

## Localizadores apicais: revisão de literatura

### *Electronic apex locators: literature review*

Rafael Pinto El Saman<sup>1</sup>  
Miguel Christian Castillo Marin<sup>1</sup>  
Iris Maria Frois<sup>1</sup>  
Flávia Goulart da Rosa Cardoso<sup>1,2</sup>

Correspondência: flaviacardoso.endodontia@gmail.com  
Submetido: 08/04/2016 Aceito: 15/07/2016

#### Resumo

A obtenção do sucesso no tratamento endodôntico depende da precisa determinação do comprimento do canal radicular, sendo considerada a junção cimento-dentina-canal o limite ideal para as intervenções endodônticas. O objetivo deste trabalho foi revisar, mediante literatura específica, a evolução dos localizadores apicais, bem como as vantagens e desvantagens de seu uso no tratamento endodôntico. Utilizou-se de pesquisa bibliográfica encontrada em artigos científicos na base de dados BVS odontologia e Pubmed, utilizando os descritores: limite apical/apical limit, odontometria/odontometry, constrição apical/apical constriction, localizador apical/eletronic apex locators. Sabe-se que a determinação precisa da constrição apical do canal não é possível pela radiografia devido a variações anatômicas e erros de projeção, sendo esta uma das grandes vantagens dos localizadores apicais. Além disso, a utilização destes equipamentos faz com que o tratamento seja realizado de maneira mais segura, fácil e rápida, reduzindo a exposição do paciente à radiação. No entanto, em alguns casos como dentes com rizogênese incompleta e presença de restaurações metálicas podem levar à interferência no circuito eletrônico, tendo seu uso contraindicado. Além disso, como desvantagens pode-se citar o alto custo do aparelho e o treinamento para utilização com precisão dos resultados.

**Palavras-chave:** Localizadores apicais, Limite apical, Odontometria, Constrição apical.

#### Abstract

*Achieving success in endodontic treatment depends on the accurate determination of the root canal length, and the cementum-dentin-canal junction is considered the ideal limit for endodontic interventions. The aim of this study was to review the literature on the evolution of apex locators, as well as the advantages and disadvantages of their use in endodontic treatment. To this end, we searched for scientific articles on BVS Odontologia and the PubMed database by using the key words apical limit, odontometry, apical constriction, and electronic apex locators. Precise determination of the apical constriction of the canal is not possible using radiographs because of anatomical variations and projection errors, which can be overcome using apex locators. Furthermore, their use enables safer, easier, and quicker treatment, which also reduces the patient's exposure to radiation. However, in some cases, teeth with incomplete root formation and metal fillings can interfere with the electronic circuit, and in such cases, the use of apex locators is contraindicated. The main disadvantages of this technique are the high cost of the device and training for ensuring precision.*

**Key words:** *Electronic apex locators; Apical limit; Odontometry; Apical constriction.*

---

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil.

## Introdução

A obtenção do sucesso em um tratamento endodôntico depende da correta determinação do comprimento do canal radicular, respeitando os limites da região periapical, sendo a junção cimento-dentina-canal (CDC) considerada o limite ideal para as intervenções endodônticas. Portanto, ressalta-se que a realização de uma criteriosa determinação dos limites apicais irá permitir que o profissional evite diversas consequências desagradáveis, como instrumentação e obturação inadequadas, ocorrência de degrau e perfuração do canal radicular, além de dor pós-operatória [1].

Inúmeras técnicas com a finalidade de realizar a determinação do comprimento de trabalho (CT) já foram descritas, dentre as quais se destacam a sensibilidade tátil digital [2], métodos radiográficos e métodos eletrônicos [3].

O método da sensibilidade tátil digital é incerto, pois os canais radiculares apresentam variações anatômicas, impossibilitando assim a detecção precisa da constrição apical [4,5].

A tomada radiográfica é a técnica mais empregada para se determinar o CT em endodontia, porém seu uso é limitado. Essa limitação deve-se a fatores como variáveis na técnica radiográfica, distorções de imagens, interferências anatômicas causando sobreposição, interpretação de uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional, interpretação subjetiva do operador, além de expor o paciente a constante radiação ionizante [4,5].

A endodontia vem passando por uma constante evolução tecnológica, utilizando métodos que auxiliam na determinação do CT, fazendo com que essa determinação seja mais rápida e precisa. Atualmente, contamos com o auxílio de um dispositivo eletrônico, conhecido como localizador apical eletrônico, que permite que o profissional realize a fase de determinação do comprimento do canal radicular, conhecida como odontometria, com total segurança, uma vez que vários estudos comprovam a eficiência destes aparelhos [6-9].

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo revisar, mediante literatura específica, as vantagens e desvantagens que o uso dos localizadores apicais trazem ao tratamento endodôntico, procurando ainda demonstrar por meio de estudos científicos a sua eficiência no dia a dia clínico.

## Revisão de Literatura

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados BVS odontologia e PUBMED. Os descritores utilizados para a busca de artigos foram: limite apical/apical limit, odontometria/odontometry, constrição apical/ apical constriction, localizador apical/eletronic apex locators. O estudo foi composto por publicações de língua portuguesa e inglesa, de 1918 a 2014 que incluíram revisões bibliográficas e pesquisas experimentais. Os dados pesquisados forneceram informações sobre a constante evolução dos localizadores apicais, bem como seu funcionamento, comprovando a sua eficiência e confiabilidade, mostrando ainda que a etapa da odontometria é uma fase fundamental para se obter sucesso no tratamento endodôntico.

Para realização de um tratamento endodôntico, é de fundamental importância a obtenção de uma correta odontometria, que é a fase que demarca o limite longitudinal de instrumentação durante o preparo químico-cirúrgico, sendo o limite apical de instrumentação um dos assuntos mais controversos na endodontia atual [10,11].

Do ponto de vista biológico, é necessário que o preparo químico-cirúrgico atinja toda a extensão do canal radicular, visto que restos orgânicos e/ou bactérias podem estar localizados próximos ou mesmo no forame apical. Do ponto de vista mecânico, dada a anatomia da região apical da raiz, é necessária a confecção de um ombro apical que proporcione o travamento do material obturador, impedindo seu extravasamento para os tecidos periradiculares [12].

Erros na odontometria, por descuido ou imperícia por parte do profissional, podem resultar em diversas consequências desagradáveis, como a ocorrência de perfurações apicais, sobreinstrumentação, sobreobturação, dor pós-operatória, além de instrumentação e obturação deficientes e incompletas, fazendo com que ocorra o insucesso da terapia endodôntica [13, 14].

Tradicionalmente, a tomada radiográfica tem sido a técnica mais utilizada para se realizar a medição do comprimento do canal radicular na endodontia, porém apresenta diversas limitações, como variáveis na técnica radiográfica, distorções de imagens, interferências anatômicas causando sobreposição, interpretação de uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional, interpretação subjetiva do operador, além de expor o paciente a constante radiação ionizante [4,5], deixando dúvidas que essa seja considerada a melhor forma de se executar a odontometria no tratamento endodôntico.

A revolução da determinação do comprimento do canal radicular ocorreu com o advento dos localizadores apicais eletrônicos. Cluster (1918) [15] idealizou o uso de corrente elétrica para realizar a medição do comprimento do canal radicular por meio de um dispositivo eletrônico [5], porém quase nada foi desenvolvido até o ano de 1942, quando Suzuki (1942) [16] investigou em um estudo, em dentes de cães, as propriedades de resistência elétrica entre um instrumento no interior de um canal radicular e um eletrodo posicionado na mucosa oral, especulando-se que este método poderia realizar a medição do comprimento do canal radicular [17], favorecendo assim o surgimento do primeiro aparelho eletrônico foraminal, desenvolvido por Sunada (1962) [5,18].

Os localizadores apicais foram classificados de acordo com seu princípio de funcionamento, dividindo-se assim em quatro diferentes gerações. Os primeiros aparelhos que utilizavam o princípio de resistência elétrica para mensurar o comprimento do canal radicular receberam a denominação de primeira geração [5,19].

Os localizadores apicais de segunda geração surgiram em 1980 e se basearam na utilização da oposição ao fluxo de corrente alternada, ou seja, a impedância como forma de mensurar o comprimento do canal radicular. Esses localizadores reconheciam a constrição apical como o ponto com o maior valor de impedância [20]. As limitações dos localizadores de primeira e segunda gerações apresentavam pequena efetividade de leitura na presença de fluidos e tecido pulpar, além da necessidade de calibração [21,22].

Em 1990, surgiram os localizadores denominados de terceira geração, similares aos de segunda geração, exceto pelo fato de utilizarem duas frequências para determinar a constrição apical [17].

Em 1991, surgiram os localizadores apicais de quarta geração, que utilizam o princípio “*ratio method*” para localização do forame apical. O princípio “*ratio method*” nada mais é do que a medição simultânea da impedância de duas ou mais frequências separadas, onde um quociente das impedâncias é obtido e expresso com a posição da lima no interior do canal radicular. Estes localizadores de quarta geração são confiáveis em suas medições mesmo na presença de fluidos e tecido pulpar e não necessitam de calibração [20]. Os aparelhos mais modernos apresentam as medidas obtidas por meio de gráficos em display digital, facilitando a determinação do comprimento ideal de ação dos instrumentos durante o tratamento dos canais radiculares.

Embora a radiografia periapical ainda seja amplamente utilizada para determinação do CT, alguns estudos comprovam que o método eletrônico é mais confiável do que o método radiográfico [23,24]. Outro fator que deve ser considerado são as diversas variações que existem na morfologia dos ápices radiculares [25] e ainda a ocorrência da saída lateral do forame apical em relação ao ápice radicular [26], não identificadas radiograficamente [19, 27]. Sendo assim, considera-se que o localizador apical é um dispositivo eletrônico que apresenta diversas vantagens sobre as técnicas radiográficas, pois proporciona facilidade de mensuração na odontometria, confiabilidade, rapidez, fácil utilização, diminuição da necessidade de tomadas radiográficas reduzindo a exposição do paciente à radiação [20], além de detecção de fraturas e perfurações, pois o aparelho mostra o momento exato em que a ponta da lima entra em contato com o periodonto, diminuindo chances de

iatrogenias [28]. Como desvantagens, os localizadores apicais apresentam limitações em casos de ápices abertos e reabsorções radiculares [2].

Os resultados apontados na literatura atual têm sido animadores perante o uso dos localizadores apicais eletrônicos. Brito-Junior *et al.* [14], em um estudo *in vitro*, avaliaram a precisão e confiabilidade de um modelo de localizador apical eletrônico da marca Novapex na obtenção do CT. Utilizou-se 20 molares humanos inferiores extraídos, e mediu-se com uma lima tipo K o comprimento dos condutos méso-vestibular (MV) e distal (D) até o forame apical, denominando essa medida CT1. Os dentes foram fixados em recipientes plásticos contendo alginato, procedendo-se as medidas eletrônicas com o localizador apical. As limas eram introduzidas nos canais até que os instrumentos atingissem a marca 0 no visor do aparelho, seguida de um recuo até a marca 1, ajustando os cursores nas mesmas referências externas utilizadas para o CT1. As mensurações com o localizador foram realizadas adotando-se a média das medidas, por dois operadores calibrados: um estudante de graduação (CT2) e um especialista em endodontia (CT3). Para comparação dos três comprimentos de trabalho foi aplicado o Teste t de Student para amostras pareadas, que não mostrou diferenças significativas entre todas as medidas odontométricas para os canais radiculares MV e D, concluindo que o localizador apical Novapex mostrou-se preciso e confiável na determinação da odontometria de molares inferiores, sendo confiável sua utilização inclusive por alunos de graduação.

Jung *et al.* [6] analisaram a precisão de dois localizadores apicais: Root ZX e I-Root. Foram utilizados 104 pré-molares humanos extraídos, incluídos em um molde de alginato, que tiveram seus comprimentos mensurados até as marcas “0.5” e depois “APEX” com limas tipo K. A lima então foi cimentada no canal radicular e foram seccionados 3 a 4 mm apicais do canal, para avaliação sob um microscópio. A distância entre a ponta da lima e do forame foi então medida. Concluíram que não houve diferença significativa na confiabilidade das marcas a “0.5” e “APEX” para a localização do forame em ambos os dispositivos eletrônicos.

Migueta *et al.* [7] analisaram a confiabilidade de dois localizadores apicais eletrônicos: Root ZX e Propex na obtenção do CT comparando-as com medidas visuais. Foram utilizados 40 dentes humanos unirradiculares, inseridos em uma base composta de esponja vegetal embebida em solução de cloreto de sódio a 0,9%. Uma lima tipo K foi introduzida até a sua extremidade ser observada na saída foraminal com um aumento de 8 vezes, posicionando o stop de borracha no bordo incisal e medindo esse comprimento com uma régua milimetrada, denominando essa medida de comprimento real do dente. Após, realizou-se medições eletrônicas tendo como critério a localização do forame de acordo com a marcação de ápice dos dispositivos utilizados. O localizador apical Root ZX obteve índice de acerto de 93% e o Propex de 90%, concluindo que ambos os aparelhos demonstraram índices de acerto aceitáveis para sua utilização em clínica.

Vasconcelos *et al.* [9] analisaram a precisão de cinco localizadores apicais com diferentes sistemas operacionais: Root ZX, Mini Apex Locator, Propex II, IPEX e RomiApex. Foram utilizados 42 pré-molares inferiores que tiveram os seus comprimentos reais previamente determinados com limas K #10 até que a ponta da lima fosse visualizada na abertura do forame, seguido de medições eletrônicas realizadas a 1 mm do comprimento total do canal radicular e, em seguida, até a marca “0.0”. Concluíram que todos os localizadores apicais forneceram medições aceitáveis na posição da marca “0.0”. No entanto, na posição de 1 mm aquém do comprimento total, havia uma precisão inferior dos localizadores, com diferenças estatisticamente significantes para o Propex II, IPEX e RomiApex. O localizador que apresentou maior eficácia foi o Mini Apex Locator, seguido do Root ZX.

Pereira *et al.* [8] investigaram a determinação do CT *in vivo* com o dispositivo Quill Apex Locator. Foram utilizados pacientes indicados para extração dentária devido a motivos ortodônticos ou periodontais, resultando em uma amostra de 24 canais radiculares, obtidos de 21 dentes humanos, sendo eles 4 primeiros pré-molares superiores, 3 segundos pré-molares superiores, 6 incisivos laterais superiores, 6 incisivos centrais inferiores, 1 canino inferior e 1 primeiro molar inferior. Os dentes em questão eram medidos com o localizador após anestesia local e acesso a cavidade pulpar, e a leitura era correspondente quando o forame apical foi mostrado na tela do

dispositivo, removendo-se a lima e medindo com um paquímetro digital, subtraindo 1 mm da primeira medição. Outra medida era realizada no canal radicular, utilizando a lima com 1 mm de recuo realizado, e em seguida fixando-a, extraíndo o dente. A medida entre a ponta do instrumento e o forame apical foi medida através de microscopia eletrônica de varredura. As médias das medidas foram de 1,089 a 0,437 milímetros. Concluiu-se que o Quill Apex Locator foi capaz de determinar o CT com boa confiabilidade para o tratamento endodôntico, com base de 1 mm aquém do forame apical.

Outro tema que deve ser levado em consideração é o preparo cervical do canal radicular até o seu terço médio com o uso de instrumentos rotatórios e sua relação com a precisão dos localizadores apicais. Brito-Junior *et al.* [29] analisaram o efeito do pré-alargamento cervical na precisão de dois localizadores apicais eletrônicos: Root ZX e Novapex. Foram utilizados 24 molares superiores extraídos, incluídos em um molde de alginato, que tiveram o pré-alargamento cervical do canal radicular realizado com os instrumentos ProTaper S1 e SX. O CT foi estabelecido reduzindo 1 mm do comprimento total (marca “APEX” ou “o.o”). Concluíram que os localizadores apicais testados revelaram precisões aceitáveis na determinação do comprimento do canal radicular, e que o procedimento de pré-alargamento cervical causou um efeito bastante significativo, aumentando a precisão. Resultados semelhantes foram encontrados por Camargo *et al.* [30], mostrando que a eficácia dos dispositivos eletrônicos de diferentes marcas foi aumentada após preparo cervical.

## Discussão

O sucesso do tratamento endodôntico depende da correta execução das diferentes etapas durante todo o procedimento, desde a cirurgia de acesso até a obturação do canal radicular. A odontometria é sem dúvida uma fase de grande importância para que o sucesso do tratamento seja alcançado, pois ao realizar uma criteriosa e correta determinação do comprimento do canal radicular, é possível conhecer o limite ideal para se trabalhar dentro do conduto e limitar a ação de instrumentos e materiais no seu interior, evitando assim injúrias aos tecidos periapicais, e diversas outras consequências desagradáveis já citadas, como obturações inadequadas e pós-operatório sintomático do paciente.

Os localizadores apicais passam a ser, desde seu surgimento, mais um recurso tecnológico para que cirurgiões dentistas e principalmente especialistas em endodontia possam realizar a determinação rápida e precisa do CT. A literatura atual aponta a alta eficiência na correta determinação do comprimento do canal radicular por meio de diferentes marcas de localizadores apicais [6-9], fazendo com que os profissionais tenham ainda mais confiança na utilização destes dispositivos.

Ao utilizar o método eletrônico na determinação do CT, a exposição do paciente a radiação pode ser reduzida, pois é necessário menor quantidade de tomadas radiográficas. Outra vantagem é a diminuição no tempo do tratamento e o custo deste para o paciente, pela otimização do tempo de trabalho do profissional [5].

O uso dos localizadores apicais em pacientes com marcapasso cardíaco é um tema muito discutido na endodontia, visto que existem estudos na literatura demonstrando que não ocorrem interferências quando se usa uma sensibilidade mais próxima da utilizada *in vivo* [31,32], ao passo que outros contra indicam o uso de localizadores nestes pacientes, pois afirmam que causa interferência [33]. Porém é necessário se ter cautela quanto a essa indicação [5], fazendo com que diante do exposto, seja necessário mais estudos sobre esse tema.

É importante ressaltar que a utilização de substâncias químicas auxiliares é comum na prática endodôntica, porém algumas substâncias causam interferência na precisão dos localizadores apicais, fazendo com que possam ocorrer falhas nas medições. Fernandes *et al.* [34] analisaram a interferência de três substâncias químicas auxiliares na precisão do localizador apical: clorexidina, hipoclorito de sódio e EDTA, concluindo que dentre as substâncias testadas a clorexidina gerou

menor interferência coincidindo a medida real com a do localizador em 90% das amostras, seguido por hipoclorito de sódio (80%) e do EDTA (20%).

## Conclusão

O uso do localizador apical pode ser considerado um método eficiente, que reduz a exposição do paciente à radiação, pois diminui o número de radiografias necessárias durante o tratamento endodôntico, sendo a técnica que melhor determina o comprimento ideal de ação dos instrumentos, com menor tempo despendido na obtenção do comprimento real de trabalho, o que faz com que diminua o tempo de consulta e ainda apresenta um alto índice de confiabilidade, o que nos mostra ser um recurso seguro e eficaz. No entanto, em alguns casos como dentes com rizogênese incompleta e presença de restaurações metálicas podem levar à interferência no circuito eletrônico, tendo seu uso contraindicado. Além disso, como desvantagens pode-se citar o alto custo do aparelho e o treinamento para utilização com precisão dos resultados.

## Referências

1. Georgopoulou M, Anastassiadis P, Sykaras S. Pain after chemomechanical preparation. *Int Endod J* 1986;19(6):309-14. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.1986.tb00495.x>
2. Giusti EC, Fernandes KPS, Lage-Marques JL. Medidas eletrônica e radiográfica digital na odontometria: análise in vivo. *RGO* 2007;55(3):239-46.
3. Botusanov P, Vladimirov S. Clinical study on the possibilities of measuring root canal lengths using digital-tactile perception methods and periodontal sensitivity. *Stomatologia* 1983;65(4):6-10.
4. Chita JJ, Silva PG, Pereira KFS, Onoda HK, Barba Junior JC, Ramos CA. Precisão e confiabilidade de um novo localizador foraminais eletrônico – Estudo in vivo. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr* 2012;12(4):457-63.
5. Guimarães BM, Marciano MA, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Bramante CM, Duarte MAH. O uso dos localizadores foraminais na endodontia: revisão de literatura. *ROBRAC* 2014;23(64):2-7.
6. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ. Comparison of the reliability of “0.5” and “APEX” mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2011;37(1):49-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.048>
7. Miguita KB, Cunha RS, Davini F, Fontana CE, Bueno CES. Análise comparativa de dois localizadores apicais eletrônicos na definição do comprimento de trabalho na terapia endodôntica: estudo in vitro. *RSBO* 2011;8(1):27-32.
8. Pereira KF, Silva PG, Vicente FS, Arashiro FN, Coldebella CR, Ramos CA. An in vivo study of working length determination with a new apex locator. *Braz Dent J* 2014;25(1):17-21. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302326>
9. Vasconcelos BC, Bueno MM, Luna-Cruz SM, Duarte MA, Fernandes CA. Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study. *J Appl Oral Sci* 2013;21(2):132-7. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757201302188>
10. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998;31(6):384-93. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00184.x>
11. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;34(2):262-8. [http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220\(72\)90418-5](http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220(72)90418-5)
12. Alves AM, Felipe MC, Felipe WT, Rocha MJ. Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *Int Endod J* 2005;38(10):718-24. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01007.x>
13. Gutmann JL, Leonard JE. Problem solving in endodontic working-length determination. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16(3):288-304.
14. Brito-Júnior M, Camilo CC, Oliveira AM, Soares JA. Precisão e confiabilidade de um localizador apical na odontometria de molares inferiores. Estudo in vitro. *Rev Odonto Ciênc* 2007;22(58):293-8.
15. Cluster LE. Exact method of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 1918;5:815-19. <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1918.0368>
16. Suzuki K. Experimental study in iontophoresis. *J Jap Stomat Soc* 1942;16:414-7.
17. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004;37(7):425-37. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00835.x>
18. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962;41:375-87. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345620410020801>

19. Silva TM, Alves FRF. Localizadores apicais na determinação do comprimento de trabalho: a evolução através das gerações. *Rev Bras odontol* 2011;68(2):180-5. <http://dx.doi.org/10.18363/rbo.v68n2.p.180>
20. Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am* 2004;48(1):35-54. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00835.x>
21. Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of electronic measuring devices in endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol* 1985;1(4):142-5.
22. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *J Endod* 2005;31(7):507-9. <http://dx.doi.org/10.1097/01.don.0000152295.05827.80>
23. Parekh V, Taluja C. Comparative study of periapical radiographic techniques with apex locator for endodontic working length estimation: an ex vivo study. *J Contemp Dent Pract* 2011;12(2):131-34.
24. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 2010;36(11):1753-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.017>
25. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544-52. <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1955.0099>
26. Arora S, Tewari S. The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *Int Endod J.* 2009;42(10):930-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01597.x>
27. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod* 2010;36(2):279-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.016>
28. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72(2):238-42. [http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220\(91\)90169-D](http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220(91)90169-D)
29. Brito-Junior M, Camilo CC, Moreira-Junior G, Pecora JD, Souza-Neto MD. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *J Appl Oral Sci* 2012;20(5):538-43. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572012000500008>
30. Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod* 2009;35(9):1300-2. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.05.030>
31. Brito DI, Daibert FK, Medeiros AA, Egidio JF, Santos PC, Gouvêa PV. Interferência *in vitro* do localizador apical eletrônico em marcapasso cardíaco implantável. *Rev Bras Odontol* 2012;69(2):260-5.
32. Idzahi K, de Cock CC, Shemesh H, Brand HS. Interference of electronic apex locators with implantable cardioverter defibrillators. *J Endod* 2014;40(2): 277-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.027>
33. Garófalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod* 2002;28(12):831-3. <http://dx.doi.org/10.1097/00004770-200212000-00009>
34. Fernandes KPS, Mohamed SHM, Martins MD, Bussadori SK, Giusti EC. A interferência de três substâncias químicas auxiliares na precisão do localizador apical Bingo 1020. *Rev Paul Odontol* 2008;30(1):22-5.