

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA EM LOCALIZADOR APICAL ELETRÔNICO, MODELO ROOT ZX, QUANDO UTILIZADO EM DENTES COM REABSORÇÃO RADICULAR SIMULADA

Evaluation of the interference effects presented by the Root ZX model of electronic apex locator when used on teeth with simulated root resorption

Rinaldo **MATTAR**¹, Cíntia Cristina **ALMEIDA**²

1 - Mestre, Coordenador da disciplina de Endodontia e da Pós-Graduação lato sensu em Odontologia da Universidade de Uberaba - UNIUBE

2 - Especialista em Endodontia - UNIUBE

Endereço para correspondência:

Prof. Rinaldo Mattar

Av. Santos Dumont, 1170

Uberaba MG

Cep 38060 600

e-mail rinaldo.mattar@uniube.br

RELEVÂNCIA CLÍNICA

O implemento dos localizadores apicais eletrônicos na terapia endodôntica trouxe um ganho considerável na qualidade de trabalho e nos resultados clínicos. Portanto, a investigação sobre os possíveis fatores de interferências, como os processos reabsortivos, na aferição dessas medidas, pode contribuir para o aprimoramento das novas gerações desses aparelhos.

RESUMO

Sabe-se que os localizadores apicais eletrônicos fundamentam-se na emissão de correntes de frequência em KHz que promovem sua localização apical baseada em quociente resultante ou subtração dessas. Frente a reabsorções radiculares apicais, pode haver alteração na leitura dessas medidas, levando ao comprometimento de seus resultados. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência sofrida por esses aparelhos quando utilizados em situações simuladas de reabsorções apicais na obtenção das medidas de odontometria. Para a realização desse estudo in vitro, foram utilizados 40 dentes unirradiculares extraídos (caninos inferiores) com o mesmo padrão de volume na região apical, utilizando-se apenas a sua porção radicular. Inicialmente, cada dente, teve seu comprimento determinado visualmente, com uma lima tipo k no 10 até o aparecimento desta no forame apical, de onde se recuou 1mm, definindo a medida do comprimento de trabalho (CT). A medida foi tomada novamente com a utilização do aparelho localizador Root ZX para o CT. Logo após, foi preparado um desgaste lateral padronizado na região apical a 4mm do ápice. A medida foi tomada novamente com o aparelho, e as mesmas foram registradas e avaliadas estatisticamente. Os resultados mostraram que o Root ZX foi preciso em até 100% dos casos quando consideradas variações de 1mm aquém, e até 0,5mm além da medida pré-determinada para o CT. Por meio desta comparação, constatou-se que o localizador apical foi eficaz, mostrando-se um método confiável. Entretanto, não foi detectada nenhuma variação significativa quando da presença de reabsorções radiculares simuladas.

Palavras-chave: Endodontia, Localizadores apicais eletrônicos, odontometria, reabsorção de dente.

ABSTRACT

Electronic apex locators work by emitting currents with frequencies measured in kHz that make it possible to locate the apex on the basis of resultant quotients or subtraction of them. In cases of root apex resorption, these electrical measurements may undergo changes that compromise their results. Therefore, the aim of this study was to evaluate the interference effects that these devices are subject to, when used in simulated situations of apex resorption to obtain tooth measurements. To carry out this in vitro study, 40 single-root extracted teeth (lower canines), with the same volume pattern in the apex region, were used. Only the root portions were used. Firstly, the length of each tooth was determined visually, using a k-type no. 10 file, until the apical foramen appeared. By stepping back 1 mm from this position, the measurement of working length (WL) was defined. The WL was then measured again using the Root ZX locating device. Following this, a standardized lateral worn area was prepared in the apical region, 4 mm from the apex. The measurement was made again using the device, and these data were recorded and statistically evaluated. The results showed that Root ZX was accurate in up to 100% of the cases when taking into consideration variations from 1 mm less than to 0.5 mm more than the predetermined WL measurement. Through this comparison, it was observed that the apex locator was effective and was thus a reliable method. However, no significant variation was detected regarding the presence of simulated root resorption.

Key words: endodontics, electronic apex locator, odontometry, tooth resorption.

INTRODUÇÃO

Um fator importante para o sucesso da terapia endodôntica está na correta determinação do comprimento de trabalho, ou limite de instrumentação. Pesquisas mostram que o ponto ideal desse limite está na junção cimento-dentinária, também denominada constrição apical, sendo definida como a região de maior estreitamento na porção apical e a que determina a transição do tecido pulpar para o tecido periodontal.

Sabe-se que os aparelhos de localização apical fundamentam-se na detecção da diferença de impedância, que é a capacidade da dentina de impedir a passagem de corrente elétrica, a qual diminui proporcionalmente com a diminuição da espessura de dentina no terço apical. Esses aparelhos trabalham com a emissão de correntes com frequência em KHz e promovem a localização apical baseada em quociente resultante ou subtração dessas até a área de constrição.

O método mais utilizado para realizar a odontometria é o método radiográfico, aliado à sensação tátil, porém, devido à variação da posição da constrição apical em relação ao ápice, nem sempre com esse método se consegue determiná-la com precisão.

Himel¹ (2007) descreveu que na tentativa de aumentar a precisão na determinação da constrição apical, tiveram início, em 1918, com

Custer, estudos para determinar o comprimento de trabalho de canais radiculares por uma corrente elétrica, mas somente em 1942, com Suzuki, esses estudos tiveram uma continuidade, expondo um aparelho que media a resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa oral, registrando uma resistência elétrica de aproximadamente 6,5 KW. Esse trabalho permitiu o desenvolvimento do primeiro localizador apical eletrônico, por Sunada², em 1962, ao determinar que o ligamento periodontal e a mucosa oral apresentaram um valor constante de resistência elétrica^{2,3}.

Na década de 70 e 80, houve um aperfeiçoamento desses aparelhos tipo-resistência; sendo os mais utilizados, nesse caso, o Sono-Explorer e o Neosono. Porém, mesmo com seu aperfeiçoamento, esse tipo de localizador produzia resultados inexatos na presença de umidade ou sangue. Foi então desenvolvido, no fim da década de 80, um localizador tipo impedância, que detecta o valor da maior impedância na constrição apical; entretanto também esse apresentava algumas deficiências³.

Na busca de uma maior precisão, os novos aparelhos de localização apical medem a diferença de impedância entre duas frequências, ou a média de duas impedâncias elétricas.

Esses foram desenvolvidos por Saito e Yamashita⁴ (1990) e Kobayashi e Suda⁵ (1994). Aumentou-se, assim, a precisão desses, principalmente na presença de exudato, sangue ou outro líquido qualquer³.

Porém, apesar da eficiência deles, existem situações em que pode haver alguma interferência; por exemplo, quando há uma reabsorção na região apical o que pode interferir diretamente na determinação da constrição apical, pela alteração desta estrutura, sendo esse um assunto pouco estudado, que necessita de maiores esclarecimentos.

Em reabsorções apicais, com a perda dessas regiões, pode haver alteração na leitura das medidas elétricas. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência de localizadores apicais, quando utilizados em situações clínicas diferentes, como em dentes com reabsorções apicais simuladas, para que se utilize, com mais segurança este recurso na realização da odontometria.

MATERIAL E MÉTODO

Para a realização deste estudo *in vitro*, foram selecionados 40 elementos dentários extraídos (caninos inferiores), com bom acesso ao canal radicular, mantidos por 72 horas, em solução de hipoclorito de sódio a 1%. Esses dentes foram recolhidos no Banco de dentes da policlínica de pós-graduação Professor Ivo Monti e Policlínica de graduação Getúlio Vargas, da Universidade de Uberaba. Na sua preparação os mesmos receberam um corte para eliminar a porção coronária, com broca carbide nº 1557, permanecendo apenas o corpo radicular, com o objetivo de aumentar a precisão na aferição das medidas.

O critério de inclusão dos dentes foi pelo elemento que apresentou um calibre anatômico na região do forâmen apical radicular, correspondente a uma lima tipo k nº 10 e com mesmo padrão de volume radicular externo da região apical, entre 3,5 e 4mm de diâmetro, no sentido vestibulo-lingual, medida com espessímetro Wilcos Stainless, a uma distância de 4mm do ápice.

O critério de exclusão foi de dentes que apresentavam trinca ou quando no preparo das simulações de reabsorções, ocorreu perfuração, levando à comunicação direta com o canal radicular.

Cinco dentes tiveram um preparo da simulação de reabsorção levando a comunicação com o canal e foram utilizados como grupo de controle positivo. Os dentes medidos antes do preparo foram considerados controles negativos.

Inicialmente, cada dente teve seu comprimento determinado visualmente com o auxílio de uma lupa estereoscópica Ken-A-Vision 4424, com objetiva de 40X de aumento. O instrumento endodôntico (lima de calibre 10 do tipo K) foi colocado no canal radicular, até o seu aparecimento no limite final do forame apical. Mantida a lima nessa posição, ajustou-se o cursor de silicone na referência previamente determinada (face vestibular da raiz). A lima, após ser removida do interior do canal radicular, teve a medida verificada em uma régua endodôntica milimetrada e o seu resultado anotado. Dessa medida foi retirado 1mm, buscando a área de maior constrição, definindo assim, a medida do comprimento de trabalho (CT).

A medida foi tomada novamente, com a utilização do aparelho localizador Root ZX, estando a raiz imersa na solução de hipoclorito de sódio a 1%, em razão de essa solução apresentar uma boa condutividade elétrica. Essa raiz foi adaptada em suporte de silicone, que impedia o contato da solução com a borda externa da raiz, solução essa que estava acondicionada em copo plástico, de acordo com a figura 1. Após a aferição, os dados foram registrados.

Em seguida, foi feito um desgaste lateral, localizado a 4 mm do vértice apical, na sua parede vestibular, com broca carbide nº 1557; desgaste esse com profundidade de 1mm (correspondente ao diâmetro exato da parte ativa da broca), simulando a reabsorção nessa parede (figura 2).

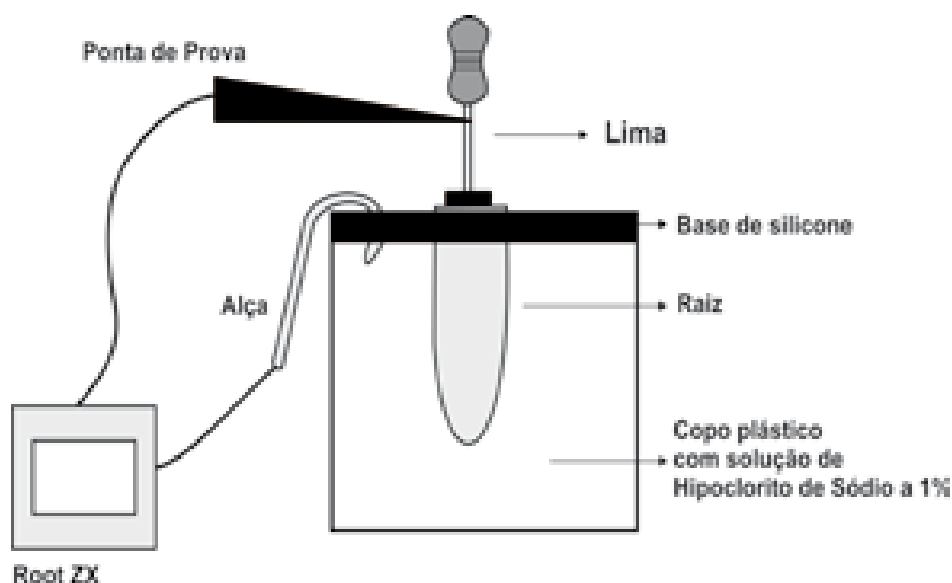


Figura 1 - Forma de adaptação do dente no frasco plástico para simulação das medidas com aparelho Root ZX.

* Localizador apical Root ZX □ (Jota Morita Corporation, Kioto Japão).

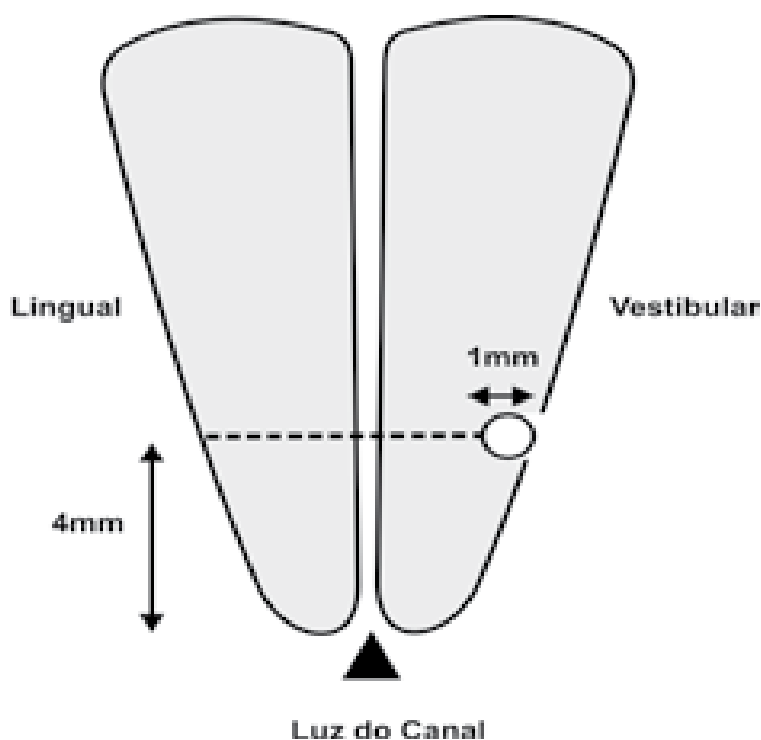


Figura 2 - Simulação da reabsorção radicular com preparo de 1mm de diâmetro na face vestibular a 4mm do ápice radicular.

A medida foi tomada novamente, com o aparelho, estando as raízes novamente submersas, sendo esse resultado também registrado.

A escolha do aparelho localizador apical eletrônico Root ZX^{*} de terceira geração, para ser utilizado no trabalho, deveu-se ao fato de se encontrar, durante a revista da literatura, um grande número de artigos de pesquisa científica, que o credenciavam pelos melhores resultados de aferição; dando, portanto, credibilidade aos resultados dessa investigação.

A partir da tabulação dos dados, uma avaliação estatística foi realizada aplicando-se o método estatístico de hipótese de diagnóstico, para a análise do grau de interferência da reabsorção apical na determinação do comprimento de trabalho pelo aparelho Localizador Apical Eletrônico – LAE.

O projeto desse trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIUBE, em 07.08.2007, sob a referência CAAE nº 0004.0.227.000-07.

RESULTADO

A partir da comparação entre as medidas encontradas pelo LAE Root ZX, antes e após o desgaste na região apical, simulando uma reabsorção radicular, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 1.

A tabela mostra que o Root ZX apresentou medidas coincidentes com o CT, pré-determinado visualmente, em mais da metade dos elementos - 26 dentes (65%). Admitindo-se uma margem de erro de 0,5mm aquém, esse percentual sobe para 35 dentes (85%) e, em cinco desses, a diferença foi de um milímetro aquém, que é também uma diferença aceitável clinicamente, elevando a porcentagem para 97,5%, mostrando, assim, que os resultados se encontravam dentro dos limites, podendo chegar a 100% de acerto considerando a medida de 0,5 mm além, demonstrados pelos relatos dos artigos como variações clínicas aceitáveis. Portanto, nenhuma das aferições com o Root ZX acusou distorções compatíveis em nível de 5%, entre as médias das medidas com ou sem o preparo das reabsorções simuladas a 4mm do

vértice apical.

Os cinco dentes do controle positivo, onde houve comunicação do meio externo com o canal radicular, durante o preparo da cavidade, apresentaram resultados mais discrepantes entre 3 e 4mm do ápice, pois o aparelho foi capaz de sinalizar a comunicação com o meio externo.

Os resultados mostraram que os dentes considerados como grupo negativo de controle, ou seja, medidas aferidas antes do preparo da simulação, mantiveram as suas medidas dentro do parâmetro de normalidade, sem apresentar qualquer interferência.

DISCUSSÃO

Dentre as áreas de pesquisa na Endodontia, a determinação do limite apical de preparo do canal tem gerado muitas controvérsias, pelo grau de dificuldade na sua localização precisa. Apesar de ser adotado pela maioria das escolas ou filosofias que o limite ideal de obturação é a junção cimento-dentinária, denominada também de constrição apical, estudos microscópicos têm demonstrado ser a sua localização bastante variável em relação ao ápice radicular^{6,7,8,39,10,11,12}.

A precisa determinação do comprimento de trabalho dentro desse limite biológico (na junção cimento-dentinária), bem como sua manutenção durante limpeza, sanificação e modelagem do canal radicular, são fatores chave para um tratamento endodôntico com sucesso^{6,7,3,9,13,14,15,16,17,11,12}.

O uso de aparelhos eletrônicos para determinar o comprimento de trabalho (CT) tem ganhado popularidade nos últimos anos, principalmente após o desenvolvimento de aparelhos tipo frequência-dependente, aumentando-se a precisão desses aparelhos mesmo na presença de exudato ou fluidos no interior do canal radicular^{18,19,3,20,21,9,14,22,10,23,11,12}.

Vários trabalhos têm mostrado a precisão de LAE, como o Root ZX, em localizar o forame. Welk *et al.*¹² (2003) compararam a precisão do Root ZX e Endo Analyzer e concluíram que este último teve leituras significativamente mais distantes do

menor diâmetro que o Root ZX, tendo este uma precisão de 90.7%.

Weiger *et al.*²⁴ (1999) mostraram, em seu trabalho, que, mesmo na presença de fluidos, o Root ZX foi eficaz; o que não se confirmou com o Apit, apresentando falhas na presença de fluidos. Meares e Steiman²⁵ (2002) e Tinaz *et al.*¹⁶ (2002) estão de acordo com esses resultados, concordando que o Root ZX foi eficaz mesmo na presença de fluidos, não sendo afetado por nenhuma concentração de NaOCl. Já Fouad e Krell¹⁸ (1989), comparando cinco aparelhos, observaram que, dependendo da condutividade elétrica do fluido, este pode interferir na leitura feita pelos LAE, estando de acordo com Vassoler *et al.*²⁶(2004), que, ao avaliarem a eficiência do Root ZX em determinar o comprimento do canal radicular, concluíram que o Root é eficaz na localização da região próxima ao ápice, não dispensando o uso da radiografia. Obtiveram uma precisão de 92,3% para biopulpectomia e 81,25% em necropulpectomia, admitida uma margem de erro de 0,5mm.

Oishi *et al.*²² (2002) também confirmam os resultados apresentados anteriormente e concluíram que o Root ZX não é apenas eficaz em detectar o forame apical, mas também útil em detectar a constrição apical. Kim e Lee³ (2004) estão de acordo com esses resultados e registraram, em estudo de revisão de literatura, uma concordância dos trabalhos em apontar localizadores tipo frequência-dependente, tendo alta precisão em localizar o forame apical, mesmo na presença de fluidos no interior do canal radicular.¹⁷ Vajrabhaya e Tepmongkol (1997) também concordam com a eficiência do Root ZX em localizar o forame apical.

Já Hoer e Attin⁸ (2004) demonstraram que, apesar de poder ser usado localizador tipo impedância (Justy e Endy 5000) para localizar a região próxima ao forame apical, o uso desse aparelho não resulta em uma determinação precisa da constrição apical. Em contrapartida, Martín *et al.*²⁰ (2004), comparando o Root ZX, Justy e Neosono, não encontraram diferenças significativas entre os três aparelhos e concluíram que os LAE são

eficazes para localizar o forame apical.

Em algumas situações, como inflamações crônicas do tecido apical, periodontal, traumatismos dentários, pode haver o desencadeamento de um processo de reabsorção da região apical; o que dificulta a determinação do comprimento de trabalho, se a constrição apical estiver alterada, estando tanto o método radiográfico quanto o método eletrônico limitados para estimar o comprimento de trabalho ideal^{27,7,26,12}. Porém, de acordo com Kim e Lee³ (2004); Mayeda *et al.*²¹ (1993); e Pommer, Stamm e Attin¹⁰ (2002), os LAE não sofrem interferência, durante sua utilização clínica pelo estado pulpar, ou seja polpa vital ou necrosada.

Mayeda *et al.*²¹ (1993) avaliaram a precisão do LAE utilizado em polpa viva e necrosada, encontraram variações pequenas, sem diferença estatística significativa, entre as medidas de canais vivos e necrosados, mesmo concordando, que, em casos de necrose pulpar, pode haver a possibilidade de se instalar uma reabsorção inflamatória ou, em lesão apical, perder-se o tecido periapical adjacente.

Quando a porção apical é destruída por uma reabsorção, há uma maior dificuldade em determinar o CT pelo método radiográfico, como constataram Frank e Torabinejad²⁷ (1993), que, apesar de concluírem que o Endex foi eficaz em medir o comprimento de canais radiculares em ambiente úmido, observaram ainda que nove entre dez operadores tiveram alguma dificuldade de utilizar esse aparelho quando havia reabsorção apical o que também foi descrito por^{6,7} Elayouti, Weiger e Löst, (2002) e Goldberg *et al.* (2002). Contudo, neste trabalho, que buscou avaliar as possíveis interferências de reabsorção externa lateral e não apical, os resultados das leituras realizadas com o Root ZX mostram uma precisão de 52,5%, 75% e 100% para CPC, 0,5mm e 1mm de diferença respectivamente; o que confere com os resultados de Goldberg *et al.*⁷ (2002), que encontraram, em um trabalho de simulação de reabsorção apical, resultados de 62,7%, 94% e 100% em 0,5mm, 1mm e 1,5mm de diferença

respectivamente.

Kim e Lee³ (2004) também registraram uma concordância com a maioria dos trabalhos citados, afirmando que reabsorções de origem inflamatórias ou não, não interferiram na leitura das medidas feitas pelos LAE. Shabahang *et al.*²³ (1996) também afirmaram que o Root ZX podia localizar o forame apical mesmo em dentes com reabsorção radicular.

Amargem de tolerância de erro, determinada em 1mm, foi sugerida por Goldberg *et al.*⁷ (2002) e Shabahang *et al.*²³ (1996), ao avaliarem a precisão do Root ZX, concluindo que erros de até 1mm são aceitáveis como uma margem de tolerância para a utilização clínica do aparelho, ficando, dentro dessa média, em 96,2%. Essa margem de tolerância de 0,5 a 1mm como aceitável clinicamente é também compartilhada com outros autores^{20,25,26,11,24}.

Durante a realização deste trabalho, encontraram-se em cinco dentes (controle positivo), medidas discrepantes de 2 a 4mm de diferença, comparando-se as medidas antes e depois da simulação da reabsorção com o LAE Root ZX. Ao se analisarem esses elementos, foi observada uma comunicação com o canal radicular onde foi feito o desgaste. Pode-se concluir que há uma interferência maior apenas quando a reabsorção comunicou-se ao canal radicular e que esse aparelho pode ser útil em levantar hipóteses de diagnóstico, ao suspeitar-se de que, em medidas muito discrepantes, pode haver alguma interferência no canal; por exemplo, uma perfuração ou reabsorção externa, comunicando internamente com o canal, estando de acordo com Nguyen *et al.*¹⁴ (1996), que afirmam serem os LAE úteis nesse diagnóstico, podendo ser utilizados em dentes com apicectomia ou reabsorções apicais extensas.

De acordo com Goldberg *et al.*⁷ (2002), em dentes com ápice maduro ou que apresentem reabsorção apical, há um estreitamento do canal radicular, decorrente de uma maior deposição de dentina reparadora, tornando possível um maior ajustamento da lima nessa região, permitindo assim o máximo de contato com a dentina e conseqüentemente uma leitura eletrônica precisa.

Já Frank e Torabinejad²⁷ (1993) verificaram que há uma ineficiência de LAE em determinar o CT em dentes com ápice aberto e que o calibre da lima não interfere nas leituras feitas pelos aparelhos de localização apical.

Comparando-se os artigos citados e os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que, apesar de uma diferença na análise estatística ter sido observada, essa não foi significativa ao nível de 5%. Essas pequenas variações não interferem no resultado das leituras aferidas pelo LAE, de forma a comprometer sua eficiência durante a aplicação clínica, sendo de fácil ajuste no curso do tratamento.

A partir dos resultados dos trabalhos avaliados, fica clara a comprovação da eficiência dos aparelhos de localização apical, mesmo em situações em que há uma alteração na anatomia da região apical lateral. Apesar dos resultados comprovarem essa eficiência, há um consenso, entre a maioria dos autores, de que os LAE não suprem a necessidade da realização da radiografia para uma precisa determinação do comprimento de trabalho, além da visualização da anatomia e morfologia do canal radicular, sendo o ideal a combinação dos dois métodos^{6,28,19,27,3,8,9,14,17,2611}.

CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos, concluiu-se que: o localizador apical Root ZX não detectou nenhuma variação significativa em nível de 5%, quando da presença de reabsorções laterais simuladas.

Na maioria das vezes, as medidas foram coincidentes com o determinado para o CT, e as variações de medidas foram aceitáveis do ponto de vista clínico (de 0,5mm a 1mm), confirmando a sua confiabilidade na aplicação clínica.

Nos casos em que o aparelho acusou uma maior discrepância de medidas, (controle positivo) foi detectada a presença de comunicação com o canal radicular. Portanto, confirmou-se a sua grande utilidade clínica na identificação ou no levantamento de suspeita da existência de canal lateral de maior calibre, trinca, perfuração ou reabsorção externamente comunicante.

Embora a tecnologia dos LAE tenha trazido ugrande auxílio para o tratamento endodôntico, deve-se estimular, por meio do questionamento das pesquisas, o desenvolvimento de novas gerações de aparelhos que permitam a detecção de pequenas variações anatômicas ou patológicas na espessura das paredes radiculares, ainda não detectadas por essa geração de LAE utilizada na investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Himel VT, McSpaden JT, Goodis HE. Instrumentos, Materiais e Aparelhos. In: Cohen S, Hargreaves KM. Caminhos da polpa. Rio de Janeiro: Elsevier; 2007. p. 233-89.
- Sunada I. New method for measuring the length of the root canals. J Dent Res. 1962; 41 (2): 375-87.
- Kim E, Lee SJ, Electronic apex locator. Dent Clin. 2004; 48: 35-54.
- Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal. Dent Jpn. 1990; 27 (1): 65-72.
- Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod. 1994; 20 (3): 111-4.
- Elayouti A, Weiger R, Löst C, The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod. 2002; 28 (2): 116-19.
- Goldberg F, De Silvio AC, Manfré S, Nastri N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. J Endod. 2002; 28 (6): 461-63.
- Hoer D, Attin T, The accuracy of electronic working length determination. Int Endod J. 2004; 37: 125-31.
- McDonald NJ. The electronic determination of working length. Dent Clin. 1992; 36 (2): 293-307.
- Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. J Endod. 2002; 28 (2): 83-85.
- Versiani MA, Bertini LFC, Sousa CJA. DE. O paradigma do limite apical de instrumentação. J Bras Endod. 2004; 5 (16): 20-30.
- Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. J Endod. 2003; 29 (8): 497-500.
- Meredith N, Gulabivala K. Electrical impedance measurements of root canal length. Endod Dent Traumatol. 1997; 13 (3): 126-31.
- Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. Int Endod J. 1996; 29: 359-64.
- Steffen H, Splieth CH, Behr K. Comparison of measurements obtained with hand files or the canal leader attached to electronic apex locators: an in vitro study. Int Endod J. 1999; 32: 103-07.
- Tinaz AC, Sevimli LS, Gorgul G, Turkoz EG. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. J Endod. 2002; 28 (3): 160-62.
- Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. Endod Dent Traumatol. 1997; 13 (9): 180-82.
- Fouad AF, Krell KV, An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. J Endod. 1989; 15 (12): 573-77.
- Fouad AF, Reid LC, Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. J Endod. 2000; 26 (6): 364-67.
- Martín CL, Gijón VR, Luque CMF, Rodrigues de Mondelo JMN. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locator. J Endod. 2004; 30 (4): 231-33.

21. Mayeda DI. *et al.* In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the endex apex locator. J Endod. 1993; 19 (11): 545-48.
22. Oishi A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Electronic detection of root canal constrictions. J Endod. 2002; 28 (5): 361-64.
23. Shabahang S, Goon WWY, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. J Endod. 1996; 22 (11): 616-18.
24. Weiger R, John C, Geigle HZ, Löst C. An in vitro comparison of two modern apex locators. J Endod. 1999; 25 (11): 765-68.
25. Meares W A, Steiman H R. The influence of sodium hypochlorite irrigatin on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. J Endod. 2002; 28 (8): 595-98.
26. Vassoler MCAC, *et al.* Análise da eficácia do Root ZX em determinar o comprimento do conduto radicular em diferentes situações clínicas. J Bras Endod. 2004; 5 (18): 207-11.
27. Frank AL, Torabinejad M, An in vivo evaluation of endex electronic apex locator. J Endod. 1993; 19 (4):177-79.
28. Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koorbusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endod. 1990; 16 (9): 446-49.