

4종 전자근관장측정기의 정확성과 일관성에 관한 *in vitro* 연구

조재현¹ · 금기연² · 이승종^{1*}

¹연세대학교 치과대학 보존학교실, ¹구강과학연구소 ²서울대학교 치의학 대학원 보존학교실, ²치의학연구소

ABSTRACT

IN VITRO EVALUATION OF ACCURACY AND CONSISTENCY OF FOUR DIFFERENT ELECTRONIC APEX LOCATORS

Jae-Hyun Cho¹, Kee-Yeon Kum², Seung-Jong Lee^{1*}

^{1,2}Department of Conservative Dentistry, ¹Oral Science Research Center, ²Dental Research Institute, ¹Yonsei University and ²Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the accuracy and the consistency of four different electronic apex locators in an *in vitro* model.

Fourty extracted premolars were used for the study. Four electronic apex locators (EAL) were Root ZX, SmarPex, Elements Diagnostic Unit (EDU), and E-Magic Finder Deluxe (EMF). After access preparation, the teeth were embedded in an alginate model and the length measurements were carried out at "0.5" and "Apex" mark using four EALs. The file was cemented at the location of the manufacturers' instruction (Root ZX, EDU, EMF: 0.5 mark, SmarPex: Apex mark). The apical 4mm of the apex was exposed and the distance from the file tip to the major foramen was measured by Image ProPlus ($\times 100$). The distance from the file tip to the major foramen was calculated at 0.5 and Apex mark and the consistency of 0.5 and Apex mark was compared by SD and Quartile of Box plots.

In this study, Root ZX and EMF located the apical constriction accurately within ± 0.5 mm in 100%, whereas SmarPex and EDU located in 90% and in 70% respectively. For Root ZX and EMF, there was no significant difference between the consistency of 0.5 and Apex mark. However, for the EDU and SmarPex, Apex mark was more consistent than 0.5 mark.

From the evaluation of the consistency in this study, for Root ZX and EMF, both 0.5 and Apex mark can be used as a standard mark. And for EDU and SmarPex, the Apex mark can be recommended to be used as a standard mark. [J Kor Acad Cons Dent 31(5):390-397, 2006]

Key words: Electronic apex locator, Consistency, Accuracy, Alginate model, Major foramen, Apical constriction

- Received 2006.7.21., revised 2006.8.15., accepted 2006.9.8.

* Corresponding Author: **Seung-Jong Lee**

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Yonsei University
134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-8700 Fax: 82-2-313-7575
E-mail: sjlee@yumc.yonsei.ac.kr

I. 서 론

성공적인 근관치료를 위해서는 근관 내의 괴사된 치수잔사 및 세균을 제거하고 근관을 삼차원적으로 밀폐하는 것이 중요하며 이를 위해 무엇보다 정확한 근관장의 설정이 우선되어야 한다. 일찍이 Grove¹⁾는 근관이 충전되어야 하는 적절

한 지점으로 상아백악질 경계점을 언급하였으며, Ricucci와 Langeland²⁾는 근관 내의 가장 좁은 부위인 근관협착부에서 가장 적절한 창상치유가 일어날 수 있다고 보고 이 부위를 근관세정 및 충전의 종결점으로 해야 한다고 말하였다.

이러한 정확한 근관장 설정을 위한 한 방법으로 Suzuki³⁾는 구강점막과 근관 내에 삽입된 기구 사이의 전기저항이 일정한 값을 가지므로 이를 통해 근관장을 측정할 수 있다는 이론을 제시하였다. 이러한 이론을 바탕으로 Sunada⁴⁾는 구강점막과 치주조직 사이의 전기저항이 사람의 연령, 치아의 모양이나 근관의 직경과 상관없이 6.0 k Ω 로 일정한 것을 밝혀내어 이를 근간으로 전자근관장측정기를 개발하였다. 하지만 저항값을 이용한 전자근관장측정기는 출혈이나 근관내의 전해질 용액에 의해 짧게 측정되는 단점이 있었다.

이에 근관 내에 전해질 용액이 존재하는 경우에도 정확한 근관장 측정이 가능한 전자근관장측정기를 개발하기 위한 노력이 계속되었다^{5,6)}. 그중 Endex (Osada Electric Co., Japan)는 5 kHz와 1 kHz의 두 개의 주파수간의 impedance 차이를 이용하여 근관장을 측정한 기기이다. 이는 근점협착부에서 가장 큰 impedance 차이를 보인다는 원리를 이용한 것으로서, Frank와 Torabinejad⁷⁾에 의하면 Endex는 습한 근관 내에서 사용하였을 때 89.64%에서 근관협착부의 ± 0.5 mm 범위 내에 존재하는 정확성을 보였다. 하지만 이는 사용 시에 근관마다 매번 근관 내 용액의 impedance에 따른 보정을 해야 하는 번거로움이 있었다.

이에 1991년 Kobayashi 등⁸⁻¹⁰⁾은 두 개의 서로 다른 주파수로 근관 내의 impedance를 동시에 측정했을 때 두 개의 impedance간의 비율은 근관 내의 전해질 용액에 관계없이 항상 일정한 값으로 가지게 되므로, impedance간의 비율을 이용하여 여러 전해질 용액 하에서도 정확한 측정이 가능하다는 것을 실험적으로 증명하여 발표하였다. 이에 따르면 근관벽의 정전용량 (electronic capacitance)은 근단공보다 매우 낮으므로 file 끝이 근점협착부에 가까워질수록 두 개의 impedance간의 비율이 크게 감소하므로 이를 근관 내 file의 위치를 나타내는데 사용할 수 있다. 이러한 원리 하에 0.4 kHz와 8 kHz의 두 개의 주파수의 impedance의 비율에 의해 근관 내 file의 위치를 나타도록 개발된 Root ZX (J. Morita Corp., Tokyo, Japan)는 여러 연구에서 그 정확성이 입증된 바 있다¹¹⁻¹⁵⁾.

또 다른 전자근관장측정기인 Elements Diagnostic Unit (SybronEndo, CA, USA)은 0.5 kHz와 4 kHz의 두 개의 주파수를 사용하였으며, impedance가 아닌 저항값과 정전용량을 측정하여 별도의 수학적 계산 없이 근관 내 file 끝의 위치를 알아낼 수 있도록 하였다. 그리고 국내에서 개발된 SmarPex (META Corp., Seoul, Korea)는 용액의 전도성에 따라 달라지는 두 신호의 전압 차이를 자동 보정하여

정확성의 향상을 기한 기기이다. Lee 등¹⁶⁾에 의하면 SmarPex를 사용하여 근관장 측정 후 file을 고정하여 상아백악질경계와의 거리를 관찰한 결과 92%에서 ± 0.5 mm이 내의 범위에 있는 임상결과를 보였다. 또한 이번 연구에 사용된 다른 국산제품인 E-Magic Finder Deluxe (S-Denti, Seoul, Korea)는 0.5 kHz와 5 kHz의 주파수를 이용한 주파수 의존형 전자근관장측정기이다.

그동안 대부분 전자근관장측정기의 *in vivo* 및 *in vitro* 실험은 측정치가 임상적 허용치인 치근단공의 ± 0.5 mm이 내의 범위에 들어가는 백분율을 구하여 정확성을 평가하는 방법을 사용하였다. Shabahang 등¹¹⁾은 근관이 항상 근관협착부에서 끝나는 것이 아니라 백악질이 침착되어 근단공을 형성하므로 치근단공의 ± 0.5 mm이내의 범위를 임상적 허용치로 말한 바 있다. 하지만 전자근관장측정기는 이러한 정확성 뿐만 아니라 근관 내의 조건에 관계없이 근단공에서 항상 일정한 거리를 재현해 낼 수 있는 일관성 (consistency)이 중요하다. 이러한 일관성이 증명된다면 실제 임상에서 전자근관장측정기를 사용하여 얻은 근관장에서 일정한 거리를 가감하여 사용할 수 있게 된다. 또한 대부분의 전자근관장측정기가 0.5지점을 가리킬 때를 기준으로 근관장을 측정하도록 되어 있지만, 실제로 기기가 주근단공 부위인 Apex지점이 아닌 근관협착부인 0.5지점을 더 일관성 있게 찾아내는지 평가해 볼 필요가 있다.

따라서 본 연구는 alginate model상에서 서로 다른 4개의 전자근관장측정기를 사용하여 얻은 측정치의 정확성을 평가하고 각 기기가 0.5지점과 Apex지점 중 어느 지점에서 더 일관성을 보이는지를 비교하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 연구대상

40개의 발치된 건전한 상악 또는 하악 제1, 2소구치를 대상으로 하였다. 발치된 치아는 실험기간동안 생리식염수에 보관하였다.

2. 연구방법

먼저 치아의 치수강을 개방한 후 교합면을 치아의 장축에 직각으로 삭제하고 근관에 #10 K-file을 삽입하여 근단공 개방을 확인한 후, Gates-Glidden drill 2, 3번을 사용하여 치관부 근관형성을 시행하였으며 식염수로 근관을 세척하였다. Kaufman 등¹⁷⁾이 제시한 alginate model (Figure 1)에 치아를 고정시키고 치수강 내 여분의 수분만을 제거하고 더 이상 근관을 건조시키지는 않았다. 한번 혼합한 alginate model에서의 근관장 측정은 5분 이내로 하였다.

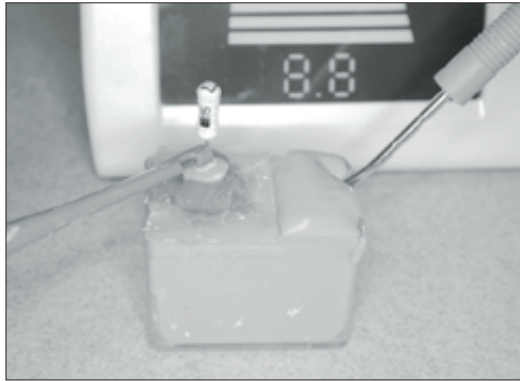
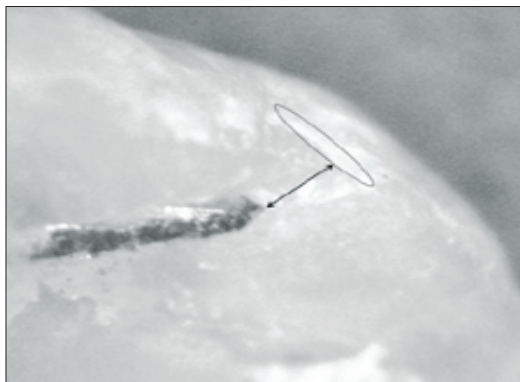


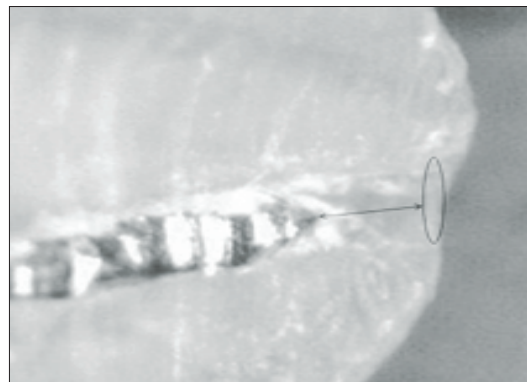
Figure 1. Alginate model.



Figure 2. Length measurement with Digital caliper.



A. Funnel type foramen



B. Parallel type foramen

Figure 3. Distance measurement between the file tip and major foramen by Image ProPlus.

사용된 4가지 전자근관장측정기는 Root ZX (Morita, Tokyo, Japan), SmarPex (META, Seoul, Korea), Elements Diagnostic Unit (EDU, SybronEndo, CA, USA), E-Magic Finder Deluxe (EMF, S-Denti, Seoul, Korea)이다.

(1) 4개의 전자근관장측정기를 이용한 0.5지점과 Apex 지점에서의 길이 측정

40개의 치아를 10개씩 각각의 전자근관장측정기로 고정시킬 4개의 그룹으로 나누었다. 먼저 모든 치아에서 4개의 전자근관장측정기로 “0.5”지점 및 “Apex”지점에서의 근관장을 측정하여 한 치아당 8개의 측정치를 얻었다. 이는 전자근관장측정기를 alginate model에 연결하고 file을 근관내로 전진하여 0.5지점 및 Apex지점에서 각각 file의 rubber stop을 교합면에 고정한 후, 현미경 하에서 digital caliper (Mitutoyo Corp., Japan)를 사용하여 rubber

stop까지의 file 길이를 2번씩 측정하는 방법을 사용하였다 (Figure 2). 이때 file은 근관장만큼 들어가는 가장 큰 직경의 file을 선택하였으며 대부분이 #15과 #25사이 크기였다.

(2) File 고정 후 주근단공과 file 끝 사이의 실제거리 측정

각각의 그룹에 해당하는 전자근관장측정기를 사용하여 file을 Light curing glass ionomer cement로 치아에 고정시켰다. 고정시키는 위치는 각각의 제조사에서 지시한 근관장 측정 방법대로 Root ZX, EDU 및 EMF는 “0.5”지점으로, SmarPex는 “Apex”지점으로 하였다. 이때 cement가 광중합되는 동안 전자근관장측정기가 원하는 지점을 가리키는 지 확인하였다.

이후 치아의 주근단공과 고정시킨 file의 끝 사이의 거리를 측정하기 위해, 치아의 근단공 부위를 염색한 후 치근단부 4 mm를 10배율의 현미경 (Carl Zeiss OPMI Pico,

Oberkochen, Germany)하에서 치근의 장축 방향으로 diamond bur를 사용하여 file 끝이 어느 정도 노출될 때까지 삭제하였다. 그리고 15번 scalpel blade로 근단부의 남아있는 치질을 조심스럽게 제거하여 file 끝을 완전히 노출시켰다. 이를 100배율의 Image ProPlus (Media Cybernetics Inc., Silver Spring, MD, USA)를 사용하여 file 끝에서 주근단공의 외연까지의 실제거리를 측정하였다 (Figure 3).

이렇게 file 고정 후 주근단공까지의 실제거리를 측정한 값과 0.5지점과 Apex지점에서 전자근관장을 측정한 값을 서로 비교하여, 각각 4개의 전자근관장측정기의 0.5지점 및 Apex지점에서 file 끝과 주근단공 사이의 거리를 계산하였다.

이후 각 전자근관장측정기의 정확성 평가를 위해 file 끝이 주근단공의 ± 0.5 mm 범위 내에 있는 백분율을 구하고, 0.5지점과 Apex지점의 일관성을 비교하기 위해 두 지점에서 근관장의 표준편차와 사분위 범위를 구하였다.

Ⅲ. 결 과

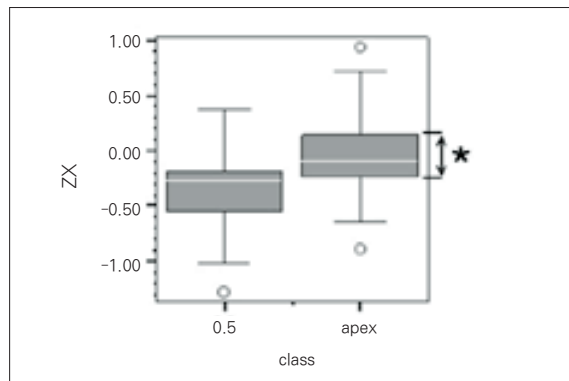
Table 1은 각 전자근관장측정기를 사용하여 제조사에서 지시한 근관장 측정 기준점에서 file을 고정시킨 후 Image ProPlus를 사용하여 주근단공에서 file 끝까지의 실제거리를 관찰하여 측정한 값이다. (-) 값은 주근단공보다 file 끝이 더 짧은 경우를 의미하며, (+) 값은 주근단공보다 file 끝이 더 긴 경우를 의미한다. 40개 치아 모두에서 file 끝이

Table 1. Distance between the file tip and the major foramen measured by Image ProPlus (mm)

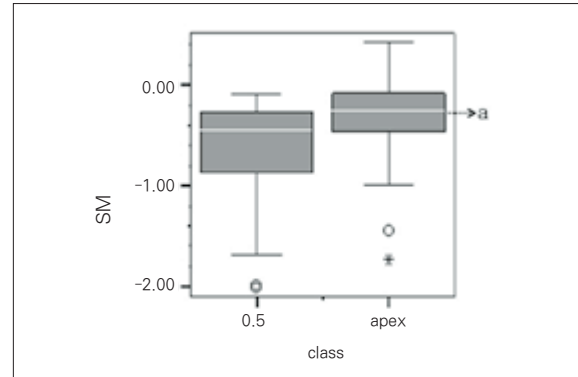
Tooth number	Root ZX [®]	SmarPex [®]	Elements Diagnostic Unit [®]	E-Magic Finder [®]
1	-0.17	-0.27	-0.23	-0.21
2	-0.10	-0.21	-0.22	-0.52
3	-0.23	-0.31	-0.32	-0.24
4	-0.19	-0.12	-1.27	-0.42
5	-0.47	-0.18	-1.25	-0.18
6	-0.20	-0.38	-0.26	-0.27
7	-0.33	-0.41	-0.37	-0.30
8	-0.22	-0.16	-1.16	-0.13
9	-0.24	-0.78	-0.42	-0.40
10	-0.28	0	-0.78	-0.43
Mean	-0.24	-0.28	-0.65	-0.28
SD	0.10	0.21	0.49	0.12
Range	0.37	0.78	1.31	0.39

Table 2. Distance between the file tip and the major foramen at 0.5 and Apex mark (mm)

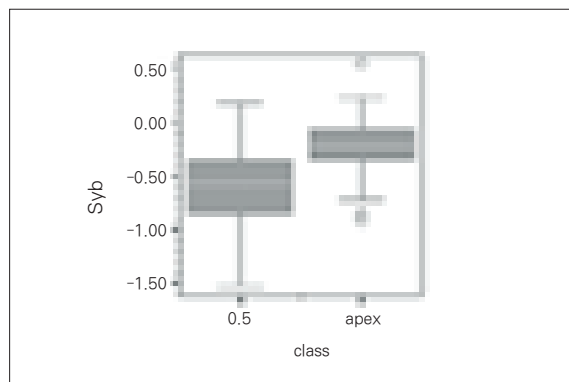
	Mean	Mid-point	SD	Range	Quartile
Root ZX [®] (0.5 mark)	-0.33	-0.27	0.34	1.66	0.37
Root ZX [®] (Apex mark)	-0.06	-0.09	0.34	1.82	0.38
SmarPex [®] (0.5 mark)	-0.64	-0.45	0.52	1.92	0.59
SmarPex [®] (Apex mark)	-0.31	-0.25	0.42	2.15	0.39
Diagnostic Unit [®] (0.5 mark)	-0.62	-0.56	0.36	1.71	0.49
Diagnostic Unit [®] (Apex mark)	-0.22	-0.23	0.29	1.45	0.29
E-Magic Finder [®] (0.5 mark)	-0.27	-0.24	0.28	1.31	0.32
E-Magic Finder [®] (Apex mark)	+0.03	+0.03	0.27	1.42	0.34



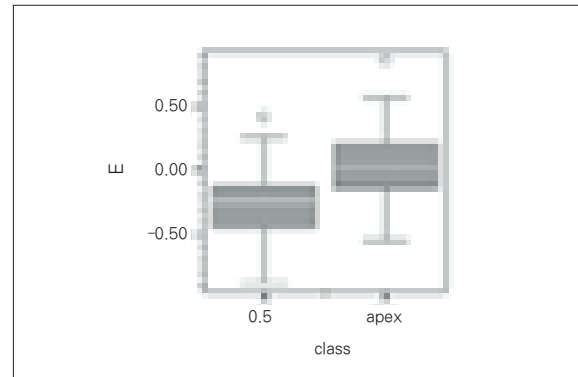
A. Root ZX
* : Quartile



B. SmarPex
a : Mid-point



C. Elements Diagnostic Unit



D. E-Magic Finder

Figure 4. Box plots : Distance between the file tip and the major foramen at 0.5 and Apex mark (Quartile: the value of 75%-the value of 25%, The mark in which Quartile is smaller is more consistent).

주근단공보다 짧게 위치하는 것으로 관찰되었다. 각 기기의 평균은 Root ZX는 -0.24 mm, SmarPex는 -0.28 mm, EDU는 -0.65 mm, EMF는 -0.28 mm를 나타내었다. Root ZX와 EMF는 실험군 100%, SmarPex는 90%, EDU는 70%에서 file 끝과 주근단공 사이의 거리가 임상적 허용범위인 ± 0.5 mm내에 있었다.

Table 2는 4개 전자근관장측정기의 0.5지점 및 Apex지점에서 주근단공과 file 끝 사이의 거리를 계산하여 평균 및 표준편차를 구한 것이다. 이를 Box plots (Figure 4)으로 나타냈을 때 box의 상단은 측정치의 25%값, 하단은 75%값을 나타내며 사분위 범위 (Quartile)는 두 값의 차이와 같다. 표준편차와 사분위 범위가 작을수록 측정치의 일관성이 더 높다고 할 수 있다.

IV. 고 찰

이번 연구는 두 가지 방향으로 진행되었는데, 먼저 4개의 전자근관장측정기를 각각 제조사의 지침에 따라 사용 후 주근단공에서 file 끝까지의 실제거리를 측정된 값을 토대로 정확성을 평가하였으며, 각 기기마다 0.5지점과 Apex지점에서 file 끝과 주근단공사이의 거리 차이를 계산한 값의 표준편차 및 사분위 범위를 구하여 어느 지점에서 더 일관성을 보이는지를 비교하였다.

먼저 주근단공에서 file 끝까지의 실제거리를 측정된 실험에서 각 기기의 평균은 Root ZX는 -0.24 mm, SmarPex는 -0.28 mm, Elements Diagnostic Unit는 -0.65 mm, E-Magic Finder는 -0.28 mm를 나타내었다. 주근단공과 근점

협착부 간의 거리에 대해 Kuttler¹⁸⁾는 평균 0.59 mm, Dummer 등¹⁹⁾은 평균 0.51 mm를 보인다고 보고한 바 있다. 따라서 주근단공과 근침협착부 사이의 거리를 대략 0.5 mm로 보았을 때, Root ZX의 0.5지점에서 산출된 근관장이 주근단공에서 평균 0.24 mm 짧게 나왔으므로 근침협착부에서는 평균 0.26 mm정도 길다고 할 수 있다. 마찬가지로 SmarPex, Elements Diagnostic Unit 및 E-Magic Finder를 제조사의 지침대로 사용한 후 근관협착부에서 file 끝까지의 평균거리를 계산하였을 때, 각각 +0.22 mm, -0.15 mm, +0.22 mm를 보여 모두 임상적 허용치인 ± 0.5 mm 내에 있었다. 하지만 Root ZX와 E-Magic Finder는 각각 10개씩의 실험군 100%에서, SmarPex는 90%에서 근관협착부와와의 거리가 ± 0.5 mm의 범위 안에 있었던 반면, Elements Diagnostic Unit는 30%에서 ± 0.5 mm의 범위에서 벗어난 결과를 보였으며 표준편차도 0.49로 다소 높은 값을 보였다. 이렇게 제조사의 지침대로 사용하였을 때 Root ZX, SmarPex 및 E-Magic Finder는 근관협착부에서 0.2 mm - 0.3 mm정도의 길이가 길게 나왔으므로, 실제 임상에서 사용할 때 측정된 근관장에서 이 정도 길이를 감해서 사용할 것을 추천할 수 있다. 반면 Elements Diagnostic Unit로 측정된 근관장은 근침협착부에서 0.2 mm 정도 짧게 나왔으므로 이 정도 길이를 더해서 실제 근관장으로 사용할 수 있다.

다음으로 각 전자근관장측정기에서 0.5지점과 Apex지점의 일관성을 비교하기 위해 두 지점에서 표준편차와 사분위 범위를 구한 결과를 살펴보았다. Root ZX는 0.5지점 및 Apex지점에서 표준편차가 0.34로 같은 값을 보였고 사분위 범위 역시 각각 0.37 mm과 0.38 mm으로 비슷한 값을 보였으므로, 0.5지점과 Apex지점에서 이 기기의 일관성은 비슷하다고 할 수 있다. 또한 E-Magic Finder도 0.5지점과 Apex지점에서 표준편차와 사분위 범위가 비슷한 값을 보였으므로 두 지점의 일관성은 비슷하다고 할 수 있다. SmarPex는 Apex지점에서 표준편차와 사분위 범위가 0.5 지점보다 적은 값이 나왔으므로 제조사의 지침대로 Apex지점을 근관장 측정의 기준점으로 삼는 것은 타당하다고 할 수 있다.

이와 달리 Elements Diagnostic Unit는 제조사에서 0.5 지점을 근관장 측정의 기준점으로 할 것을 권장하였지만 이번 결과에서 0.5지점보다 Apex지점에서의 표준편차 및 사분위 범위가 더 작은 값을 보였으므로 Apex지점을 기준점으로 삼는 것이 바람직하다고 판단된다. 실제로 이 기기를 사용하여 실험시 file의 미세한 움직임에도 indicator bar가 민감하게 움직여 0.5지점에서는 안정된 신호를 얻기가 힘들었다. 이렇게 Elements Diagnostic Unit에서 이번 연구 결과에서 더 높은 일관성을 보인 Apex지점을 기준점으로 했을 때, 주근단공까지의 평균거리가 -0.22 mm을 보였으며

로 근침협착부에서는 대략 0.28 mm정도 길게 측정된다고 할 수 있다.

또한 각 전자근관장측정기마다 0.5지점과 Apex지점에서 측정치의 차이를 계산해 보면, Root ZX, SmarPex, Elements Diagnostic Unit, E-Magic Finder가 각각 평균 0.27 mm, 0.33 mm, 0.4 mm, 0.3 mm를 보여 두 지점간의 거리 차이가 약 0.5 mm가 아닌 0.3 mm 내외임을 알 수 있다.

그동안 전자근관장측정기의 정확성을 평가하는 다른 방법으로는 방사선 사진 상의 길이와 측정값을 비교하는 방법, 방사선 사진 상에서 file 끝과 방사선적 근침 사이의 거리를 측정하는 방법 등이 있다. 하지만, 방사선적 근침과 해부학적 근침이 서로 다르므로 치근단 부위를 삭제하여 주근단공에서 file 끝까지의 실제거리를 직접 측정한 이번 연구 방법이 좀 더 신뢰할 만하다고 할 수 있다. 특히 여기서 사용한 Image ProPlus는 100배율의 현미경 하에서 관찰한 디지털 이미지상에서 바로 거리 측정이 가능하므로 더욱 정확성을 기할 수 있었다. 하지만 치근단부를 삭제했을 때 근관 내에서 해부학적으로 가장 좁은 부위인 근단협착부를 정확하게 인지하거나 조직학적 기준점인 상아백악질경계점을 명확히 찾아내기는 힘들었다. 따라서 근관장 측정의 정확성을 평가하는 해부학적 기준점으로서 보다 관찰이 용이한 주근단공을 선택하였으며, Mayeda²⁰⁾ 역시 Endex를 사용한 근관장 측정 실험 시에 재현 가능하고 일관성 있는 기준으로 주근단공을 제시한 바 있다.

2002년 Kaufman 등¹⁷⁾은 전자근관장측정기를 위해 특별히 고안된 alginate model을 사용하여 *in vitro* 상에서 만족할 만한 측정 결과를 얻었다고 보고한 바 있다. 이 alginate model은 먼저 혼합된 alginate가 들어있는 plastic box에 plastic frame을 넣고 여기에 alginate를 이용하여 치아를 고정시킨 후, model을 젖은 종이로 감싸서 습윤한 환경이 유지되도록 해서 실험기간 (45일)동안 냉장 보관하여 사용하였다. 본 실험에서도 alginate와 식염수를 9 g/20 ml의 혼수비로 혼합한 후 치아를 고정시켜서 만든 alginate model을 사용하였다. 특히 예비실험에서 alginate를 혼합한 후 5분 이내에 전자근관장측정기의 신호가 안정되게 측정되는 것을 확인할 수 있었으므로, 한번 혼합한 alginate model에서의 근관장 측정을 5분 이내로 제한하여 습윤한 환경이 유지되지 못할 경우에 생길 수 있는 오차를 줄이고자 하였다.

본 연구는 다른 종래의 연구에서 주로 평가한 전자근관장측정기의 정확성뿐만 아니라 근침협착부에서 일정한 거리를 재현해 낼 수 있는 일관성을 같이 평가하고자 하였다. 하지만 실험 과정에서 한 치아당 4개의 전자근관장측정기를 사용하여 0.5지점과 Apex지점에서 file의 참조점을 설정할 때나 digital caliper를 사용하여 rubber stop까지 길이를 측정할 때 조금씩의 오차가 발생하였다. 따라서 0.5지점과

Apex지점에서 얻은 주근단공과 file의 끝 사이의 거리는 기기의 정확성보다는 두 지점간의 일관성을 비교하기 위한 척도로만 사용하였다. 이러한 오차를 줄이기 위해서는 근관장 측정 후 file을 치아에 고정시켜 치근단부를 관찰하여 길이를 재는 것이 가장 이상적이지만, 한 치아에서 0.5지점과 Apex지점을 모두 측정하기 위해서는 치아 밖에서 근관장만큼의 file 길이를 재는 방법이 불가피하였다. 따라서 이번 연구는 이러한 한계 내에서 0.5지점과 Apex지점에서 4가지 전자근관장측정기의 일관성을 서로 비교하고, 실제 임상에서 사용시 근점협착부에서 일정한 거리를 가감하여 사용할 수 있도록 제시했다는 데서 의의를 찾을 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 alginate model상에서 서로 다른 4개의 전자근관장측정기를 사용하여 얻은 측정치의 정확성 (accuracy)을 평가하고 각각 0.5지점과 Apex지점 중 어느 지점에서 더 일관성 (consistency)을 보이는지를 비교한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에서 각 전자근관장측정기의 제조사의 지침대로 사용하였을 때 Root ZX와 E-Magic Finder는 실험군 100%, SmarPex는 90%, Elements Diagnostic Unit는 70%에서 주근단공과 file의 끝 사이의 거리가 임상적 허용범위인 ± 0.5 mm내에 있었다.
2. Root ZX, E-Magic Finder는 0.5지점과 Apex지점에서 비슷한 일관성을 보였으며 SmarPex와 Elements Diagnostic unit는 0.5지점보다 Apex지점에서 더 높은 일관성을 보였다.
3. Root ZX, SmarPex, Elements Diagnostic Unit 및 E-Magic Finder에서 근관협착부와 file의 끝 사이의 거리가 각각 $+0.26$ mm, $+0.22$ mm, -0.15 mm, $+0.22$ mm를 나타내었으므로 실제 임상에서 이 정도 길이를 가감하여 사용할 수 있다.

따라서 이번 연구를 통해 각각의 전자근관장측정기에서 0.5지점과 Apex지점 중 일관성이 높게 나온 지점에서 전자근관장을 측정하고, 실제 임상에서 사용시 이러한 전자근관장에서 일정한 거리를 가감하여 적용할 수 있다.

참고문헌

1. Grove C. Why canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Ass* 17:293-296, 1930.

2. Riccucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. *Int Endod J* 31:394-409, 1998.
3. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Japanese J Stomatology* 16:411-429, 1942.
4. Sunada I. New method for the measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 41:375-387, 1962.
5. Ushiyama J. New Principle and method for measuring the root canal length. *J Endod* 9:91-104, 1983.
6. Hasegawa K, Iizuka H, Takei M, Goto N, Nihei M, Ohashi M. A new method and apparatus for measuring root canal length. *J Nippon Univ school of Dent* 28:117-128, 1986.
7. Frank AL, Torabinejad M. An *in vivo* evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 19:177-179, 1993.
8. Kobayashi C, Okiji T, Kaqwashima N, Suda H, Sunada I. A basic study on the electronic root canal length measurement: Part 3. Newly designed electronic root canal length measuring device using division method. *Japanese J Conservative Dent* 34:1442-1448, 1991.
9. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 20:111-114, 1994.
10. Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 79:226-231, 1995.
11. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An *in vivo* evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 22:616-618, 1996.
12. Dunlap CA, Remeikis NA, BeGole EA, Rauschenberger CR. An *in vivo* evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method. *J Endod* 24:48-50, 1998.
13. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An *in vivo* comparison of two frequency-based electronic apex locator. *J Endod* 29:497-500, 2003.
14. Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 28:595-598, 2002.
15. Jenkins JA, Walker WAr, Schindler WG, Flores CM. An *in vitro* evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod* 27:209-211, 2001.
16. Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod* 28:706-709, 2002.
17. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an *in vitro* study. *Int Endod J* 35:186-192, 2002.
18. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 50:544-552, 1955.
19. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 17:192-198, 1984.
20. Mayeda DL, Simon JH, Aimar DF, Finley K. *In vivo* measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod* 19:545-548, 1993.

국문초록

4종 전자근관장측정기의 정확성과 일관성에 관한 *in vitro* 연구조재현¹ · 금기연² · 이승종^{1*}¹연세대학교 치과대학 치과보존학교실, ²서울대학교 치의학 대학원 보존학교실

이번 연구는 서로 다른 4개의 전자근관장측정기의 정확성을 측정하고 각각 0.5지점과 Apex지점에서의 일관성을 비교하고자 하였다.

40개의 발치된 상하악 소구치를 대상으로 치수강 개방 후 alginate model에 고정시키고 근관장을 측정하였다. 사용된 전자근관장측정기는 Root ZX (Morita, Tokyo, Japan), SmarPex (META, Seoul, Korea), Elements Diagnostic Unit (SybronEndo, CA, USA), E-Magic Finder Deluxe (S-Denti, Seoul, Korea)이다. 먼저 모든 치아에서 4개의 전자근관장측정기를 사용하여 0.5지점과 Apex지점에서 근관장을 측정하여 한 치아당 8개의 측정값을 얻었다. 다음으로 치아를 각 전자근관장측정기당 10개씩 4개의 그룹으로 나누어, 각각 제조사의 지시대로 Root ZX, Elements Diagnostic Unit 및 E-Magic Finder Deluxe는 “0.5”지점에서, SmarPex는 “Apex”지점에서 file을 치아에 cement로 고정시켰다. 이후 치근단부 4 mm를 삭제하여 100배율의 Image ProPlus로 관찰하여 file 끝에서 주근단공의 외연까지의 실제거리를 측정한 후, 4개의 전자근관장측정기의 0.5지점 및 Apex지점에서 file 끝과 주근단공 사이의 거리를 계산하여 비교하였다.

그 결과 Root ZX와 E-Magic Finder는 실험군 100%, SmarPex는 90%, Elements Diagnostic Unit는 70%에서 주근단공과의 거리가 임상적 허용범위인 ± 0.5 mm 이내에 있었다. 또한 각 전자근관장측정기마다 0.5지점과 Apex지점에서의 근관장의 표준편차와 사분위 범위를 구하여 두 지점간의 일관성을 비교한 결과, Root ZX, E-Magic Finder는 0.5지점과 Apex지점에서 비슷한 일관성을 보였으며 SmarPex와 Elements Diagnostic unit는 Apex지점에서 0.5지점보다 더 높은 일관성을 보였다.

전자근관장측정기는 근관 내의 조건에 관계없이 근침협착부에서 항상 일정한 거리를 재현해 낼 수 있는 일관성이 중요하므로, 이렇게 0.5지점 또는 Apex지점에서의 일관성이 증명된다면 실제 임상에서 사용할 때 전자근관장에서 일정한 거리를 가감하여 사용할 수 있다.

주요어: 전자근관장측정기, 근관장, 일관성, 정확성, 주근단공, 근관협착부