

# O uso dos localizadores foraminais na endodontia: revisão de literatura

The use of apex locator in endodontics: a literature review

Bruno M. GUIMARÃES<sup>1</sup>, Marina A. MARCIANO<sup>1</sup>, Pablo A. AMOROSO-SILVA<sup>1</sup>, Murilo P. ALCALDE<sup>1</sup>, Clovis M. BRAMANTE<sup>3</sup>, Marco A. H. DUARTE<sup>4</sup>.

1 - Doutorando(a) em Endodontia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, Brasil.

2 - Mestrando em Endodontia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, Brasil.

3 - Professor Titular da disciplina de Endodontia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, Brasil.

4 - Professor Associado da disciplina de Endodontia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, Brasil.

## RESUMO

A correta determinação do comprimento real de trabalho (CRT) é um fator importante que corrobora no sucesso do tratamento endodôntico. Diversos estudos mostram que o uso de localizadores foraminais eletrônicos é recomendado devido à sua eficácia e benefícios quando utilizados na terapia endodôntica. O princípio de ação desses aparelhos está relacionado às propriedades que os tecidos orais apresentam quando submetidos a diversos componentes elétricos como resistência, frequência e

impedância. Os localizadores foraminais podem ser utilizados em diversas situações na prática clínica, como nos tratamentos de dentes vitais e não vitais até nos casos de retratamentos. O objetivo deste estudo é analisar por meio de revisão da literatura a eficácia dos localizadores foraminais eletrônicos na determinação do comprimento real de trabalho durante a realização do tratamento endodôntico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Endodontia; Tratamento do canal radicular; Odontometria.

## INTRODUÇÃO E PROPOSIÇÃO

O tratamento endodôntico tem como principais objetivos a máxima eliminação da infecção instalada no sistema de canais radiculares e a prevenção da introdução de novos microrganismos durante e após o tratamento. A eliminação da infecção do canal radicular propicia um ambiente favorável ao reparo das lesões periapicais, enquanto a persistência de microrganismos exerce um papel relevante nas falhas do tratamento endodôntico<sup>1</sup>.

A Endodontia pode ser conceituada como uma das mais complexas e minuciosas especialidades odontológicas. Ainda que seu resultado seja uma complexa derivação de vários procedimentos durante as fases operatórias, a precisão na determinação do comprimento de trabalho é um passo importante durante o início da terapia endodôntica, uma vez que há interdependência com as fases subsequentes do tratamento endodôntico. A determinação precisa dessa medida evita consequências desagradáveis dentre elas a formação de degraus na parede do canal radicular, instrumentação e obturação inadequada, perfuração radicular e pós-operatório sintomático<sup>2</sup>.

Segundo Schilder<sup>3</sup> (1967) o limite ideal de trabalho é a junção cementodentinária formada por um cone de dentina com base voltada para a parte coronal do dente, e um cone formado por cimento com base voltada para o ápice do dente. Essa constricção se encontra aproximadamente a 0,5mm do forame apical, e tem diâmetro aproximado de 0,22mm<sup>4</sup>. O comprimento de trabalho é aquele que vai de um ponto coronal até a constricção apical.

A tomada radiográfica é a técnica mais empregada na determinação do comprimento de trabalho. No entanto, o seu uso

é limitado, pois a constricção apical não pode ser encontrada, além disso, variáveis nas técnicas, angulações e outros fatores influenciam na produção da imagem radiográfica, levando ao erro<sup>5</sup>.

Surgiu-se então a ideia de se empregar um dispositivo eletrônico no interior do canal radicular para mensurá-lo<sup>6</sup>. Mais tarde, Suzuki<sup>7</sup> (1942) investigou as propriedades de resistência elétrica dos tecidos orais conduzindo ao surgimento do primeiro aparelho eletrônico foraminal, desenvolvido por Sunada<sup>8</sup> (1962).

Os localizadores foraminais são classificados de acordo com o seu princípio de funcionamento, sendo classificado em gerações<sup>9,10</sup>. Esta classificação divide-se em 4 gerações de forma que os aparelhos de 1º geração foram baseados no princípio da resistência, os de 2º geração, se basearam no princípio da impedância, os de 3º geração na frequência e os de 4ª geração que utilizam o "ratio method" para localizarem o forame apical. As principais limitações dos primeiros aparelhos referiam-se as alterações da precisão das mensurações devido à presença de fluídos, de tecido pulpar e da necessidade de isolamento do instrumento endodôntico durante o ato da mensuração<sup>11</sup>.

Assim, o objetivo desta revisão de literatura foi analisar a eficiência dos localizadores eletrônicos foraminais na determinação do comprimento real de trabalho.

## REVISÃO DE LITERATURA

Os Localizadores Apicais têm sido muito estudados e pesquisados para se obter conhecimento sobre sua aplicação clínica, confiabilidade e técnica de utilização.

Os primeiros aparelhos foram projetados para funcionar com o princípio da resistência de corrente elétrica contínua. O prin-

principal inconveniente desses aparelhos é a necessidade de se ter um canal radicular seco e livre de sangue, pus ou tecido pulpar, pois quando a ponta do instrumento toca a substância irrigadora, sangue ou fluidos no interior do canal, estas modificam a resistência elétrica fechando o circuito, indicando erroneamente que a constrição apical foi atingida.

Os principais representantes da primeira geração de localizadores apicais que surgiram foram o Exact-A-Pex®, Endometer®, Neosono D®, Neosono M®, Foramatron®<sup>12</sup>.

Os localizadores apicais de segunda geração surgiram em 1980 e passaram a utilizar a corrente alternada, ou seja, a impedância como forma de mensurar o comprimento do canal radicular<sup>13</sup>. Estes localizadores reconhecem a constrição apical como o ponto com o maior valor de impedância<sup>9,13</sup>. Também tinham índices baixos de confiabilidade, além de necessitar uso de instrumentos recobertos por teflon, sendo passíveis de serem utilizados em canais amplos e retos apenas. O principal representante deste grupo foi o Endocater®<sup>14</sup>.

Os localizadores de terceira geração, introduzidos por volta de 1990, são similares aos de segunda geração, exceto pelo fato de utilizarem duas frequências para determinar a posição da constrição apical. Estes localizadores são capazes de realizar os cálculos necessários para fornecer leituras exatas<sup>9</sup>. No entanto, o inconveniente destes aparelhos é a necessidade do ajuste a cada utilização.

Em 1991, surgem os localizadores apicais de quarta geração, aparelhos que utilizam o "ratio method", ou seja, a medição simultânea da impedância de duas ou mais frequências separadas; um quociente das impedâncias é obtido e expresso como a posição da lima no interior do canal radicular<sup>13,15</sup>. Estes localizadores realizam medições confiáveis mesmo na presença de eletrólitos ou tecido pulpar e não necessitam de calibração<sup>16</sup>.

Estudos<sup>17,18</sup> têm considerado como aparelho padrão de comparação, o root ZX (J. Morita, Kyoto, Japan)<sup>15,16</sup>. Este aparelho identifica a constrição apical do canal empregando o "ratio method". Ele não requer prévia calibração e trabalha na presença de soluções eletrolíticas ou não<sup>10</sup>. Foi demonstrado, *in vivo*, sua alta capacidade de determinar a constrição apical distante a 1 mm do forame<sup>19-21</sup>.

Jenkins *et al.*<sup>22</sup> (2001) avaliaram a precisão do root ZX na presença de várias soluções irrigadoras, lidocaína a 2% com 1:1000.000 de epinefrina, hipoclorito de sódio a 5,25%, Rc prep, EDTA líquido, peróxido de hidrogênio a 3%, o peridex. Foram utilizados 30 dentes unirradiculados e as medidas foram feitas com a presença das várias soluções irrigadoras e posteriormente comparadas com o comprimento real dos canais radiculares. Não houve diferença significativa entre as soluções testadas. Estes resultados confirmam que o Root ZX, é um aparelho preciso mesmo diante da grande variedade de irrigantes utilizados na prática endodôntica.

Analisando a literatura, observa-se que a radiografia tem como limitação oferecer uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional. Devido a este fato, nos deparamos com situações de dificuldades de interpretação das radiografias, devido a sobreposições de estruturas anatômicas e da excentricidade do forame apical, principalmente quando está desviado para vestibular ou para palatino<sup>23</sup>.

Como proposta de um estudo para verificar se havia dimi-

nuição na quantidade de tomadas radiográficas, utilizando ou não o Root ZX®, Fouad e Reid<sup>24</sup> (2000) observaram que, nas radiografias finais, que mostraram o número de casos aceitáveis, o grupo com o uso do localizador foi o que teve melhor resultado e o número de radiografias para realização dos tratamentos endodônticos foi menor para o tratamento de dentes anteriores e pré-molares, mas não houve diferença para os molares.

Venturi e Breschi<sup>25,26</sup> (2005, 2007) compararam *in vivo* o Localizador apical (LA) de segunda geração (Apex Finder®) com um de terceira geração (Root ZX®) utilizando 7 dentes humanos uni e multirradiculados, totalizando 64 canais radiculares e analisando cinco diferentes estágios do processo de medição. Após a análise das 640 medições efetuadas com os dois LA, utilizaram somente as medições estáveis para calcular a sua eficácia. Os resultados mostraram que ambos LA possuem a capacidade de medição do comprimento do canal radicular com alto nível de precisão. Porém em todos os casos o Root ZX® teve maior precisão nas medições. Este estudo revelou que as medições não sofrem influência em relação à vitalidade pulpar ou posição do forame apical; o LA Apex Finder® mostrou-se instável na presença de uma solução de alta condutividade enquanto o Root ZX® mostrou-se instável em situação de baixa condutividade. Concluíram que os LA de segunda geração (Apex Finder®) funcionam melhor em presença de baixa condutividade enquanto que os de terceira geração (Root ZX®) se comportam melhor em presença de solução irrigante de alta condutividade.

Leonardo *et al.*<sup>27</sup> (2008) avaliaram *ex vivo* a precisão de dois localizadores apicais, o Root ZX II e o SybronEndo Mini Apex Locator, em incisivos e molares decíduos com diferentes estágios de reabsorção radicular. Ambos os localizadores determinaram corretamente o comprimento de trabalho independente do dente estar ou não sofrendo reabsorção radicular fisiológica.

Krajczár *et al.*<sup>28</sup> (2008) compararam a eficácia do LA Propex® na determinação do comprimento de trabalho do canal palatino e mesio-vestibular de molares superiores. Para este estudo, foram utilizados 20 primeiros molares superiores extraídos. O comprimento do canal radicular foi determinado com o uso do LA e radiografia periapical. A medida da distância entre a ponta da lima e o ápice radiográfico foi feita na radiografia digital. Os achados deste trabalho indicaram que o uso dos LA na determinação do comprimento de trabalho mostra-se mais eficaz do que o método radiográfico convencional.

Briseño-Marroquín *et al.*<sup>29</sup> (2008) determinaram a eficácia de quatro diferentes LA utilizando 3 diâmetros diferentes de lima na determinação do comprimento dos canais radiculares. Foram selecionados 146 dentes para este estudo. Os dentes foram seccionados no limite cimento/esmalte, separando-se a porção coronária da porção radicular. Os LA analisados foram o Justy II®, Raypex 5®, Elements Apex Locator® e Propex II sendo que todos foram usados seguindo as recomendações dos respectivos fabricantes. Foram feitas comparações entre o comprimento de trabalho atual e o comprimento de trabalho acusado pelos LA utilizando-se limas K #08, #10 e #15. Observaram que não existe diferença significativa entre os resultados encontrados e o diâmetro da lima utilizada.

Angwaravong e Panitvisai<sup>30</sup> (2009) verificaram a eficácia do LA Root ZX® em detectar o comprimento de trabalho em dentes com reabsorção radicular. Foram utilizados 60 dentes decíduos

extraídos com reabsorção radicular. Limas tipo K foram usadas em associação ao LA Root ZX® para medir o comprimento do canal radicular. Após a utilização do LA, todas as medições foram verificadas com estereomicroscópio. A eficácia do LA Root ZX® foi de 96,7 % usando como critérios medidas de mais ou menos 0,5 ml em dentes decíduos com reabsorção radicular.

Camargo *et al.*<sup>31</sup> (2009), analisaram a influência do alargamento cervical na precisão de quatro localizadores foraminais eletrônicos: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Mini Apex Locator e Apex DSP. Utilizaram 40 dentes extraídos, que tiveram o alargamento cervical realizado com os instrumentos ProTaper S1 e SX. O comprimento de trabalho foi estabelecido reduzindo 1 mm do comprimento total. Concluíram que os aparelhos Root ZX e o Mini Apex Locator aumentaram significativamente a precisão em determinar o real comprimento de trabalho após o alargamento cervical. Todos os localizadores analisados mostraram uma determinação do comprimento de trabalho aceitável, com exceção do Apex DSP, que obteve a menor precisão.

Ravanshad *et al.*<sup>32</sup> (2010), avaliaram a determinação de comprimento de trabalho utilizando a radiografia convencional e o uso de localizadores foraminais e sua influência sobre o comprimento de trabalho final. Utilizaram 84 pacientes com um total de 188 canais, que foram distribuídos em dois grupos; no primeiro grupo o comprimento de trabalho foi determinado pelo método radiográfico, e no segundo por meio do localizador apical Raypex 5. Para ambos os grupos foi feito, a prova do cone e as radiografias finais após a obturação, que foram avaliados por dois endodontistas e classificadas da seguinte forma: 1 - curta (menos de 2 mm do ápice radiográfico), 2 - aceitável (dentro de 0-2 mm ápice radiográfico) e 3 - além do ápice. Os resultados mostram que os tratamentos endodôntico realizados com o uso do localizador apical são bastante comparáveis, se não superior às medidas radiográficas em relação aos casos considerados aceitáveis e curtos, por outro lado, com o uso do localizador é reduzida a exposição à radiação e a taxa de superestimação do comprimento do canal.

Nelson-Filho *et al.*<sup>33</sup> (2011) avaliaram a eficácia do localizador IPEX localizador para determinar o comprimento de trabalho em molares decíduos. Foram utilizados 20 molares decíduos com um total de 33 raízes; mediu-se o comprimento do trabalho por meio do método visual com o uso de uma lima tipo K até que sua ponta fosse visível no forame ou no limite da reabsorção radicular; em seguida este comprimento foi medido usando o localizador IPEX, de acordo com as instruções do fabricante. O localizador IPEX pode identificar com precisão o forame apical ou localização da abertura apical e medir o comprimento do trabalho em molares decíduos.

Odabas *et al.*<sup>34</sup> (2011), avaliaram a precisão do localizador apical ROOT ZX na determinação do comprimento de trabalho em casos de molares decíduos com ou sem reabsorção radicular. Foram utilizados 28 dentes decíduos extraídos, com um total de 24 raízes sem reabsorção e 22 com a presença de reabsorção radicular. O comprimento real de cada raiz foi medido utilizando uma lima tipo K até que sua ponta fosse visível no forame apical ou em nível de reabsorção apical e avaliado com microscópio digital, diminuindo 1 mm de distância obtidos. A distância entre a ponta da lima até a base do tope de borracha foi medido

e comparado com aqueles obtidos a partir da medição com o localizador. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os comprimentos obtidos pelo método eletrônico e os comprimentos reais, independentemente da presença ou não de reabsorção.

A tabela 1 representa, resumidamente, os principais trabalhos abordados nessa revisão de literatura.

## DISCUSSÃO

Durante a fase da instrumentação, a odontometria é uma das primeiras etapas, que marca extensão de instrumentação durante o preparo químico-mecânico. Com a determinação precisa desta medida, consequências desagradáveis são evitadas, dentre elas: formação de degraus na parede do canal radicular, sobre instrumentação, obturações inadequadas, perfuração radicular e pós-operatório sintomático<sup>35</sup>

Com o surgimento dos localizadores apicais eletrônicos (LAE) um recurso adicional foi disponibilizado no arsenal endodôntico com vistas à correta determinação da odontometria<sup>36</sup>

Após passarem por duas gerações, as quais tinham limitações, pois apresentavam alterações da precisão das mensurações devido à presença de fluidos, de tecidos pulpare e da necessidade de isolamento do instrumento endodôntico durante o ato da mensuração<sup>11</sup>, estes dispositivos evoluíram ao longo dos anos sendo que o mais aceitável é o princípio da proporção de impedância. Esta impedância atinge o seu maior valor, justamente na área de maior constrição do canal que, na maioria das vezes, coincide com o limite CDC<sup>37</sup>. O aparelho Root ZX, que utiliza o princípio da proporção da impedância, é utilizado amplamente em estudos<sup>16,30,38</sup>. Este aparelho obteve dentre os artigos selecionados acurácia de até 96,7% no intervalo de  $\pm 0,5$ mm da constrição apical<sup>30</sup>.

Ao utilizar o método eletrônico na determinação do comprimento de trabalho, a exposição do paciente à radiação pode ser reduzida em função do menor número de tomadas radiográficas necessárias. Outra vantagem é a diminuição do período e do custo do tratamento endodôntico para o paciente, pela otimização do tempo de trabalho do profissional<sup>36</sup>.

Em relação à influência da condição do tecido pulpar (com vitalidade ou necrótico) na determinação do comprimento do canal radicular com o localizador foraminal eletrônico, Akisue *et al.*<sup>39</sup> (2007) verificaram que o dispositivo mostrou-se eficaz independentemente da condição pulpar. No entanto, deve-se ressaltar que a presença de tecido no canal, ou mesmo de exsudato e outras substâncias podem interferir em alguns princípios de funcionamento dos localizadores foraminais eletrônicos, o que não ocorre com os aparelhos que se baseiam no princípio da proporção da impedância<sup>4</sup>.

A maior parte dos localizadores foraminais da geração atual (terceira e quarta) não é afetada por soluções irrigadoras presentes no interior dos canais radiculares, sendo que o Root ZX tem sido o mais preciso na presença de hipoclorito de sódio<sup>9</sup>. Segundo Jenkins *et al.*<sup>22</sup> (2001), as soluções irrigadoras, independente de qual seja utilizada, não causam interferência nas leituras feitas com os localizadores apicais eletrônicos desde que a solução não esteja em excesso, ou seja, presente até em nível de câmara pulpar. Também foi demonstrado que o uso do soro fisiológico, como solução irrigadora do canal, não altera a pre-

Tabela 1 - Resumo dos principais trabalhos abordados nessa revisão de literatura

Autores	Ano	Proposição	Conclusão
Jenkins et al.	2001	Análise da precisão do Root ZX utilizando diferentes irrigantes	Preciso em diferentes soluções irrigadoras
Fouad e Reid	2000	Comparação do método eletrônico (Root ZX) com o radiográfico em diferentes grupos dentais	O método eletrônico proporcionou maior acurácia, demandando menor número de radiografias, exceto em molares.
Venturi e Breschi	2005	Comparação do método eletrônico (Apex Finder e Root ZX) e radiográfico de odontometria em dentes uni e multirradiculares com e sem vitalidade.	Os localizadores apicais avaliados foram precisos na mensuração em dentes com e sem vitalidade.
Leonardo et al.	2008	Avaliação da acurácia do método eletrônico (Root Zx II e SybronEndo Mini Apex Locator) com método Radiográfico	Método eletrônico foi mais preciso do que o método radiográfico
Briseño-Marroquín et al.	2008	Avaliação da precisão de 4 diferentes localizadores apicais (Justy II®, Raypex 5®, Elements Apex Locator® e Propex II).	Todos os localizadores foram precisos na determinação do comprimento do dente
Angwaravong e Panitvisai	2009	Avaliação da precisão do Root ZX em dentes com reabsorções radiculares	O Root ZX foi preciso em 96,7% dos casos avaliados
Camargo et al.	2009	Influência do alargamento cervical na precisão de 4 localizadores apicais (Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Mini Apex Locator e Apex DSP)	O preparo cervical melhorou a precisão dos localizadores apicais
Ravanshad et al.	2010	Comparação entre método eletrônico de odontometria (Raypex 5) e radiografia convencional	O método eletrônico é mais preciso do que a radiografia convencional
Nelson-Filho et al.	2011	Avaliou a precisão do localizador IPEX em dentes decíduos	O localizador IPEX foi preciso na determinação do comprimento dos dentes
Odabas et al.	2011	Avaliar a precisão do Localizador Root ZX em dentes decíduos	O localizador Root ZX foi preciso na determinação do comprimento dos dentes

cisão dos localizadores apicais<sup>27</sup>. Quanto à utilização dos localizadores foraminais eletrônicos em casos de retratamento, Goldberg *et al.*<sup>40</sup> (2005) encontrou precisão desses aparelhos quando compararam *ex vivo* a acurácia de três localizadores foraminais eletrônicos em determinar o comprimento do canal radicular.

Outro uso importante em relação a todos os localizadores foraminais eletrônicos atuais é a capacidade de detectar perfurações radiculares, pois qualquer conexão entre o canal radicular e os tecidos periodontais será reconhecida pelo aparelho, servindo este como uma excelente ferramenta de diagnóstico nessas circunstâncias<sup>41</sup>.

O uso de localizadores foraminais eletrônicos em dentes decíduos foi inicialmente proposto por Katz *et al.*<sup>42</sup> (1996), relatando a precisão e confiabilidade desses aparelhos na obtenção do comprimento do canal radicular. Ainda, com a utilização desse

método se reduz a exposição do paciente infantil à radiação e o tempo de trabalho, fatores de extrema importância na clínica odontopediátrica<sup>42,43</sup>.

Na literatura, não existe uniformidade de concordância quanto ao diâmetro do instrumento endodôntico que deva ser utilizado nas medições eletrônicas. Os dentes com ápices amplos apresentaram maior dificuldade de obtenção do comprimento de trabalho pelo método eletrônico, demonstrando medidas menores que a realidade<sup>15,44</sup>. Por isso são necessários instrumentos com diâmetro mais próximo possível do diâmetro do forame anatômico. Estudos de McDonald<sup>11</sup> (1992) e Ramos e Bramante<sup>36</sup> (2005), aponta que a utilização de um instrumento compatível com o diâmetro do canal, promove leituras mais precisas na determinação do comprimento do canal radicular.

Em relação ao uso dos localizadores foraminais eletrônicos

em pacientes portadores de marca-passo, o seu uso pode ser indicado com cautela, visto que alguns estudos mostram que não há interferências de alguns localizadores, como o Root ZX (Morita Corp, Irvine, CA), com o marca-passo<sup>45,46</sup>.

## CONCLUSÃO

Com base nesta revisão de literatura pôde-se concluir que os localizadores eletrônicos foraminais constituem-se em um método eficiente e preciso na determinação do comprimento real de trabalho tanto em dentes com e sem vitalidade pulpar. Portanto, esses aparelhos possuem aplicabilidade clínica sendo utilizados em dentes decíduos e permanentes possuindo ainda diversas vantagens como a menor quantidade de radiografias durante o tratamento endodôntico e a diminuição do tempo despendido na determinação do CRT.

## REFERÊNCIAS

- Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. Sep 1997;30(5):297-306.
- Ferreira C, Froner I, Bernardineli N. Utilização de duas técnicas alternativas para localização do forame apical em endodontia: avaliação clínica e radiográfica. *Rev Odonto Univ São Paulo*. 1998;12(3):241-246.
- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *J Endod*. Nov 1967;32(4):723-744.
- Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PM. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*. Aug 2006;39(8):595-609.
- Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. In vitro evaluation of the accuracy of five different electronic apex locators for determining the working length of endodontically retreated teeth. *Aust Endod J*. Apr 2007;33(1):7-12.
- Cluster LE. Exact method of locating the apical foramen. *J. Natl. Dent. Assoc*. 1918;5:815-819.
- SUZUKI K. Experimental study in iontophoresis. *J. Jap. Stomat. Soc*. 1942;16:414-417.
- Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res*. 1962;41:375-387.
- Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J*. Jul 2004;37(7):425-437.
- Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. Feb 1995;79(2):226-231.
- McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am*. Apr 1992;36(2):293-307.
- O'Neill LJ. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. Sep 1974;38(3):469-473.
- Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am*. Jan 2004;48(1):35-54.
- Keller ME, Brown CE, Jr., Newton CW. A clinical evaluation of the Endocater--an electronic apex locator. *J Endod*. Jun 1991;17(6):271-274.
- Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod*. Mar 1994;20(3):111-114.
- ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Lost C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod*. Feb 2009;35(2):179-181.
- Bernardes RA, Duarte MA, Vasconcelos BC, et al. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. Oct 2007;104(4):e91-94.
- Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *J Endod*. Jul 2005;31(7):507-509.
- Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod*. Jun 1998;24(6):438-441.
- Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod*. Nov 1996;22(11):616-618.
- Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod*. Aug 2003;29(8):497-500.
- Jenkins JA, Walker WA, 3rd, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod*. Mar 2001;27(3):209-211.
- Nass C, Ferreira R. Comparação in vivo do método radiográfico e eletrônico, na obtenção do comprimento de trabalho para Endodontia. *Jornal Brasileiro de Endodontia*. 2008;8:72-76.
- Fouad AF, Reid LC. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. *J Endodont*. Jun 2000;26(6):364-367.
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *International Endodontic Journal*. Jan 2005;38(1):36-45.
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. *International Endodontic Journal*. May 2007;40(5):362-373.
- Leonardo MR, Silva LAB, Nelson-Filho P, Silva RAB, Raffaini MSGG. Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. *International Endodontic Journal*. Apr 2008;41(4):317-321.
- Krajczar K, Marada G, Gyulai G, Toth V. Comparison of radiographic and electronic working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. Aug 2008;106(2):e90-93.
- Briseno-Marroquin B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod*. Jun 2008;34(6):698-702.
- Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J*. Feb 2009;42(2):115-121.
- de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, et al. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. *J Endodont*. Sep 2009;35(9):1300-1302.
- 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*. Nov 2010;36(11):1753-1756.
- Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifacio KC, Leonardo MR, Silva RA, Silva LA. Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an ex vivo study. *Int Endod J*. Apr 2011;44(4):303-306.
- Odabas ME, Bodur H, Tulunoglu O, Alacam A. Accuracy of an Electronic Apex Locator: A Clinical Evaluation in Primary Molars with and without Resorption. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2011;35(3):255-258.
- Ferreira C, Froner I, Bernardineli N. Utilização de duas técnicas

- alternativas para localização do forame apical em endodontia: avaliação clínica e radiográfica. *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1998;3:241-246.
36. Ramos C, Bramante C. *Odontometria: fundamentos e técnica*. São Paulo: Editora Santos; 2005.
37. Berger C, Pellisiari C, Kroling A. Avaliação da eficiência de um localizador apical. *Jornal Brasileiro de Endodontia*. 2001;2:253-257.
38. Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA, et al. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *J Endod*. Apr 2007;33(4):476-479.
39. Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JAP. Influence of pulp vitality on length determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. *Oral Surg Oral Med O*. Oct 2007;104(4):E129-E132.
40. Goldberg F, Marroquin BB, Frajlich S, Dreyer C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod*. Sep 2005;31(9):676-678.
41. Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H. Expanded Use of the Electronic Canal Length Measuring Devices. *J Endodont*. 1983;9(8):347-349.
42. Katz A, Mass E, Kaufman AY. Electronic apex locator: a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. *ASDC J Dent Child*. Nov./Dec. 1996;63(6):414-417.
43. Subramaniam P, Konde S, Mandanna DK. An in vitro comparison of root canal measurement in primary teeth. *J Indian Soc Pediatr Prev Dent*. Sep 2005;23(3):124-125.
44. Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device: influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dent Jpn*. 1990;27(1):65-72.
45. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod*. Dec 2002;28(12):831-833.
46. Wilson BL, Broberg C, Baumgartner JC, Harris C, Kron J. Safety of electronic apex locators and pulp testers in patients with implanted cardiac pacemakers or cardioverter/defibrillators. *J Endod*. Sep 2006;32(9):847-852.

## ABSTRACT

An important operatory stage that can determine the success of the endodontic treatment is the correct determination of the real working length. Several studies recommended the use of apex locators due to their effectiveness and benefits when they were used in endodontic therapy. The operating principles of these devices are related to the oral tissues properties when submitted to different electrical components such as resistances,

frequency and impedance. Apex locators can be used in a variety of clinical situations, such as vital or non-vital teeth and retreatment. The aim of this study was to analyze the literature regarding the effectiveness of apex locators in endodontic treatments under different situations and compares their accuracy in determination of the apical foramen location.

**KEY-WORDS:** Endodontics. Root canal Therapy. Odontometry.

## AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Bruno Martini Guimarães  
Faculdade de Odontologia de Bauru – USP  
Al. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 - CEP 17012-901 –  
Bauru - São Paulo – Brasil  
E-mail: brunomgui@usp.br