

ANÁLISE DA ACURÁCIA DE DOIS LOCALIZADORES APICAIS ELETRÔNICOS: UM ESTUDO IN VITRO

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF TWO ELECTRONIC APEX LOCATORS: AN IN VITRO STUDY

HELENA SANDRINI VENANTE^{1*}, GABRIEL CRISPIM VILAR², FERNANDA YAMASHITA³, OTÁVIO HENRIQUE SANTOS DIAS⁴, EDIOGENES SINDRONIO DA SILVA JUNIOR⁴, RENATO INTERLICHE^{5*}

1. Doutoranda em Ciências odontológicas com ênfase em reabilitação oral pela Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB-USP); 2. Cirurgião dentista. Mestre em Odontologia Integrada pela Universidade Estadual de Maringá(UEM); 3. Doutoranda em Odontologia Integrada pela Universidade Estadual de Maringá(UEM); 4. Cirurgião dentista pela Universidade Norte do Paraná(UNOPAR); 5. Cirurgião dentista, Mestre em odontologia pela Universidade de Ribeirão Preto. Docente do curso de Graduação e Pós Graduação em Odontologia da Universidade Norte do Paraná(UNOPAR).

* Rua: Doutor Romildo Brunhare, 3-80, Jardim Panorama, Bauru, São Paulo, Brasil. CEP: 17011-100. helenavenante@usp.br

Recebido em 05/06/2017. Aceito para publicação em 20/06/2017

RESUMO

Objetivo: Avaliação “in vitro” da precisão de dois localizadores apicais eletrônicos, denominados YS-RZ- B e Woodpex III, tendo como critério a localização do forame apical de acordo com a marcação de ápice nos referidos aparelhos, comparando as suas aferições a posição real da saída foraminal. **Materiais e métodos:** Para este estudo, foram selecionados 33 dentes humanos unirradiculares. O comprimento real do dente foi determinado utilizando uma lima K #10 que foi introduzida no interior do conduto radicular até que sua ponta fosse visível no forame apical. Para a obtenção das medidas pelo método eletrônico as amostras foram fixadas em recipientes com uma tampa plástica contendo solução salina a 0.9%. Para as mensurações, uma lima endodôntica com diâmetro compatível ao diâmetro anatômico, foi acoplada à conector do aparelho testado e durante a sua inserção no canal radicular, a obtenção das medidas foi monitorada no visor do aparelho. **Resultados:** Os dados estatísticos mostraram não haver diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre as medidas realizadas com o YS-RZ- B e Woodpex III quando comparados as medidas obtidas pela técnica de observação direta. **Conclusão:** Ambos localizadores demonstraram ser um excelente recurso auxiliar, mostrando-se aptos e precisos na determinação do comprimento de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Localizador Apical Eletrônico, Odontometria, comprimento de trabalho.

ABSTRACT

Objective: In vitro evaluation of the accuracy of two electronic apical locators, YS-RZ-B and Woodpex III, as a criterion the location of the apical foramen according to the apex marking on the apparatus, comparing those measurements with measurements obtained by direct observation. **Materials and methods:** For this study, 33 unirradicular human teeth were selected. The actual tooth length was determined using a K # 10 file that was introduced into the root canal until its tip was visible in the apical foramen. To obtain the measurements by electronic method the samples were fixed in containers with a plastic lid

containing 0.9% saline solution. For measurements, an endodontic file with diameter compatible with the anatomical diameter was attached to the connector of the tested device and during its insertion into the root canal, measurement was monitored on the instrument's display. **Results:** The statistical data showed that there was no statistically significant difference ($p < 0.05$) between the measurements performed with the YS-RZ-B and Woodpex III when compared to the measurements obtained by the direct observation technique. **Conclusion:** Both apical locators proved to be an excellent auxiliary resource, showing themselves to be apt and precise in determining working length.

KEYWORDS: Eletronic Apex Locator, Odontometry, working length.

1. INTRODUÇÃO

A determinação correta do comprimento de trabalho é uma etapa importante no tratamento dos canais radiculares, sendo uma das manobras fundamentais para o sucesso ou fracasso do tratamento endodôntico¹, na qual ocorre a mensuração do dente e determinação do comprimento de trabalho, ou seja, limite da instrumentação e obturação do canal radicular. Falhas durante esse procedimento podem resultar em perfurações apicais, sobre-instrumentação e sobre-obturação, desencadeando injúrias aos tecidos periapicais, e conseqüentemente, retardo ou bloqueio da reparação do periápice, causando dor e desconforto pós-operatório, além de instrumentação e obturação deficiente e incompleta^{2,3}.

Muitos métodos já foram propostos para determinação do comprimento de trabalho¹. Tradicionalmente, o método radiográfico tem sido mais utilizado na obtenção de informações sobre a anatomia do canal radicular e seus tecidos circundantes^{4,5}. No entanto, a medição do comprimento de trabalho realizada radiograficamente apresenta várias limitações, tais como angulação, variáveis técnicas, interferência das estruturas anatômicas e interpretação subjetiva do operador⁶.

Com o desenvolvimento científico surgiram os

localizadores foraminais de terceira geração, capazes de detectar a constrição apical, o que não é possível através de radiografias e obter índices de sucesso na determinação do comprimento real de trabalho satisfatórios, sendo comparáveis ou superiores as técnicas radiográficas⁷. A utilização dos aparelhos de localização eletrônica possui algumas vantagens, tais como redução das tomadas radiográficas e, portanto, da radiação, além da diminuição do tempo clínico, reduzindo o período e o custo do tratamento para o paciente⁸.

Diversas marcas e modelos dos aparelhos de terceira geração estão disponíveis no mercado odontológico, com alguns detalhes diferentes na apresentação do equipamento, pontos de marcação na tela, interface operacional, acessórios e tipo de alimentação, porém, funcionam a partir do mesmo princípio, com diferenças apenas no número de frequências, quanto à decomposição do sinal elétrico e fórmula matemática de cálculo⁷.

Atualmente, com a abertura do mercado externo, diversos modelos são importados e comercializados sem averiguações de sua precisão e confiabilidade de seu desempenho. Diante disso, este trabalho tem como objetivo a avaliação “in vitro” da precisão de dois localizadores apicais eletrônicos, denominados YS-RZ-B (Foshan Yunsheng Medical Instrument Co. Ltd, China) e Woodpex III (Guilin Medical Instrument Co. Ltd, China) tendo como critério a localização do forame apical de acordo com a marcação de ápice nos referidos aparelhos, comparando as suas aferições a posição real da saída foraminal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi inicialmente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Norte do Paraná, sob protocolo de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética n.º 33345014.9.0000.0108. Foram selecionados 50 dentes humanos unirradulares extraídos por indicação terapêutica. Dentes que possuíam tratamento prévio endodôntico, dilacerações, linhas de fratura, fraturas oblíquas, instrumentos fraturados no interior do canal, formação incompleta de ápice radicular e calcificações foram excluídos da amostra, resultando em 33 dentes.

Os dentes foram armazenados por 6 horas em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (Soda Clorada, Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil). Em seguida, foram empregadas curetas de Gracey 13-14 (Hu-friedy, Chicago, EUA) para remoção de detritos e restos de ligamento periodontal da superfície radicular. Logo, os espécimes foram inseridos em solução fisiológica a 0,9% em temperatura ambiente (25-30°C), para manter a hidratação até o momento da sua utilização.

Na preparação das amostras, os dentes foram seccionados na junção cimento-esmalte com auxílio de um disco de carborundum em mandril acoplados a peça-reta de baixa rotação, com o objetivo de deixá-los

mais planos, de maneira que facilite o posicionamento do cursor de borracha durante a medição de comprimento, a fim de obter um padrão de referência para os dois aparelhos, aumentando a precisão na aferição das medidas.

O preparo dos terços cervical e médio dos canais radiculares foi realizado com brocas Gates-Glidden 4, 3, 2, 1, respectivamente, em baixa rotação para que o terço apical ficasse mais acessível. A patência apical foi realizada com uma lima tipo K #10 (Dentsply-Malleifer, Ballaigues-Suíça) de 21 mm. Para a obtenção do comprimento real do dente (CRD), o instrumento foi introduzido no interior do conduto radicular até que sua ponta fosse visível no forame apical, com o auxílio de magnificação a 6x (Vuemax, Suzhen, CHINA). Após a visualização, o cursor de borracha foi devidamente posicionado e a distância entre a ponta da lima e o cursor de borracha foi mensurada utilizando um paquímetro digital (Hardened Stainless, Uyustools, Japan). Os valores obtidos foram tabulados para posterior comparação aos resultados obtidos pelo método eletrônico.

Para a obtenção das medidas pelo método eletrônico os espécimes foram armazenados em solução fisiológica a 0,9% por 24 horas para mantê-los hidratados. As medidas eletrônicas foram determinadas tendo como critério a localização do forame, de acordo com a marcação de ápice no aparelho YS-RZ-B e no aparelho Woodpex III. Foi utilizado um recipiente do tipo pote armazenador de cápsulas com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% com dois orifícios na tampa plástica realizados com o auxílio da lâmina de bisturi nº15 para fixação dos espécimes e da alça labial. No primeiro orifício foi colocada a alça labial em contato com a solução e no segundo, a porção radicular foi adaptada, com o auxílio, quando necessário, de cera utilidade, para que houvesse melhor fixação do elemento, mantendo-o em contato com a solução no momento da mensuração, para que o aparelho fechasse o circuito, permitindo que a aferição do canal fosse realizada com sucesso. Previamente as mensurações, os canais radiculares dos dentes foram irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e aspirados, mantendo o canal radicular úmido e a câmara pulpar seca.

A localização de forame apical com o localizador apical eletrônico (LAE) YS-RZ-B (Foshan Yunsheng Medical Instrument Co. Ltd China) foi realizada a partir do acionamento do aparelho YS-RZ-B, e assim, o clipe labial condutor foi inserido na borda da tampa do pote e o dente adaptado ao furo do meio da tampa, e uma lima endodôntica com diâmetro compatível ao diâmetro anatômico, preso ao conector e inserido no canal, realizando movimentos oscilatórios até que o forame apical fosse detectado no visor do aparelho testado, indicando a marca “0”. Foi considerada válida a leitura que permanecesse estável por pelo menos 5 segundos. Com auxílio de uma pinça clínica, o stop de borracha foi posicionado na referência e as medidas foram tomadas com o paquímetro digital e os valores

obtidos foram registrados e arquivados. Os mesmos procedimentos foram realizados com o localizador apical eletrônico Woodpex III.

Para que os resultados obtidos pudessem ser submetidos à análise estatística foi utilizado o programa GMC versão 8.1 e o testes estatístico aplicado foi o Teste Mann-Whitney, ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS

Para a obtenção do comprimento real do dente (CRD), o instrumento foi introduzido no interior do conduto radicular até que sua ponta fosse visível no forame apical. Já as medidas eletrônicas foram determinadas tendo como critério a localização do forame pelo próprio aparelho. Ambas foram realizadas com auxílio de uma pinça clínica e o stop de borracha foi posicionado na referência, tomando o comprimento com o paquímetro digital. Os valores obtidos se encontram nas tabelas abaixo (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Medida determinada pelo método visual do canal, medida determinada pelo localizador apical eletrônico Woodpex III e a diferença entre eles em milímetros.

Diferenças (mm)	WoodPEX III e Método visual
0	19
0.01	1
0.02	1
0.08	1
0.1	2
0.2	3
0.25	1
0.3	2
0.4	1
0.6	1
0.8	1

As medidas determinadas pelo método visual do canal e as medidas feitas pelo localizador apical eletrônico Woodpex III, apresentaram diferenças na medição do comprimento do canal final de 0,8 a 0 mm. Houve maior quantidade de medidas que não apresentaram diferenças no comprimento (58%), comparando estes métodos.

As medidas determinadas pelo método visual do canal e as medidas feitas pelo localizador apical eletrônico YS-RZ-B, apresentaram diferenças na medição do comprimento do canal final de 0,4 a 0 mm. Em média 50% das medidas finais não apresentaram diferença no seu comprimento através deste método.

Após verificar que as amostras têm uma distribuição não-normal, o teste de Mann-Whitney foi adotado, onde a probabilidade de igualdade foi de 50,00%, ou seja, as amostras não apresentam diferenças estatísticas significantes.

Tabela 2. Medida determinada pelo método visual do canal, medida determinada pelo localizador apical eletrônico ys-rz-b e a diferença entre eles em milímetros

Diferenças (mm)	YS-RZ-B e Método visual
0	16
0.02	1
0.03	1
0.04	2
0.06	1
0.1	1
0.2	3
0.3	5
0.4	3

4. DISCUSSÃO

Os LAEs demonstram ser um excelente recurso auxiliar com precisão e confiabilidade na obtenção do comprimento do canal radicular^{9,10}, esses equipamentos foram aperfeiçoados e sofreram mudanças no seu princípio de funcionamento ao longo dos anos, para se tornarem mais eficientes durante a odontometria de canais radiculares, possibilitando o estabelecimento de medidas tanto em canais úmidos como também na presença de soluções irrigantes indispensáveis na terapia endodôntica^{11,12,13,14}.

O método eletrônico apresenta uma série de vantagens quando comparado à odontometria radiográfica, como menor gasto de tempo, possibilita que o paciente sofra menor exposição a radiação durante o tratamento endodôntico e tem a capacidade de localizar a constrição apical e não o ápice radiográfico¹⁴. Desta forma, atualmente os localizadores foraminais eletrônicos complementam ou substituem a utilização do método radiográfico, sendo bastante utilizado por facilitar a odontometria. Existem poucos estudos na literatura científica avaliando a confiabilidade e a capacidade de mensuração de localizadores apicais para mensuração do comprimento radicular. No presente estudo, a aferição da localização do forame apical com o auxílio dos aparelhos, YS-RZ-B (Foshan Yunsheng Medical Instrument Co. Ltd China) e Woodpex III (Guilin Medical Instrument Co. Ltd China), que são amplamente utilizados pelos cirurgiões dentistas, foram analisados.

Embora estudos *in vitro* para avaliar a precisão dos LAEs sejam problemáticos em virtude da ausência do ligamento periodontal, os LAEs operam por princípios de eletricidade, baseada no fato de que a condutividade elétrica dos tecidos que rodeiam o ápice radicular é maior do que a encontrada dentro do sistema de canais radiculares¹⁵. Para a simulação do ligamento periodontal, diversos meios foram utilizados, dentre os quais os modelos de alginato^{16,17} e os modelos utilizando solução salina 0,9% em um recipiente plástico^{18,19}. Nesta pesquisa, o hipoclorito de sódio foi utilizado como meio condutor, pois foi constatado que

esta solução é um excelente condutor elétrico^{20,21}.

No presente estudo a eficácia dos aparelhos, YS-RZ-B e Woodpex III foi testada comparando se a medida fornecida pelo aparelho com a observação direta do ápice do elemento dentário. Os valores referentes à odontometria realizada *in vitro* comparadas com a observação direta mostraram não haver diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$). Embora diversos autores tenham sugerido que a validade de medições feitas com modelos *in vitro* ainda sejam desconhecidas^{22,23}, os resultados do presente estudo confirmam a eficácia dos aparelhos avaliados.

Em 2010, Rambo *et al.* (2010)²⁴, chegaram à conclusão de que os localizadores apicais eletrônicos são mais precisos na saída foraminal, do que quando usados em outras regiões do canal radicular como referência. Em contrapartida, Higa *et al.* (2009)²⁵ apontaram que a distância da saída foraminal em milímetros, não corresponde à marcação indicada pelos localizadores apicais eletrônicos, em que, as marcações são menos precisas cada vez que a saída foraminal se distancia. Entretanto, Kuttler (1955)²⁶ demonstrou a possibilidade de haver variações morfológicas na região apical com o passar do tempo e a não padronização da distância da saída foraminal e o ápice anatômico²⁷, onde o exame radiográfico seria insuficiente para fornecer dimensões confiáveis para sugerir o ponto exato do ápice radicular^{28,29}. Já os localizadores apicais mais atuais como os avaliados nesta pesquisa, disponibilizam medições confiáveis mesmo na presença de eletrólitos ou tecido pulpar, não necessitam de calibração³⁰, além de ser capaz de identificar a constricção apical distante a 1 mm do forame do canal empregando o sistema “ratio method”^{6,31}.

Assim como neste estudo, muitas pesquisas *in vitro* mostraram a contribuição de resultados mais precisos na mensuração da odontometria quando realizado com os localizadores apicais eletrônicos^{6,32,33,34}, no entanto, não foram encontrados até o momento, estudos relacionados aos aparelhos referidos na presente pesquisa.

Utilizamos neste estudo métodos parecidos aos encontrados na literatura^{19,35,36}, onde encontramos o comprimento do canal radicular, visualmente, realizando a mensuração a partir da posição real do forame utilizando uma lima que entra justa ao canal radicular, e um paquímetro para a mensuração do tamanho real do dente. A estratégia da utilização de limas compatíveis com o diâmetro do canal radicular foi adotada pois possibilita a obtenção de melhor precisão nas leituras das medições dos localizadores apicais eletrônicos tanto em estudos *in vitro*^{8,23,37} como *in vivo*^{38,39}.

Não foram utilizados diferentes tipos de soluções irrigadoras neste estudo, para testar se a efetividade de mensuração seria alterada. Ainda que a maior parte dos localizadores foraminais da terceira e quarta geração não é afetada por soluções irrigadoras presentes no interior dos canais radiculares⁶. Desta forma, os

localizadores estudados foram considerados precisos na presença da solução irrigadora, hipoclorito de sódio a 2,5%.

A radiografia periapical não pode ser dispensada e deve ser utilizada como forma complementar de mensuração, pois qualquer conexão entre o canal radicular e os tecidos periodontais será reconhecida pelo aparelho. Com isso, o uso dos LAE facilita o procedimento da odontometria tornando-a mais rápida, quando comparada ao método radiográfico, onde devemos lançar mão, muitas vezes, de várias tomadas radiográficas para se obter uma boa precisão de medida, conquanto, não devem ser utilizadas como método único de odontometria devido as suas limitações.

5. CONCLUSÃO

Os localizadores demonstraram ser um excelente recurso auxiliar, mostrando-se aptos e precisos na determinação do comprimento de trabalho, porém mais trabalhos devem ser desenvolvidos afim de testar a confiabilidade destes localizadores apicais.

REFERÊNCIAS

- [01] Cesário F, Guimarães BM, Pinto L de C, Nishiyama CK. Avaliação da precisão de três localizadores foraminais na determinação do comprimento de trabalho: Um estudo *in vitro*. *Salusv* 2014; 33(2):169-79.
- [02] Briseno-Marroquin B, Frajlích S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an *in vitro* study. *J Endod* 2008;34(6):698-702.
- [03] Kang JA, Kim SK. Accuracies of seven different apex locators under various conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(4):e57-62.
- [04] Bramante CM, Berbert A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974;37(7):463-73.
- [05] Martins JN, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J endod* 2014;40(6):759-77.
- [06] Guimarães BM, Marciano MA, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Bramante CM, Duarte MAH. O uso dos localizadores foraminais na endodontia: revisão de literatura. *Rev Odontol Bras Central* 2014;23(64):2-7.
- [07] Leonardo, M. R, Leonardo R de T. Tratamento de canais radiculares – Avanços tecnológicos de uma endodontia minimamente invasiva e reparadora. São Paulo: Artes Médicas; 2012.
- [08] Ramos CAS, Bramante CM. *Odontometria: Fundamentos e Técnica*. São Paulo: Santos; 2005.
- [09] Kuştarci A, Arslan D, Altunbas D. *In vitro* comparison of working length determination using three different electronic apex locators. *Dent Res J* 2014;11(5): 568-73.
- [10] Puri N, Chadha R, Kumar P, Puri K. An *in vitro* comparison of root canal length determination by DentaPort ZX and iPex apex locators. *J Conserv Dent* 2013;16(6): 555-8.
- [11] Beltrame PCA, Triches TC, Sartoni N, Bolan M. Electronic determination of root canal working length

- in primary molar teeth: an in vivo and ex vivo study. *Int Endod J* 2011; 44(5):402-6.
- [12] Stoll R, Betke K, Stachniss V. The influence of different factors on the success of root canal fillings – a ten-year retrospective study. *J Endod* 2005; 31(11):783-90.
- [13] Silva EJNL, Portella IR, Brito PRR, Magalhães KM, Coutinho-Filho TS. Avaliação in vitro da eficiência de um localizador apical eletrônico em dentes com reabsorções radiculares simuladas. *Dent Press Endod* 2011; 2(1):52-6.
- [14] Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72(2):239-42.
- [15] Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod* 2010;36(12): 2003-7.
- [16] Fuss Z, Assoline LS, Kaufman AY. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 83(3):324-9.
- [17] Keila S, Linn H, Katz A, Kaufman AY. Morphometric analysis of working length determined by impedance type Apex locators. *J Endod* 1994; 20:196.
- [18] Corrêa ACP, Silva EJNL, Ferreira CMA, Magalhães KM, Coutinho-Filho TS. Eficácia de localizadores apicais na identificação de perfurações de diferentes diâmetros. *RFO* 2011;16(2):161-5.
- [19] Coutinho-Filho T de S, da Silva EN, Magalhães KM, Krebs RL, Ferreira CM, Natividade de Oliveira C. Avaliação in vitro da eficácia do localizador apical Jopex 5. *Odonto Bras Cent* 2012;21(56):411-4.
- [20] Guerisoli DMZ, SILVA RS, PÉCORÁ JD. Evaluation of some physico- chemical properties of different concentrations of sodium hypochlorite solutions. *Braz Endod J* 1998;3(2): 21-3.
- [21] Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J endod* 2002;28(8):595-598.
- [22] Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108(3):147-51.
- [23] Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aust Dent J* 2006;51(3):258-62.
- [24] Rambo MV, Gamba HR, Borba GB, Maia JM, Ramos CA. In vivo assessment of the impedance ratio method used in electronic foramen locators. *Biomed eng online* 2010;9(1), 1.
- [25] Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H. Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. *Int Endod J* 2009;42(12):1065-70.
- [26] Kuttler Y. Microscopic Investigation of root apices. *J Americ Dent Ass* 1955;50(2):544-52.
- [27] Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17(4):192-8.
- [28] Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *Int Endod J* 2013;46(8):769-74.
- [29] ElAyouti A, Hülber-JM, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, *et al.* Apical constriction: location and dimensions in molars—a micro-computed tomography study. *J endod* 2014;40(8):1095-99.
- [30] ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J endod* 2009;35(2):179-181.
- [31] Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29(8):497-500.
- [32] Kumar LV, Sreelakshmi N, Reddy ER, Manjula M, Rani ST, Rajesh A. Clinical Evaluation of Conventional Radiography, Radiovisiography, and an Electronic Apex Locator in Determining the Working Length in Primary Teeth. *Ped dent* 2016;38(1):37-41.
- [33] Gehlot PM, Manjunath V, Manjunath MK. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files. *Restor dent endod* 2016;41(1): 6-11.
- [34] Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, Rosen E. The precision of electronic apex locators in working length determination: a systematic review and meta-analysis of the literature. *J endod* 2015;41(11):1818-23.
- [35] Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *J endod* 2014;40(1):109-12.
- [36] D'Assunção FLC, de Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, de Queiroz Ferreira LC, Bezerra PM. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(3): e50-e53.
- [37] McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992;36(2):293–307.
- [38] Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JA. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104(4):e129–32.
- [39] Renner D, Grazziotin-Soares R, Gavini G, Barletta FB. Influence of pulp condition on the accuracy of an electronic foramen locator in posterior teeth: an in vivo study. *Braz Oral Res* 2012;26(2):106–11.