificultam a realização da obturação completa do endodonto, determinando, desse modo, o comprometimento do prognóstico do tratamento endodôntico.

As curvaturas radiculares, especialmente de raízes mesiais de molares, são alvo de maior preocupação sobretudo daqueles que ainda empregam a técnica manual de preparo dos canais radiculares, pois a possibilidade de acidentes, como desvios e perfurações, se torna maior e a dificuldade clínica para efetuar o preparo também aumenta. Cunningham e Senia [13] estudaram a curvatura de raízes mesiais de molares e observaram que 100% dos molares investigados apresentavam algum grau de curvatura nas suas raízes mesiais. Apesar das dificuldades constatadas clinicamente durante o tratamento endodôntico de dentes molares, principalmente nas raízes mesiais, não existe evidência científica de que diferentes graus de curvatura radicular influenciem o resultado da obturação.

O objetivo deste estudo foi avaliar a correlação positiva entre grau de curvatura e dificuldade de realizar uma adequada obturação dos canais radiculares em dentes preparados utilizando-se instrumentos manuais de aço inoxidável.

Material e métodos

Avaliaram-se radiografias obtidas no fim do tratamento endodôntico de 100 molares superiores ou inferiores, tratados por alunos do último ano de graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas.

Como pré-requisito para inclusão no estudo, a instrumentação dos canais radiculares deveria ter sido feita com limas manuais, pela técnica de preparo coroa-ápice com dilatação do terço cervical com brocas Gates-Glidden, e a obturação dos canais radiculares pela técnica clássica de condensação lateral e vertical da guta-percha, utilizando cimento obturador à base de óxido de zinco e eugenol.

Fizeram-se as tomadas radiográficas preferencialmente com posicionadores, tomando-se o cuidado para que o comprimento do elemento dentário fosse preservado, sem distorções de comprimento, e para que a angulação horizontal da tomada fosse feita em posição ortorrádial. Todas as radiografias foram digitalizadas, posicionando-as sobre um negatoscópio, e usando uma câmera fotográfica modelo Nikon D40X, com objetiva macro 105 mm, com abertura e distância focal padronizadas (f 8.0).

A observação das imagens para avaliação foi feita utilizando o programa Adobe Photoshop (versão 7.0), com as radiografias ocupando a totalidade da tela, sempre em um mesmo monitor plano de 17", com os parâmetros de brilho e contraste previamente padronizados. As radiografias foram avaliadas por meio dos parâmetros definidos por Barrieshi-Nusair *et al.* [6], levando em conta a extensão da obturação, densidade da obturação, conicidade do canal radicular e ocorrência de acidentes (tabela I).

Tabela I - Critérios observados para avaliação da qualidade radiográfica das obturações dos canais radiculares de raízes mesiais de molares

Variável	Critério	Definição
Extensão da obturação	Adequada	0 a 2 mm do ápice radiográfico
	Extravasamento	Material obturador ultrapassando o limite do ápice radiográfico
	Subobturação	Material obturador a mais de 2 mm aquém do ápice radiográfico
Densidade da obturação	Adequada	Densidade uniforme sem espaços na massa obturadora
	Inadequada	Densidade não uniforme, com presença clara de espaços na massa obturadora
Conicidade	Adequada	Conicidade uniforme desde o terço coronário até a porção apical, respeitando a anatomia do canal radicular
	Inadequada	Excessiva, insuficiente ou irregular
Acidente	Ausente	Sem ocorrência de acidentes como transporte, perfurações ou instrumentos fraturados
	Presente	Ocorrência de acidentes como transporte, perfurações ou instrumentos fraturados

A avaliação das obturações, seguindo tais parâmetros, foi efetuada por dois examinadores, previamente calibrados. Verificou-se a concordância interexaminadores mediante seleção aleatória de 20 radiografias. Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pelo teste Mann-Whitney U, com o objetivo de comparar os escores atribuídos para os parâmetros de avaliação pelos dois examinadores. Houve concordância interexaminadores com relação à extensão da obturação ($P = 0,988$), densidade ($P = 0,394$), conicidade ($P = 0,208$) e ocorrência de acidentes ($P = 0,979$).

Para avaliação da extensão da obturação, todas as radiografias foram redimensionadas, de forma a apresentarem 10 vezes o tamanho original, o que permitiu a mensuração exata da distância entre o término da obturação e o ápice radiográfico.

As raízes mesiais dos molares tiveram o grau de curvatura radicular determinado por intermédio do método descrito por Schneider [38]. O método de Schneider mede o ângulo da curvatura formado entre o longo eixo da raiz e uma linha que passa pelo ápice radiográfico e pelo ponto de início da curvatura observado na radiografia. O traçado dessas linhas foi feito por meio do programa Adobe Photoshop (versão 7.0).

Com o programa ImageJ for Windows (versão 3.0) fez-se a mensuração da angulação das raízes

mesiais dos molares obturados, e a partir daí as raízes foram classificadas de acordo com o grau de curvatura apresentado: leve (até 10°), moderada (entre 10° e 25°) ou severa (mais de 25°) [45].

Submeteram-se os dados obtidos a teste estatístico de correlação não paramétrica (Spearman), para verificar a possibilidade de relação entre o grau de curvatura das raízes e as variáveis relacionadas à qualidade da obturação. O nível de significância estabelecido foi $P < 0,05$.

Resultados

Dos 108 casos tratados endodonticamente, oito foram retratamentos e, por tal razão, foram excluídos do estudo. A amostra consistiu de 32 molares superiores e 68 inferiores. Do total de casos tratados, 33 eram portadores de polpa vital e 67 de necrose pulpar.

Após a mensuração das angulações pelo método de Schneider, nove raízes foram classificadas como apresentando curvatura leve (até 10°), 47 com curvatura moderada (de 10 a 25°) e 44 com curvatura acentuada (mais de 25°).

Com relação às obturações realizadas, 50% foram consideradas aquém do limite ideal, de 2 mm, enquanto 46% dos canais foram obturados

entre 0 e 2 mm aquém do ápice radicular. Em quatro casos ocorreram sobreobturações. Em 64% dos canais avaliados, a densidade da obturação estava inadequada. Acidentes como fratura de instrumento e *zip* foram identificados em 12% dos casos. Canais radiculares com conicidade inadequada também foram observados na maioria das amostras (60%).

Tabela II - Frequência dos escores atribuídos à qualidade radiográfica das obturações dos canais radiculares de raízes mesiais de molares de acordo com a angulação radicular

		Angulação radicular			Total	Valor de P
		Leve	Moderada	Severa		
Extensão	Adequada	7	24	15	46	0,005
	Extravasamento	1	2	1	4	
	Subobturação	1	21	28	50	
Densidade	Adequada	5	29	30	64	0,390
	Inadequada	4	18	14	36	
Conicidade	Adequada	5	22	13	40	0,049
	Inadequada	4	25	31	60	
Acidente	Ausente	9	42	37	88	0,179
	Presente	0	5	7	12	

A tabela II descreve a frequência dos escores atribuídos à qualidade radiográfica das obturações dos canais radiculares de raízes mesiais de molares de acordo com a angulação radicular. Conforme o teste de Spearman, houve correlação significativa entre o grau de angulação das raízes e a extensão da obturação, pois, quanto maior a angulação, maior a distância da obturação ao ápice ($P = 0,00197$, $r_2 = 0,307$). Também se verificou correlação significativa entre angulação e conicidade, uma vez que, quanto maior a angulação radicular, menor a conicidade alcançada ($P = 0,0422$, $r_2 = 0,204$).

Não houve correlação significativa entre a angulação das raízes mesiais analisadas e a densidade das obturações ($P = 0,446$) ou a ocorrência de acidentes ($P = 0,0938$). Além disso, verificou-se a correlação entre ocorrência de conicidade inadequada do preparo dos canais radiculares e obturações de densidade inadequada ($P = 0,000$, $r_2 = 0,408$).

Discussão

Curvaturas acentuadas costumam exercer papel crucial no psicológico do cirurgião-dentista ante dificuldades na limpeza e modelagem de canais curvos, além do risco de erros operatórios, tais como desvios e perfurações, comprometendo a

realização da obturação adequada do endodonto [37, 48, 49].

Segundo Cunningham e Senia [13], 100% dos molares apresentam algum grau de curvatura. O grau de curvatura dos canais radiculares é comumente mensurado conforme o método descrito por Schneider [38]. Tal método mede o ângulo existente entre duas retas: a primeira traçada na direção do eixo principal da raiz e a outra ligando o forame apical até a intersecção com a primeira reta, exatamente no ponto onde a curvatura radicular começa a ser percebida. Com base na classificação original de Schneider [38], modificações foram sugeridas [30] de forma a classificar as raízes de acordo com o grau de curvatura apresentado: leve (até 10°), moderada (entre 10 e 25°) ou severa (mais de 25°). Dos molares avaliados neste estudo, 9% evidenciaram grau de curvatura leve, 47% tinham curvaturas moderadas e 44% demonstraram curvaturas severas.

No presente estudo avaliaram-se somente radiografias de molares tratados endodonticamente por acadêmicos do último ano de graduação em Odontologia, critério utilizado para padronização da habilidade clínica dos operadores. Foram excluídos da amostra os casos de retratamentos, por causa da dificuldade de estabelecer, nesses casos, se certas características da obturação endodôntica, principalmente conicidade e ocorrência

de acidentes, foram alcançadas após o primeiro tratamento endodôntico ou durante o retratamento. Todos os molares avaliados foram preparados mediante técnica coroa-ápice e obturados pela técnica de condensação lateral, sendo essas as mais frequentemente ensinadas nas universidades [8, 20].

O método radiográfico ainda é o mais comum para avaliação da qualidade do tratamento endodôntico em estudos clínicos [12, 22, 35]. Cada um dos parâmetros frequentemente adotados para avaliação radiográfica da qualidade da obturação – densidade, extensão, conicidade e presença de acidentes – reflete características da instrumentação e obturação dos canais radiculares, o que permite estabelecer a previsibilidade de sucesso endodôntico [6, 26].

Uma vez que a leitura e a interpretação radiográfica envolvem variações intra e interexaminadores, alguns autores afirmam que a confiabilidade dos resultados é maior quando são utilizados dois examinadores [3, 36]. A determinação dos parâmetros de avaliação da qualidade das obturações no presente estudo foi realizada, portanto, por dois examinadores previamente treinados e calibrados, sendo a concordância interexaminadores evidenciada anteriormente à avaliação das obturações.

Na literatura endodôntica o papel da obturação adequada no sucesso do tratamento endodôntico vem sendo amplamente documentado [3, 16, 19, 24]. A densidade ideal da obturação endodôntica é aquela em que se observa radiograficamente uma imagem radiopaca homogênea da massa obturadora. A ausência de espaços no interior da obturação sugere um completo preenchimento do canal radicular, ou seja, uma barreira física efetiva para impedir infiltrações. Diversos autores [14, 44] relatam que canais radiculares preenchidos por uma massa não homogênea podem ter impacto negativo no resultado do tratamento endodôntico.

No presente estudo, 64% dos casos avaliados apresentaram densidade inadequada da obturação, à semelhança dos resultados encontrados por Kirkevang *et al.* [27], os quais declararam que 60% dos canais tratados endodônticamente apresentavam espaços na massa obturadora. Não houve, porém, correlação significativa entre o grau de curvatura radicular e a qualidade da densidade. No entanto verificou-se a correlação entre a densidade da obturação e a conicidade do preparo endodôntico, comprovando a maior dificuldade de obturação dos canais radiculares quando o preparo biomecânico não alcança uma conicidade adequada.

Os presentes resultados demonstram que o grau de curvatura radicular influenciou significativamente na conicidade da obturação, visto que, quanto maior a curvatura radicular, mais difícil é a obtenção de uma conicidade adequada. Em canais curvos, a ampliação do volume acompanhado do desenvolvimento de um formato cônico e a permanência da forma original do canal em sua posição original são mais difíceis de serem alcançadas, pois dependem não somente da intensidade da curvatura do canal radicular, como também da cinemática de emprego dos instrumentos, sua flexibilidade e diâmetro, técnica de instrumentação, entre outros fatores [25].

Apesar de não haver consenso sobre o limite ideal do preparo do canal radicular e obturação, a junção dentino-cementária é considerada o limite endodôntico ideal, porém sua determinação clínica não é facilmente alcançada. Tradicionalmente o limite apical recomendado por diferentes autores tem sido entre 0 e 2 mm aquém do ápice radiográfico [42]. Quando não se respeita tal limite, o sucesso do tratamento endodôntico fica comprometido.

Neste estudo a determinação do comprimento de trabalho foi realizada somente pelo método radiográfico. Várias escolas ao redor do mundo, no entanto, vêm empregando o método eletrônico na determinação do comprimento de trabalho [18, 50], método este comprovadamente mais confiável que o método radiográfico na determinação do limite de instrumentação e obturação dos canais radiculares. Na presente pesquisa encontraram-se 46% dos canais obturados até 2 mm aquém do ápice radiográfico; já o índice de extravasamento observado foi de 4%, enquanto 50% das obturações ficaram aquém do limite ideal. Esses resultados estão de acordo com os já relatados por Eriksen *et al.* [18] e Eckerbom *et al.* [17], que encontraram, respectivamente, 41% e 49% dos canais radiculares obturados satisfatoriamente entre 0 e 2 mm.

O teste de correlação não paramétrica utilizado para análise dos dados obtidos neste estudo demonstrou que, quanto maior o grau de curvatura radicular, maior é a ocorrência de obturação aquém do limite. Os resultados evidenciam a dificuldade de acesso a regiões com curvaturas mais acentuadas, provavelmente não somente durante a obturação, como também durante a instrumentação dos canais radiculares, o que poderá comprometer o prognóstico do tratamento endodôntico.

Acidentes podem ocorrer durante a intervenção endodôntica, afetando a finalização do tratamento e influenciando negativamente o prognóstico. Apesar

de indícios da ocorrência de um maior percentual de acidentes em canais curvos, no presente estudo não foi observada uma correlação significativa entre grau de curvatura radicular e ocorrência de acidentes. Acidentes aconteceram em 12% dos casos avaliados, influenciando na conicidade e extensão das obturações. Para evitá-los são fundamentais um correto diagnóstico, conhecimento da anatomia dentária, utilização de materiais e instrumentais adequados, domínio da técnica a ser empregada e habilidade clínica do profissional. Além disso, com o advento de novas tecnologias, principalmente o uso de instrumentos de níquel-titânio na instrumentação dos canais radiculares, os índices de acidentes durante a instrumentação dos canais radiculares têm diminuído significativamente [7].

Estudos epidemiológicos descrevem índices bastante variados de obturações dos canais radiculares consideradas de qualidade radiográfica adequada, entre 14 e 65% [23, 24]. Com relação a dentes tratados por acadêmicos de Odontologia, Moussa-Badram *et al.* [29] encontraram 30,1% de obturações adequadas, enquanto Hayes *et al.* [23] classificaram apenas 13% das obturações dos canais radiculares como satisfatórias, número semelhante ao encontrado no presente estudo (15%). Essa variação nos índices de obturações adequadas relatada nas diferentes pesquisas deve-se sobretudo à ausência de padronização das metodologias, sendo utilizadas diferentes técnicas de instrumentação e obturação, assim como diferentes parâmetros para avaliação dos resultados. A baixa porcentagem de sucesso apresentada no presente estudo pode ser explicada, ainda, pelo fato de terem sido analisadas somente raízes mesiais de molares, as quais possuem maiores índices de curvatura e complexidade anatômica, enquanto a maioria dos estudos avalia os diferentes grupos dentários.

De forma a se alcançar melhor qualidade técnica dos tratamentos endodônticos feitos por acadêmicos, o ensino da Endodontia nas faculdades de Odontologia deve ser revisado, haja vista o grau de curvatura influenciar negativamente na qualidade de obturação dos canais radiculares. Torna-se relevante, ainda, que escolas de Odontologia tracem estratégias de ensino e de prática clínica baseadas na dificuldade de instrumentação e obturação dos diferentes grupos dentários e na complexidade anatômica envolvida em cada caso. Tratamentos endodônticos em raízes retas ou com curvaturas leves devem ser realizados por acadêmicos dos semestres clínicos mais iniciais. Com o aprofundamento do conhecimento e desenvolvimento

da habilidade técnica, casos mais complexos com curvatura moderada podem, gradualmente, ser inseridos na prática clínica da graduação. Já os casos de curvaturas severas devem ser avaliados quanto à necessidade de encaminhamento para um especialista na área.

Conclusão

Por meio dos resultados obtidos, é possível concluir que o grau de curvatura radicular interfere significativamente na obtenção de uma conicidade e extensão adequadas da obturação dos canais radiculares.

Referências

1. Abu-Tahun I, Al-Rabab'ah MA, Hammad M, Khraisat A. Technical quality of root canal treatment of posterior teeth after rotary or hand preparation by fifth year undergraduate students, The University of Jordan. *Aust Endod J.* 2014 Dec;40(3):123-30.
2. Alfouzan K, Baskaradoss JK, Geevarghese A, Alzahrani M, Alhezaimi K. Radiographic diagnosis of periapical status and quality of root canal fillings in a Saudi Arabian subpopulation. *Oral Health Prev Dent.* 2016;14(3):241-8.
3. Allard U, Palmqvist S. A radiographic survey of periapical conditions in elderly people in a Swedish county population. *Endod Dent Traumatol.* 1986 Jun;2(3):103-8.
4. Alley BS, Kitchens GG, Alley LW, Eleazer PD. A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jul;98(1):115-8.
5. Azim AA, Griggs JA, Huang GTJ. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following nonsurgical root canal treatment. *Int Endod J.* 2016 Jan;49(1):6-16.
6. Barrieshi-Nusair K, Al-Omari M, Al-Hiyasat A. Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan. *J Dent.* 2004 May;32(4):301-7.

7. Bierenkrant DE, Parashos P, Messer HH. The technical quality of nonsurgical root canal treatment performed by a selected cohort of Australian endodontists. *Int Endod J.* 2008 Jul;41(7):561-70.
8. Cailleateau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States Dental schools. *J Endod.* 1997 Jun;23(6):394-6.
9. Chen C-Y, Hasselgren G, Serman N, Elkind M, Desvarieux M, Engebreston S. Prevalence and quality of endodontic treatment in the Northern Manhattan elderly. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):230-4.
10. Chueh LH, Chen SC, Lee CM, Hsu YY, Pai SF, Kuo ML et al. Technical quality of root canal treatment in Taiwan. *Int Endod J.* 2003 Jun;36(6):416-22.
11. Chugal NN, Clive JM, Spangberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Jul;96(1):81-90.
12. Colombo M, Bassi C, Beltrami R, Vigorelli P, Spinelli A, Cavada A et al. Radiographic technical quality of root canal treatment performed by a new rotary single-file system. *Ann Stomatol (Roma).* 2017 Jul 3;8(1):18-22.
13. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod.* 1992 Jun;18(6):294-300.
14. De Cleen MJ, Schuurs AH, Wesselink PR, Wu MK. Periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Dutch population. *Int Endod J.* 1993 Mar;26(2):112-9.
15. De Moor RJ, Homme GM, De Boever JG, Delme KI, Martens GE. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J.* 2000 Mar;33(2):113-20.
16. Donnelly A, Coffey D, Duncan HF. A re-audit of the technical quality of undergraduate root canal treatment after the introduction of new technology and teaching practices. *Int Endod J.* 2017 Oct;50(10):941-50.
17. Eckerbom M, Andersson JE, Magnusson T. A longitudinal study of changes in frequency and technical standard of endodontic treatment in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol.* 1989 Feb;5(1):27-31.
18. Eriksen HM, Bjertness E, Orstavik D. Prevalence and quality of endodontic treatment in an urban adult population in Norway. *Endod Dent Traumatol.* 1988 Jun;4(3):122-6.
19. Eriksen HM, Bjertness E. Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in middle-aged adults in Norway. *Endod Dent Traumatol.* 1991 Feb;7(1):1-4.
20. Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *Int Endod J.* 2000 Sep;33(5):415-20.
21. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success-who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972 Mar;33(3):432-7.
22. Hansrani V. Assessing root canal fillings on a radiograph – an overview. *Br Dent J.* 2015 Nov 27;121(10):481-3.
23. Hayes SJ, Gibson M, Hammond M, Bryant ST, Dummer PMH. An audit of canal treatment performed by undergraduate students. *Int Endod J.* 2001 Oct;34(7):501-5.
24. Imfeld TN. Prevalence and quality of endodontic treatment in an elderly urban population of Switzerland. *J Endod.* 1991 Dec;17(12):604-7.
25. Juhasz A, Hegedus C, Marton I, Benyo B, Orhan K, Dobó-Nagy C. Effectiveness of parameters in quantifying root canal morphology change after instrumentation with the aid of a microcomputed tomography. *Biomed Res Int.* 2019 Jul 2;2019:9758176.

26. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979 Mar;5(3):83-90.
27. Kirkevang L-L, Ørstavik D, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J.* 2000 Nov;33(6):509-15.
28. Michaud RA, Burgess J, Barfield RD, Cakir D, McNeal SF, Eleazer PD. Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. *J Endod.* 2008 Dec;34(12):1528-32.
29. Moussa-Badran S, Roy B, Bessart du Parc AS, Bruyant M, Lefevre B, Maurin JC. Technical quality of root fillings performed by dental students at the dental teaching centre in Reims, France. *Int Endod J.* 2008 Aug;41(8):679-84.
30. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011 Jul;44(7):583-609.
31. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod J.* 2011 Jul;44(7):610-25.
32. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008 Jan;41(1):6-31.
33. Odesjo B, Hellden L, Salonen L, Langeland K. Prevalence of previous endodontic treatment, technical standard and occurrence of periapical lesions in a randomly selected adult, general population. *Endod Dent Traumatol.* 1990 Dec;6(6):265-72.
34. Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *J Endod.* 2008 Feb;34(2):204-7.
35. Qualtrough AJE, Whitworth JM, Dummer PMH. Preclinical endodontology: an international comparison. *Int Endod J.* 1999 Sep;32(5):406-14.
36. Reit C, Hollender L. Radiographic evaluation of endodontic therapy and the influence of observer variation. *Scand J Dent Res.* 1983 Jun;91(3):205-12.
37. Ridell K, Peterson A, Matsson L, Mejare I. Periapical status and technical quality of root-filled teeth in Swedish adolescents and young adults: a retrospective study. *Acta Odontol Scand.* 2006 Apr;64(2):104-10.
38. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971 Aug;32(2):271-5.
39. Segura-Egea JJ, Jimenez-Pinzon A, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Rios-Santo JV. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *Int Endod J.* 2004 Aug;37(8):525-30.
40. Seijo MO, Ferreira EF, Ribeiro Sobrinho AP, Paiva SM, Martins RC. Learning experience in endodontics: Brazilian students' perceptions. *J Dent Educ.* 2013 May;77(5):648-55.
41. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504.
42. Smith CS, Setchell DJ, Harty FJ. Factors influencing the success of conventional root canal therapy – a five year retrospective study. *Int Endod J.* 1993 Nov;26(6):321-33.
43. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod.* 2011 Nov;37(11):1516-9.
44. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examination. *Acta Odontol Scand.* 1956;14(21):20-97.
45. Stropko J DG, Gutmann J. Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endodontic Topics.* 2006 Jul;11(1):131-51.

46. Tavares PB, Bonte E, Boukpepsi T, Siqueira Jr JF, Lasfargues JJ. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban French population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *J Endod.* 2009 Jun;35(6):810-3.
47. Torres D, Rodríguez MP, Luque, CM. Effectiveness of a manual glide path on the preparation of curved root canals by using mtwo rotary instruments. *J Endod.* 2009 May;35(5): 699-702.
48. Versiani MA, Alves FR, Andrade-Junior CV, Alves MF, Provenzano JC, Rôças IN et al. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *Int Endod J.* 2016 Nov;49(11):1079-87.
49. Versiani MA, Carvalho KKT, Mazzi-Chaves JF, Sousa-Neto MD. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile systems in long oval-shaped canals. *J Endod.* 2018 Mar;44(3):489-95.
50. Yolagiden M, Ersahan S, Suyun G, Bilgec E, Aydin C. Comparison of four electronic apex locators in detecting working length: an ex vivo study. *J Contemp Dent Pract.* 2018 Dec;19(12):1427-33.