



주파수의존 근관장 측정기 ROOT-ZX의 정확성에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

박한수 · 윤수한

I. 서 론

성공적인 근관치료를 위해서는 정확한 근관형성 및 소독, 치밀한 근관충전을 행하여야 하며 이를 위해서는 정확한 근관길이의 측정이 선행되어야 한다. 근관형성 및 근관충전의 치근단부 한계의 기준에 관해서는 일부 다른 주장¹⁻³이 있으나, 여러 학자들에 의해서 근첨협착부(apical constriction) 혹은 백악질-상아질경계부(cementodontinal junction)가 가장 이상적인 위치라고 인정되고 있다^{2,7}. 방사선상 근첨(radiographic apex)에 일치되도록 파일을 위치시킨 실험치아의 절반에서 1.0 mm 이상 치근단공 바깥에 위치한다고 보고되어⁸, 방사선상 근첨은 치근단부 한계로서 적절하지 않은 것으로 알려져 있다⁹.

일반적으로 사용되는 근관장 측정방법으로는 방사선을 이용하는 방법, 숫자의 촉각과 환자의 지각에 의한 방법이 있다. 그러나 이상의 방법은 방사선상의 오차¹⁰⁻¹⁴, 해부학적 구조물과의 겹침¹⁵, 소요시간, 방사선 피폭의 유해작용, 생리적 근첨의 정확한 위치를 확인하기 어려운 단점¹⁶⁻¹⁸ 등이 있다.

1916년 Custer¹⁹에 의해 처음으로 전류를 사용한 근관장 측정법이 제시되었으며, Suzuki²⁰, Sunada²¹, Inoue²² 등을 통해서 전자적 근관장 측정기는 임상적인 수준으로 발전되었고, 그 단점을 보완하기 위하여 세대를 거듭하면서 다양한 종류의 근관장 측정기가 상품화되어 나왔다. 전자적 근관장 측정기는 원리에 따라 저항형(resistance-type), 임피던스형(impedance-type), 주파수의존(frequency-dependent) 근관장 측정기의 세 가지

로 분류된다²³.

현재까지 소개된 전자적 근관장 측정기들의 대부분은 저항형 근관장 측정기에 속하는데, 이는 파일이 근첨에 도달하는 순간 치주조직으로부터 입술까지 생체조직의 저항이 모든 사람에서 일정하다는데 그 원리를 두고, 전류를 사용하여 생체의 저항(resistance)을 측정하는 단순한 회로로 구성되어 있다. 저항형 근관장 측정기의 정확성은 대개 80 내지 90 %²⁴⁻³² 이지만 이보다 낮은 보고들도 있는데³³⁻³⁶, 이러한 정확성의 차이의 가장 큰 원인은 생활치수, 혈액, 전해질 등이 근관내에 있을 때 저항형 근관장 측정기를 사용하게 되면, 파일이 이들에 접촉되는 순간 회로가 연결됨으로써 근관장 측정기가 이 부위를 근첨으로 잘못 인지하기 때문이다³⁷⁻⁴⁰.

임피던스형 근관장 측정기는 투명상아질(transparent dentin)의 양의 차이에서 오는, 근관벽을 가로지르는 electrical impedance 값의 변화를 측정하는 것으로서, 이 값이 근첨에서 갑자기 감소하는 것을 감지하는 원리²³로 고안되었으나, 그 정확성이 일관성이 없으며 피막 입힌 탐침의 두께로 인하여 좁은 근관에서는 사용할 수 없는 등 여러 가지 단점들이 보고되었다⁴¹⁻⁴⁴.

최근에 저항형 근관장 측정기의 위와 같은 단점을 극복할 수 있는 원리로 작동하는 주파수의존 근관장 측정기(또는 주파수의존장치)가 개발되었다. 이 장치의 기본 원리는 주파수가 다른 두 가지의 교류전류를 사용하였을 때, 교류전류 각각에 대한 impedance 값의 차이의 변화량이 치근단에서 최대치를 보인다는 점을 이용하는 것으로 알려져 있다²⁰ 내지 93,45). 주파수의존장치는 실험 모델 상에서 파일의 크기, 근첨공의 직경, 전도성 근관

세체액 등에 영향을 받지 않으며⁴⁶⁾, 기존의 저항형 근관장 측정기보다 우수한 것으로 알려져 있다.^{47), 48)} 주파수의 존장치를 임상에서 사용해 보면 근관장을 결정하는데 탁월하게 기여함에도 불구하고, 그 임상적 정확성이 그리 높지 않은 것으로 보고되어^{49), 53)} 그 사용이 제한되고 있다. 본 논문에서는 주파수의존 근관장 측정기를 사용하여 파일을 근첨부위에 위치시킨 후 방사선상을 이용하여 그 위치를 측정하고 치수생활력이 미치는 영향을 평가한 결과 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

본 연구는 근관치료를 필요로 하는 71개 치아의 84 개 근관을 대상으로 하였다. 치수생활력의 유무에 따라 생활치수군과 실활치수군의 두 군으로 분류하였는데 생활치수군이 40 근관, 실활치수군이 44 근관이었다. 치수생활력의 기준은 근관와동형성후 혹은 약간의 filing 후에 근관입구에서 출혈이 되는 것을 기준으로 삼았다.⁴³⁾

근관와동을 형성하고 파일을 근관내로 삽입한 후에 주파수의존 근관장 측정기 ROOT-ZX(J. Morita Corp., Japan)의 전원을 켜고서 입술에 점막전극을 걸고, 파일에 다른 쪽 전극을 연결하였다. 파일을 진행시키기 전에 전류가 치아밖으로 흘러나가는 것을 방지하기 위하여 치아를 격리시키고 공기를 불어서 치아와 치아주위를 건조시켰다. 다근치의 경우 근관간의 간섭현상을 배제하기 위하여 근관와동내에 공기를 불어주었다. 파일을 계속 삽입하다가 계기판이 '0.5 bar'의 위치를 가리키는 지점에 파일을 위치시켰다.

이분법으로 방사선을 촬영한 후에 필름을 현상하였다. 현상된 필름에 자(ruler)를 대고 근접촬영한 후 확대

인화하여 인화지상에서 파일끝으로부터 방사선상 근첨(radiographic apex)까지의 거리를 디지털 캘리퍼스(Mitutoyo)로 0.01 mm 수준까지 구하였다. 이때 치근단공이 해부학적 근첨으로부터 편재된 경우에는 근관출구가 치근 외형선과 만나는 곳을 기준으로 하였다. 이 거리를 인화지상의 자의 크기와 비교하여 실제 방사선상에서의 파일끝으로부터 방사선상 근첨까지의 거리를 구하였다. ROOT-ZX의 사용설명서에 의하면 계기판이 '0.5 bar'의 위치를 가리킨 지점은 파일이 근첨협착부를 0.2 내지 0.3mm 지나는 부위이므로 이 길이에서 0.5mm 빼 길이를 근관장으로 권장하고 있다. 따라서 이 실험에서도 방사선상 근첨으로부터 파일끝까지의 거리에서 0.5mm 빼 위치를 근관형성 및 근관충전의 치근단부 한계가 되는 근관형성종점(preparation end point)⁵⁴⁾으로 삼았고 이 논문에서는 편의상 '수정된 파일의 위치'라고 명명하였다. 생활치수군과 실활치수군에서 각각 방사선상 근첨으로부터 '수정된 파일의 위치'까지의 거리를 구하여 이를 비교하였다.

III. 연구 성적

총 71 개 치아의 84 개 근관에서 주파수의존 근관장 측정기를 사용하여 파일을 위치시켰을 때 방사선상 근 첨으로부터 ‘수정된 파일의 위치’까지의 거리는 평균 1.10mm이었고, ‘수정된 파일의 위치’가 근관형성종점 으로부터 ± 1.0 mm 이내에 위치한 경우는 95.2 %이었 다(표 1).

이들을 생활치수군과 실활치수군으로 분류하여 비교한 결과 방사선상 근첨으로부터 ‘수정된 파일의 위치’ 까지의 거리는 각각 평균 1.17mm, 1.04mm, ‘수정된 파일

표 1. 근관장 측정기로 파일을 위치시켰을 때, 방사선상 그점으로부터 '수정된 파일의 위치' 까지의 거리

| | 0mm이하(over) | 0~0.5mm | 0.5~1.0mm | 1.5mm~2.0mm | 2.0mm이상 | 평균거리 | ±1.0mm내 |
|------------------|-------------|---------|-----------|-------------|---------|--------|---------|
| 생활치수근 (40근관) | 0 | 1 | 15 | 6 | 2 | 1.17mm | 95.0% |
| 실활치수군 (44근관) | 2 | 2 | 18 | 7 | 0 | 1.04mm | 95.4% |
| 실험대상전체 (84근관) | 2 | 3 | 33 | 13 | 2 | 1.10mm | 95.2% |



일의 위치'가 근관형성종점으로부터 ± 1.0 mm 이내에 위치한 경우는 각각 95.0%, 95.4%이었고 t test로 검정한 결과 유의할 만한 차이는 인정되지 않았다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

성공적인 근관치료를 위해서는 정확한 근관길이의 측정이 필수적이다. 근관형성 및 근관충전의 치근단부 한계가 되는 근관형성종점(preparation end point)의 기준으로는 일반적으로 근첨협착부 혹은 백악질-상아질 경계부가 인정되고 있으나 방사선상 근첨을 기준으로 삼는 학자들도 있다. 이들의 주장에 의하면 근첨협착부는 임상적으로 확인이 불가능하고, 방사선상 근첨만이 재현 가능한 유일한 부위이며, 이 부위까지 근관형성을 하게 되면 근관내에 사강(dead space)을 남기지 않고 모든 잔사들을 깨끗이 제거할 수 있다는 것이다⁹.

그러나 Palmer⁹ 등의 실험에 의하면 파일을 방사선상 근첨에 일치되도록 위치시킨 후에 발치한 치아의 절반에서 파일끝이 1.0 mm 이상 치근단공 바깥으로 나가 있었으며, Grove⁹, Green¹⁷, Kuttler⁹ 등도 많은 경우에서 치근단공이 근첨(root tip)으로부터 1 내지 3 mm 떨어져 있다는 사실을 확인함으로써 방사선상 근첨에 위치한 파일은 치근단공 바깥에 위치함을 알 수 있다.

Seltzer⁵⁹는 방사선상 근첨을 기준으로 한 경우에서와 같이 충전재가 치근단공 바깥으로 나간 경우에서 성공률이 낮다고 하였고, 방사선상 근첨까지 근관형성 및 충전한 경우에 술후동통이 증가한다는 보고도 있다. Levy & Glatt⁵⁹에 의하면 방사선상 근첨까지 근관형성한 경우에 근관 끝 부분이 눈물방울(tear drop)형태로 만들어져서 근관을 폐쇄(seal)하기 곤란하게 된다고 하였다. 또한 방사선의 성질상 방사선 cone의 수평수직 각도, 필름의 위치 등에 따라 방사선상 근첨의 위치가 수시로 달라질 수 있기 때문에 재현 가능한 것도 아니다. 이러한 사실들로 인하여 방사선상 근첨은 근관형성종점의 기준으로서 적합하지 않은 것으로 알려져 있다⁹.

근첨협착부(또는 백악질-상아질 경계부)는 여러 학자들에 의해 이상적인 근관형성종점으로 인정되고 있다. 그 근거로서 첫째로, Grove⁹에 의하면 백악질-상아질 경계부를 지난 부위는 치수조직이 아니기 때문에 이 곳

을 넘어선 부위까지 근관형성을 하게 되면 치근단조직에 손상을 야기한다고 하였다. 둘째로 근첨협착부는 혈액공급이 가장 가늘어지는 부위이고 이 곳을 넘어선 부위는 왕성한 혈액공급으로 인해 효과적으로 염증산물을 제거하고 염증과정을 잘 관리할 수 있게 된다.⁷ 또한 근첨협착부는 숙련을 통해서 촉각으로 느낄 수 있고, 근관형성 기구 및 충전재를 위치시킬 때 저항감을 가지게 되며, 가장 좁은 곳에서 근관충전을 하게 되므로 폐쇄가 가장 효과적이다. 이러한 여러가지 사실들로 인하여 근첨협착부가 이상적인 근관형성종점으로 인정되고 있다.

방사선을 이용하여 근관장을 결정할 때 근관형성종점의 기준에 대해서 제시되고 있는 기준들간에 약간의 차이를 보이고 있다. Ingle³⁹, Weine⁵⁴ 등은 방사선상 근첨으로부터 1.0 mm, Cohen 등⁷은 0.5 mm 이상, Grossman⁵⁷, 임³⁸은 0.5 내지 1.0 mm 짧은 부위를 근관형성종점으로 제시하고 있다. 이 연구에서는 1.0 mm 짧은 곳을 근관형성종점의 기준으로 삼았다.

또한 근관길이를 수정할 때 또한번의 방사선촬영의 필요유무에 대하여는 0.5 mm⁷, 1.0 mm⁵⁴, 2.0 mm⁵⁸ 이상의 오차가 생기면 근관길이를 수정할 때 확인을 위해서 또한번의 방사선상이 필요하다고 주장되었다. 이 연구에서는 이들의 주장을 고려하여 1.0 mm를 기준으로 삼았다. 따라서 근관형성종점의 기준이 되는 1.0 mm로부터 ± 1.0 mm 이내에 처음 넣은 파일(Initial Apical File, IAF)끝이 위치한 경우에는 길이수정을 위한 또한번의 방사선촬영이 필요하지 않게 된다.

본 연구의 결과에 의하면 주파수의존 근관장 측정기를 이용하여 파일을 위치시켰을 때 '수정된 파일의 위치'가 근관형성종점으로부터 ± 1.0 mm 이내에 위치하는 경우는 생활치에서 95.0%, 실활치에서 95.4%, 전체적으로 95.2%의 높은 비율을 보였다. 이때 실활치에서는 '0.5 bar'의 위치가 한 점에서 나타나기 때문에 별문제가 없지만, 특히 상악전치와 같이 근관이 굵은 생활치에서는 파일이 '0.5 bar'의 위치에 도달한 이후에 파일을 계속 진행시켜도 한동안 '0.5 bar'를 여전히 가리키다가 어느 정도 후부터 계기판이 '0.5 bar' 이하로 떨어지게 되는데 이때 다시 파일을 조심스럽게 빼면서 계기판이 다시 '0.5 bar'를 가리키는 위치, 즉 생활치에서 보이는 '0.5 bar' 구간중 치근단에 가장 가까운 지점에 위

치시켜야만 근관장 측정기의 사용이 정확하고 오차가 적게 나타난다. 방사선상 근첨으로부터 평균거리는 생활치에서 1.17 mm, 실활치에서 1.04 mm이고 두 군간에 유의한 차이는 보이지 않았는데 치수생활력이 미치는 영향에 관해서는 박³²과 일치하는 결과를 보였다. 즉 주파수의존 근관장 측정기는 생활치수 및 출혈에 영향을 받지 않고 정확성을 유지할 수 있음을 알 수 있다. 이는 종래의 저항형 근관장 측정기에 비해 큰 발전으로서 저항형 근관장 측정기는 정확성을 얻기 위해서 근관내의 생활치수, 혈액 등 모든 습윤한 상태를 깨끗이 제거하고 건조시켜야 되었기 때문에 많은 시간과 노력이 들었고 정확성에도 영향을 받았던 것에 비해 주파수의존 근관장 측정기는 생활치수 및 혈액이 있는 근관에서도 정확한 근첨인지가 가능함을 보여준다.

지금까지의 근관장 측정기의 정확성에 관한 연구에서는 일반적으로 사용되고 있는 방사선법을 대체할 목적으로 근관장 측정기의 정확성을 평가해 왔다. 그러나 아직 까지 방사선법을 전혀 필요로 하지 않을 정도로 100% 정확한 전자적 근관장 측정기는 없으며, 근관장 측정기와 방사선법은 서로의 단점을 보완함으로써 정확성, 소요시간 등 여러가지 장점을 얻을 수 있는 상호보완적 관계에 있다. 따라서 본 연구에서는 주파수의존 근관장 측정기를 사용하였을 때 1회의 방사선촬영만으로 근관장을 확정할 수 있는 정확성의 평가를 목적으로 하였다. 이는 전자적 근관장 측정기의 임상적 유용성을 잘 드러내는 측면에서의 평가방법으로서 현 수준의 근관장측정기는 바로 이 과정에 탁월한 우수성을 보여주기 때문이다.

본 연구의 결과에 의하면 주파수의존 근관장 측정기를 이용하여 파일을 위치시키는 경우 95.2%에서 1회의 방사선촬영만으로 근관장을 확정할 수 있음을 알 수 있다. 이는 탁월하게 우수한 결과로서 종래에 방사선만을 이용하였을 때에는 수 회의 방사선촬영의 번거로움과 오랜 기간의 임상적 경험에서 오는 술자의 촉각없이 정확한 근관장을 얻는 데 많은 어려움이 있었음에 비해 주파수의존 근관장 측정기를 사용하게 되면 1회의 방사선촬영만으로도 정확하고 손쉽게 근관장을 결정할 수 있게 되기 때문이다. 실제로 숙련된 근관치료 전문가에서 촉각의 정확성이 64%³³인 것을 고려해 볼 때 주파수의존 근관장 측정기의 사용은 술자와 환자의

번거로움, 방사선 피폭량 등을 줄이고 더욱 정확하고 손쉬운 근관치료를 가능하도록 하는 데에 중요한 기여를 하게 되는 것이다.

주파수의존 근관장 측정기의 임상적 정확성이 계속 확인되고, 또한 새로운 원리의 더욱 정확한 근관장 측정기가 개발된다면 언젠가는 빠르고 100% 정확한 근관장 측정이 이루어질 수 있을 것이다.

V. 결 론

근관치료를 시행하는 총 71개 치아의 84개 근관을 대상으로 주파수의존 근관장 측정기 ROOT-ZX를 사용하여 파일을 위치시키고 방사선을 촬영한 후 방사선상 근첨으로부터 파일까지의 거리를 측정하고 이를 치수 생활력의 유무에 따라 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주파수의존 근관장 측정기는 95.2%에서 길이수정을 위한 또한번의 방사선촬영이 필요없을 정도로 정확하게 파일을 위치시켰다.
2. 생활치수 및 출혈 유무는 주파수의존 근관장 측정기의 정확성에 영향을 미치지 않았다.

참고문헌

1. Shilder, H. : Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America.*, 18 : 269-296, 1974.
2. Hatton, E.H. : Microscopic studies of diseased periodontal tissues. *J. Am. Med. Assoc.*, 71 : 1549, 1918.
3. Blayney, J.R. : Some factors in root canal treatment. *J. Am. Dent. Assoc.*, 11 : 840-50, 1924.
4. Coolidge, E.D. : Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *J. Am. Dent. Assoc.*, 16 : 1456-65, 1929.
5. Grove, C.J. : The value of the dentinocemental junction in pulp canal surgery. *J. Dent. Res.*, 11 : 466-8, 1931.
6. Kuttler, Y. : Microscopic investigation of root apices. *J. Am. Dent. Assoc.*, 50 : 544-52, 1955.
7. Cohen, S. and Burns, R.C. : Pathways of the pulp, ed 6, St Louis, Mosby, 200-201, 1994.
8. Palmer, M.J., Weine, F.S., and Healey, H.J. : Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J. Can. Dent. Assoc.*, 37 : 305-8, 1971.
9. Weine, F.S. : Endodontic therapy, ed 5, St Louis, Mosby,



395-9, 1996.

10. Vande Voorde, H.E. and Bjorndahl, A.M. : Estimating endodontic 'working length' with paralleling radiographs. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 27 : 106-110, 1969.
11. Pineda, F. and Kuttler, Y. : Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 canals. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 33 : 101-10, 1972.
12. Goldman, M., Pearson A.H. and Darzenta, N. : Endodontic success, "Who's reading the radiograph?". *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 33 : 432-9, 1972.
13. Von der Lehr, W.N. and Marsh, R.A. : A radiographic study of the point of endodontic egress. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 35 : 105-9, 1973.
14. Olson, A.K., Goerig, A.C., Cavataio, R.E. and Luciano, J. : The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *Int. Endod. J.*, 24 : 28-35, 1991.
15. Tamse, A., Kaffe, I. and Fishel, D. : Zygomatic bone and process interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 50 : 563-5, 1980.
16. Green, D. : A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 9 : 1224-32, 1956.
17. Green, D. : A stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 13 : 728-33, 1960.
18. Dummer, P.M.N., McGinn, J.H. and Rees, D.G. : The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int. Endod. J.*, 17 : 192, 1984.
19. Custer, L.E. : Exact methods of locating the apical foramen. *J. Natl. Dent. Assoc.*, 5 : 815-9, 1916.
20. Suzuki, K. : Experimental study of iontophoresis. *J. Jap. Stomatol.*, 15 : 411-7, 1942.
21. Sunada, I. : New method for measuring the length of the root canal. *J. Dent. Res.*, 41 : 375-87, 1962.
22. Inoue, N. : An audiometric method for determining the length of root canals. *J. Can. Dent. Assos.*, 39 : 630-6, 1973.
23. McDonald, N.J. : The electronic determination of working length. *Dental Clinics of North America.*, 36 : 292-307, 1992.
24. Inoue, N. : Dental stethoscope measures root canal. *Dent. Surv.*, 48 : 38-9, 1972.
25. O'Neill, L.J. : A clinical evaluation of electronic root canal measurement. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 38 : 469-73, 1974.
26. Blank, L.W., Tenca, J.I. and Pelleu, G.B. : Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. *J. Endod.*, 1 : 141-4, 1975.
27. Busch, L.P., Chiat, L.R. and Goldstein, L.G. : Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. *J. Endod.*, 2 : 295-7, 1976.
28. Plant, J.J. and Newman, R.F. : Clinical evaluation of the Sono-Explorer. *J. Endod.*, 2 : 215-6, 1976.
29. Berman, L.H. and Fleischman, S.B. : Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *J. Endod.*, 10 : 164-7, 1984.
30. Trope, M., Rabie, G. and Tronstad, L. : Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod. Dent. Traumatol.*, 1 : 142-5, 1985.
31. Hembrough, J.H. and Weine, F.S. : Accuracy of an electronic apex locator - a clinical evaluation in maxillary molars. *J. Endod.*, 19 : 242-6, 1993.
32. 윤기복 : 전기저항치에 의한 생리적 근첨의 측정에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 7 : 25-30, 1981.
33. Seidberg, B.H., Alibrandi, B.J., Finn, H. and Logue, B. : Clinical investigation of measuring length of root canal with an electronic device and with digital tactile sense. *J. Am. Dent. Assoc.*, 90 : 379-87, 1975.
34. Chunn, C.B., Zardiackas, L.D. and Menke, R.A. : In vivo root canal length determination using the Forameter. *J. Endod.*, 7 : 515-20, 1981.
35. Kaufman, A.Y., Szahkis, S. and Niv, N. : The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal length. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 67 : 573-7, 1989.
36. 박한수, 윤수한 : 편광현미경을 이용한 전자적 근관장측정기의 정확성에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 17 : 235-42, 1992.
37. Becker, F.J., Lankelma, P., Wesselink, P.R. and Thoden van Velzen, S.K. : Electronic determination of root canal length. *J. Endod.*, 6 : 876-80, 1980.
38. Ingle, J.I. and Bakland, L.K. : Endodontics, ed 4, Baltimore, Williams & Wilkins, 194-7, 1994.
39. 최성근 : 전기저항치에 의한 근관길이 측정. *대한치과의사협회지*, 11 : 749-53, 1973.
40. 이승종 : 전자 근관장측정기 사용에 있어서 근관세척액의 사용이 측정에 미치는 영향에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 15 : 127-33, 1990.
41. Fouad, A.F., Krell, K.V., McKendry, D.J., Koobusch, G.F. and Olson, R.A. : A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J. Endod.*, 16 : 446-9, 1990.
42. McDonald, N.J. and Hovland, E.J. : An evaluation of the apex locator Endocater. *J. Endod.*, 16 : 5-8, 1990.
43. Keller, M.E., Brown, C.E. and Newton, C.W. : A clinical

-
- evaluation of the Endocater - an electronic apex locator. J. Endod., 16 : 271-4, 1991.
44. Pallares, A. and Faus, V. : An in vitro comparative study of two apex locators. J. Endod., 20 : 576-9, 1994.
45. 박한수 : 주파수의존 근관장 측정기가 습윤한 근관에서 근 침을 인지하는 이론적 배경. 치과연구, 39 : 45-51, 1996.
46. Saito, T. and 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. Dentistry in Japan, 27 : 65-72, 1990.
47. Fouad, A.F., Rivera, E.M. and Krell, K.V. : Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. J. Endod., 19 : 63-7, 1993.
48. Czerw, R.J. and Michael, S. : In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. J. Endod., 21 : 572-5, 1995.
49. Frank, A.L. and Torabinejad, M. : An in vitro evaluation of Endex electronic apex locator. J. Endod., 19 : 177-9, 1993.
50. Mayeda, D.L. and James, H.S. : In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. J. Endod., 19 : 545-8, 1993.
51. Lauper, L., Lutz, F. and Barbakow, F. : An in vivo comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locators. J. Endod., 22 : 260-3, 1996.
52. 박주현, 노병덕, 이승종 : 주파수의존형 전자근관장측정기의 정확도에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 21 : 150-60, 1996.
53. 김희정, 홍찬의 : 전자근관장 측정기의 정확도에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 21 : 289-97, 1996.
54. Weine, F.S. : Endodontic therapy, ed 3, St Louis, Mosby, 267-76, 1982.
55. Seltzer S. : Endodontontology, ed 2, Philadelphia, Lea & Febiger, 448-50, 1988.
56. Levy, A.B., and Glatt, L. : Deviation of the apical foramen from the radiographic apex, J. NJ. Dent. Soc., 41 : 12-3, 1970.
57. Grossman, L.I. : Endodontic practice, ed 11, Philadelphia, Lea & Febiger, 196-201, 1988.
58. 임성삼 : 임상근관치료학, 의치학사, 92-6, 1994.

- ABSTRACT-

EVALUATION OF THE ACCURACY OF THE FREQUENCY-DEPENDENT APEX LOCATOR ROOT-ZX

Han-Soo Park, D.D.S., M.S.D., Soo-Han Yoon, D.D.S., Ph. D.

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the accuracy of the frequency-dependent apex locator in determining canal length in a moist environment. A total of 84 canals from 71 teeth were evaluated. The frequency-dependent apex locator ROOT-ZX was used to determine the position of the file tip. After taking a radiograph with a file in the canal, the distance from the radiographic apex to the file tip was measured, and the distances in vital pulp and in nonvital pulp were compared.

The results were as follows :

1. The frequency-dependent apex locator located the file to the apex in 95.2 % of the canals so accurately that we need not take another radiograph in order to correct working length.
2. The vital pulp and hemorrhage did not affect the accuracy of the frequency-dependent apex locator.

Keywords : accuracy, frequency-dependent apex locator, moist environment, working length