

근관내 여러 가지 조건에 따른 Root-ZX의 정확도에 관한 연구

황호길 · 신영근 · 김평식

조선대학교 치과대학 보존학교실, 구강생물학연구소

ABSTRACT

A STUDY ON THE ACCURACY OF THE ROOT-ZX ACCORDING TO THE VARIOUS CONDITIONS OF ROOT CANALS

Ho-Keel Hwang, Young-Guen Shin, Pyung-Sik Kim

*Department of Conservative Dentistry, Oral Biology Research Institute,
College of Dentistry, Chosun University*

Currently frequency-dependent type electronic apex locators have been widely used to determine the working length in endodontic treatment. But, accuracy of electronic apex locators is controversial. The purpose of this study was to evaluate the accuracy of Root-ZX(Morita Co., Japan) at different kinds of conditions of root canals compared with the radiographic working length.

The 40 extracted human anterior teeth with fully formed apices and without any caries were used. The radiographs were taken for working length with the 0.5mm short of #15 K-file tip just visible at the foramen under the surgical microscope(Carl Zeiss Co. Germany) at 25X. Then the electronic working lengths were determined with Root-ZX at the different kinds of conditions of root canals according to the presence of electrolyte and Crown-down pressureless technique.

The results were as follows :

1. There was no significant statistical difference in working length between radiograph and Root-ZX.
2. There was no significant statistical difference in electronic working length between the canal with electrolyte and without electrolyte.
3. There was no significant statistical difference in electronic working length between the canal without any instrumentation and after Crown-down pressureless technique.
4. Of the total 40 root canals, 85% in Group I, 92.5% in Group II, 95% in Group III and 95% in Group IV using Root-ZX showed coincidence within 0.5mm accuracy comparing with the radiographic working length.

The results showed that the Root-ZX can be use effectively for measuring the working length of root canal after instrumentation with Crown-down pressureless technique regardless of the presence of electrolyte in root canal.

* 이 논문은 1999년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

I. 서 론

근관치료시 정확한 근관 작업장의 측정은 근관의 기구조작과 성공적인 근관충전을 위해 필수불가결하다고 할 수 있다. 근관치료시 정확한 근관 작업장의 설정은 근관내에 치수잔사나 미생물이 치근단공 밖으로 넘어가지 않고 적절하게 제거될 수 있는 범위를 결정해주고 결국 근관의 확대 및 충전과정에 사용되는 각종 근관치료용 기구 및 충전재를 근관내에 한정하므로써 근관치료의 성공을 가져오는 가장 기본적인 작업이다. 1985년 Ingle 등²⁰⁾은 불완전한 근관충전이 근관치료의 실패원인으로 65% 이상을 차지한다고 보고한 바 있다. 따라서 정확한 근관 작업장을 통한 완전한 근관 충전을 위해 근관 작업장 측정용 기구 및 방법들이 많이 개발되고 있다.

이상적인 근관내 기구조작과 근관충전의 한계는 해부학적으로 근관의 가장 좁은부위인 근첨협착부이며, 이는 상아질과 백악질이 만나는 상아-백악 경계상에 위치하게 된다. 상아-백악 경계부는 나이와 치근의 형태에 따라 조금씩 차이가 있으나 Kuttler²⁰⁾는 그의 연구에서 근관은 근첨협착부에서 해부학적으로 근첨까지 나팔관 형태로 개방되고, 해부학적 근첨으로부터 0.524에서 0.659mm 상방에 존재한다고 보고하였으며, 이 외에도 많은 학자들의 연구에 의하면 치근에서 치근단공과 해부학적 근첨은 일치하지 않는다고 보고한 바 있다^{5,8,17,18)}. 이러한 연구에 근거하여 임상에서는 방사선 사진상 근첨에 위치하는 근관장 측정용 기구의 실제길이에서 1mm를 짧게 하여 통상적으로 근관작업장을 설정하고 있다.

근관 작업장의 측정 방법은 방사선 사진을 이용하는 방법, 술자의 촉각을 이용하는 방법, 전자 근관장 측정기를 이용한 방법, radiovisiography법 등 다양한데 이 중에서도 방사선 사진을 이용한 방법¹⁶⁾이 대부분의 경우에 있어 가장 정확하고 신뢰할 수 있는 방법으로 인정되고 있으나 3차원적인 영상을 2차원적으로 재현시켜 봄으로써 상의 왜곡은 물론 술자의 주관이 개입될 가능성이 많고 상악대구치와 같은 경우에는 해부학적 구조물과 겹쳐 판독이 어려운 단점을 가지고 있다. 술자의 촉각을 이용하는 경우에는 술자의 경험을 통한 감각으로 근관의 작업장 측정이 이루어 지기 때문에 비과학적이고 위의 모든 방법들 중 가장 많은 실수를 낳을 수 있는 위험한 측정방법이라 할 수 있다. 가장 최근에 소개된 radiovisiography를 이용한 방법은 방사선 노출량을 감소시킬 수 있는 장점을 지닌 반면 경제성에 문제가 있어 임상에서는 제한적으로 사용되고 있다. 이에 반해 전자 근관장 측정기를 이용하는 방법은 비교적 간단하고 방사선 촬영 횟수를 줄일 수 있다는 장점 때문에 임상에서 널리 사용되고 있는 추세이다.

1962년 Sunada³⁹⁾의 연구 이래 수많은 전자근관장측정기가 개발되어 현재 사용되고 있으며, 이의 정확도에 관해 학

자들 간에 많은 논란이 대두되고 있다. O'Neill³²⁾은 발치 후 직접 측정된 근관장 측정치와 전자근관장 측정기를 이용한 측정치를 비교한 결과 83% 정도에서 동일한 결과를 얻었다고 보고한 반면, Inoue²³⁾는 방사선 사진을 이용한 근관장 측정치와 전자근관장 측정기를 이용한 근관장 측정치가 약 92%에서 동일한 결과를 나타냈다고 보고하였다.

그러나 전기저항의 원리를 이용한 전자근관장 측정기는 근관내가 건조하여야 하며, 과도한 습기나 치수잔사, 차아염소산나트륨이나 생리식염수와 같은 전해질이 존재할 경우 정확한 측정이 어려운 단점으로 인하여 널리 이용되지는 못하였다. 따라서 근관내에 전해질 존재유무에 관계없이 최근에는 서로 다른 2개의 주파수를 가진 전류를 사용하여 이 주파수에 대한 저항을 동시에 측정할 다음, 이 두 저항치의 비율로서 근관내에서의 파일의 위치를 감지하는 새로운 주파수 의존형 전자근관장 측정기가 개발되었다.

이에 저자는 새로이 개발되어 사용되고 있는 주파수 의존형 전자근관장 측정기의 정확도를 평가하기 위해 발치한 치아에서 기존의 전자근관장 측정기로는 정확한 근관장 측정이 어려웠던 근관내 전해질이 존재할 경우와 근관내를 건조시킨 경우를 구분하여 전자근관장 측정기로 측정하고, 치수강 개방 직후 치수잔사 등이 존재할 경우와 근관의 2/3까지 Crown-down법으로 이를 제거한 경우를 구분하여 측정할 다음, 방사선 사진을 통하여 얻어진 길이와의 정확도를 비교평가한 결과 주파수 의존형 전자근관장 측정기를 임상에서 사용할 때 도움이 되는 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 실험재료로는 인간의 발치한 치아를 사용하였으며 우식이나 금속충전물이 없고 근단부위 형성이 완성된 건전한 상, 하악 전치 40개를 선택하였다.

전자근관장 측정기로는 주파수 의존형인 Root-ZX(J. Morita Corporation, Japan)를 사용하였으며 실제 환자의 구강내에서 측정하는 방법과 동일한 실험조건을 위해 구멍이 두 개 뚫린 덮개에 내부에는 전해질로서 생리식염수를 적신 거즈가 들어있는 모형틀 제작하였으며 구멍의 한쪽에는 실험치아를 다른 한쪽에는 wire hook를 걸어 사용하였다(Fig. 1).

방사선 사진을 이용한 근관장 측정을 위해 항상 동일한 위치 및 조건의 방사선 사진 채득을 할 수 있는 원주각이 표기된 표준 방사선 촬영장치틀을 고안하여 사용하였으며 방사선 사진은 매 치아마다 협설방향과 근원심방향으로 두 장을 채득하여 두 장 모두에서 측정하였다(Fig. 2).

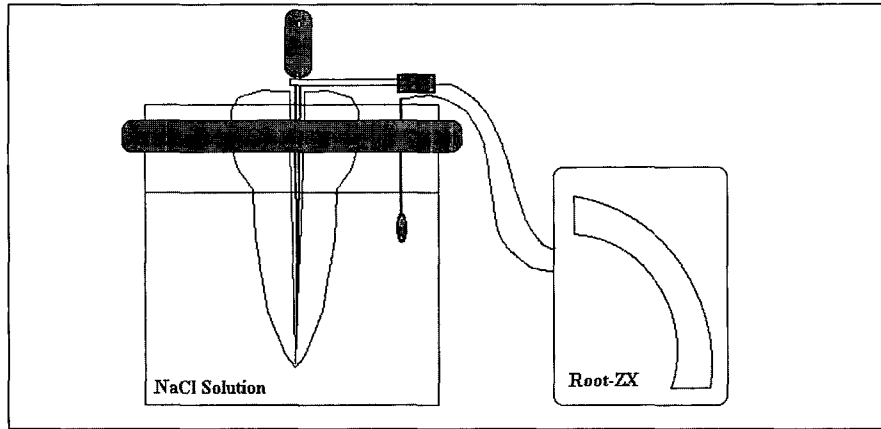


Fig. 1. Schematic drawing of experimental model

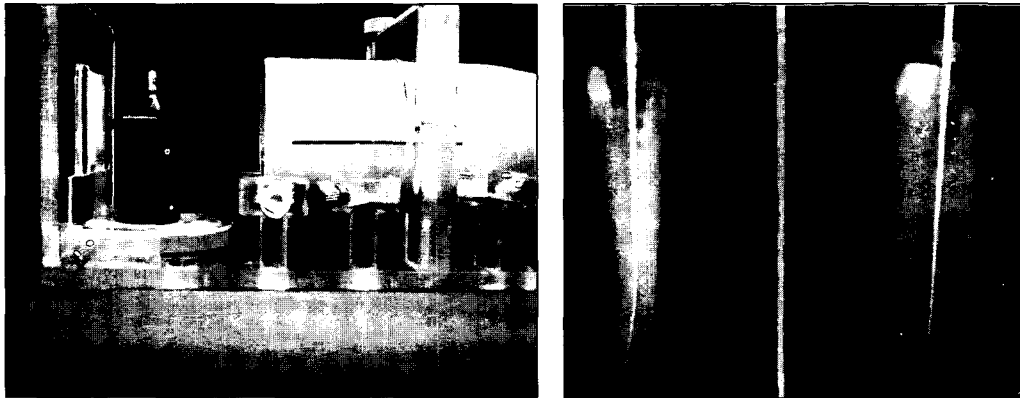


Fig. 2. The device for taking a standard radiograph and a standard radiograph at different position of same tooth

2. 실험방법

실험 대상 치아에 근관치료시 통상적인 방법으로 치수강을 개방한 뒤 근관장 측정을 위한 방사선 사진의 채득을 위해 15번 K 파일을 근관내에 삽입한 후 25배의 배율에서 미세수술 현미경(Carl Zeiss Co. Germany)을 통하여 치근단 공 밖으로 파일이 보이는 시점에서 0.5mm를 뺀 길이를 근관장으로 설정하여 방사선 사진을 채득하고 정확성 여부를 확인한 다음 이 길이를 0.05mm까지 측정하여 기록해 두었다.

전자근관장 측정을 위한 실험조건에 따라 4군으로 분류한 다음 10번 K파일을 이용하여 실험 I군은 치수강을 개방한 직후 생리식염수로 근관내를 세척한 다음 건조시키지 않고 전자근관장 측정기의 신호가 근침협착부에 도달했음을 알리는 0.5 눈금의 bar에 도달할 때까지 파일을 삽입한 다음 이를 빼내어 0.05mm까지 측정하였다. 실험 II군은 치수강을 개방한 직후 근관내를 건조시키고 측정하였으며 실험 III군은 치수강을 개방한 후 Crown-down법을 이용한 군으로

Table 1. Group classification according to the condition of root canals

Group	No. of Sample	Working- Length determination	Condition of Root Canal
Control	40	Radiograph	After chamber opening
I	40	Root-ZX	Wet after chamber opening
II	40	Root-ZX	Dry after chamber opening
III	40	Root-ZX	Wet after Crown-down technique
IV	40	Root-ZX	Dry after Crown-down technique

먼저 GT파일로 근관의 2/3를 flaring 시킨 다음 생리식염수로 근관내를 세척하고 건조시키지 않은 조건에서 전자근관장을 측정하였으며 실험 IV군은 실험 III군과 동일하게 근관의 입구 2/3를 flaring 시키고 근관내를 생리식염수로 세척한 다음 근관을 건조시켜 전자근관장을 측정하였다 (Table 1)

각 군에서 방사선 사진상의 근관장과의 비교로는 paired

T-test를 이용하였고, 각 군간의 비교시에는 one-way ANOVA test를 이용하였으며 Turkey test를 이용하여 사후검정하였다.

Ⅲ. 실험성적

치수강을 개방하여 15번 K파일을 근관내에 삽입한 후 25배의 배율에서 미세수술 현미경을 통해 치근단 공 밖으로 파일이 보이는 시점에서 0.5mm를 뺀 길이를 근관장으로 설정하여 방사선 사진으로 확인한 대조군과 여러 가지 조건에서 Root-ZX로 근관장을 측정된 실험 I, II, III, IV 군의 평균값은 아래와 같다(Table 2).

대조군과 비교시 Root-ZX를 이용한 실험군 간에는 근관장의 평균값의 차이가 실험 I군에서는 -0.10875mm, 실험 II군에서는 +0.095mm, 실험 III군에서는 -0.01375mm, 실험 IV군에서는 -0.08875mm로 나타났으며 실험 II군을 제외하고는 전반적으로 대조군 보다 짧게 나타났다(Table 2).

방사선 사진상의 근관장인 대조군과 여러 가지 조건에서 주파수 의존형 근관장 측정기인 Root-ZX로 근관장을 측정 한 실험 각군 간에는 통계학적인 유의한 차이가 없었으며 (paired T-test), 마찬가지로 대조군을 포함한 실험군 모두

의 전체적인 비교시 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다 (one-way ANOVA test).

근관내 전해질 용액의 유무에 따른 비교시 기구조작을 하지않은 실험 I군과 II군 그리고 Crown-down법으로 기구조작을 시행한 실험 III군과 IV군 간에도 통계학적인 유의한 차이가 없이 나타났으며, 마찬가지로 근관내에 전해질 용액이 존재하는 조건에서 근관내 기구조작에 따른 비교시 기구조작을 하지않은 실험 I군과 Crown-down법으로 기구조작을 시행한 실험 III군, 근관내 전해질 용액을 배제한 조건에서 기구조작을 하지않은 실험 II군과 Crown-down법으로 기구조작을 시행한 실험 IV군 간에도 역시 통계학적인 유의성이 없었다(paired T-test).

근관내 기구조작 또는 근관충전시 임상적 허용범위를 0.5mm로 설정하고 총 40개의 치아에서 방사선학적 근관장인 대조군과 실험 각 군간의 측정치를 비교한 결과 실험 I군에서 85%, 실험 II군에서 92.5%, 실험 III군에서 95%, 실험 IV군에서 95%로 나타났다(Table 3).

또한, 임상적 허용범위를 벗어난 경우 실험 I군에서는 치근단 협착부위를 넘어선 경우가 총 40개의 치아 중 1개, 못 미친 경우가 5개로 나타났고, 실험 II군에서는 넘어선 경우가 2개, 미치지 못한 경우가 1개로 나타났으며, 실험 III군에서는 넘어선 경우가 1개, 못 미친 경우가 1개로 나타났

Table 2. Average of working length in each group

(Unit: mm)

Group	No. of Sample	Sum	Average	Standard Deviation	Difference (Control-Experimental)
Control	40	774.7	19.3675	1.66258	-
I	40	770.35	19.25875	1.554517	-0.10875
II	40	778.5	19.4625	1.639526	+0.095
III	40	774.15	19.35375	1.671802	-0.01375
IV	40	771.15	19.27875	1.665521	-0.08875

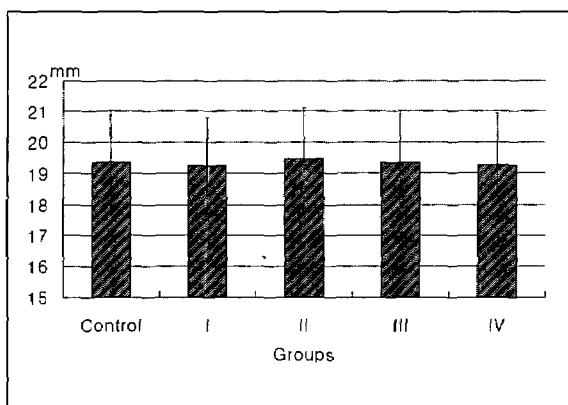


Fig. 3. Average of working length in each group (Unit: mm)

Table 3. Length difference between Root-ZX readings and radiographic readings (N=40)

Range(mm)	Frequency(%)			
	Group I	Group II	Group III	Group IV
-2.0~-1.5				
-1.5~-1.0	1(2.5)			
-1.0~-0.5	4(10)	2(5)	1(2.5)	1(2.5)
-0.5~	16(40)	8(20)	21(52.5)	21(52.5)
0	5(12.5)	3(7.5)	4(10)	5(12.5)
~+0.5	13(32.5)	26(65)	13(32.5)	12(30)
+0.5~+1.0	1(2.5)	1(2.5)		
+1.0~+1.5				1(2.5)
+1.5~+2.0			1(2.5)	

고, 실험 IV군에서는 넘어선 경우가 없이 못 미친 경우만 2개로 나타났다(Table 3).

IV. 총괄 및 고안

성공적인 근관형성과 충전을 위해서는 정확한 근관장 측정이 필수불가결하며, 근관치료의 가장 이상적인 한계는 근관의 가장 좁은 부위로 상아-백악 경계상에 위치한다고 보고되고 있다^{7,19,24,26)}. 근관장의 측정을 위해 술자의 측각과 방사선 사진은 현재까지도 널리 사용되고 있는데 Sunada³⁸⁾에 의해 치수조직과 치주조직의 저항치가 다르다는 것을 보고한 이래 근관과 치근막 간의 전기 저항의 차이를 이용한 전자근관장 측정기가 개발되면서 술자나 환자 모두에게 방사선 피폭량의 감소는 물론 진료시간을 많이 단축하게 되었다. 전형적인 전자근관장 측정기는 구강 점막과 연결되는 하나의 전극과 근관내에 삽입된 파일에 연결되는 다른 하나의 전극으로 연결되며 저항측정계가 이 두 전극 사이에 연결되어 치근막과 구강점막 사이에 형성되는 전기 저항의 변화를 알려준다.

이러한 전자근관장 측정기는 상악 제 2 대구치 등의 근관 치료시 주변의 해부학적 구조물로 인해 방사선 사진에서 치근단을 정확히 판독할 수 없는 경우나 방사선 사진을 촬영이 어려운 환자의 경우 또는 근관치료 도중에 수시로 근관장을 확인할 수 있다는 장점을 지녀 널리 사용되고 있는 추세이다.

그러나 초기에 개발된 전자근관장 측정기는 대부분 작업장을 측정하는 파일이 근단공을 넘어 치주조직에 접촉된 상태에서 근관장을 표현하기 때문에 치근단 부위의 치주조직에 손상을 초래할 가능성이 있고 파일의 크기나 근단공의 직경에 영향을 받는 것으로 알려져 있다^{20,24,35)}. 또한, 근관내에 치수조직이 잔존하거나 삼출액 등으로 채워져 있는 경우 또는 근관내에 세척액으로 차아염소산나트륨 용액과 같은 전해액을 사용하는 경우에 이들이 전극간의 저항에 영향을 주어 많은 오차를 일으킬 가능성이 있었다. 실제로 Becker 등⁶⁾은 근관치료시 남아있는 잔존치수로 인해 오차가 유발됨을 보고한 바 있으며, Huang 등²⁰⁾은 근관내의 건조여부와 치근단공의 직경이 근관장 측정기에 영향을 미치는 요인으로 근관내가 건조한 경우에는 치근단공의 직경이 2.5mm 이상으로 넓은 근관에서도 비교적 정확한 근관장의 측정이 가능하다고 보고하였다.

따라서 기존의 전자근관장 측정기는 근관내에 전도성 물질이 존재하면 근관장 측정이 어렵고 또한 부정확하여 근관내의 건조유무에 관계없이 근관장을 정확히 측정할 수 있는 근관장 측정기의 개발이 요구되었다.

1991년 Kobayashi 등²⁶⁾은 발치한 치아에서 특정 주파수를 달리하여 근관내의 용액을 변화시키면서 두 주파수에 대한 impedance의 비를 측정된 결과, 이러한 비 값은 근관내

의 용액에 영향을 거의 받지 않는다는 것을 증명하므로써 다양한 전해질 용액이 근관내에 있더라도 정확한 근관장의 측정이 가능하다고 보고하였다.

이와같이 기존의 전자근관장 측정기의 원리와는 다른 주파수 의존형 전자근관장 측정기로서 Root-ZX가 소개되고 있는 바, 이를 이용하여 실험 치아의 근관내 조건을 달리하여 즉, 전혀 기구조작없이 젖은 상태와 건조된 상태로 비교 측정하고 또한 동일한 치아를 대상으로 근관의 2/3를 Crown-down법으로 기구조작한 다음 젖은 상태와 건조된 상태로 비교측정하여 방사선 사진을 이용한 근관장 측정과 정확성이 유사한가를 증명해 보고자 본 연구를 계획하였다.

Kobayashi 등²⁶⁾은 40번 K파일을 생리식염수에 0.7mm 깊이로 접촉시켰을 때 400Hz의 전류에서 6.0kΩ의 impedance가 생긴다고 보고하였으며, 이 수치는 파일이 근단협착부에 위치했을 때 얻어지는 수치이며 초기 전자근관장 측정기의 표준치로서 이러한 연구결과를 토대로 생체 외에서 전자근관장 측정기에 관한 실험이 가능하게 되었다. 생체 외 실험에서 사용되는 전해액으로는 젤라틴 모델^{11,2)}이 사용되고 있지만, 본 실험에서는 Kobayashi²⁶⁾와 Huang²⁰⁾이 사용한 생리식염수를 이용하였으며 비교적 생체와 유사한 조건을 위해 플라스틱 통 내에 거즈를 넣고 생리식염수를 부어 축축하게 적신 다음 실험을 시행하였다(Fig. 1).

본 실험결과 현미경 하에서 육안으로 관찰하고 방사선 사진을 촬영한 후 실제 파일의 길이를 측정한 근관장과 Root-ZX를 사용하여 근관내를 여러 가지 조건으로 변화시킨 다음 측정된 근관장과는 평균값의 차이가 0.2mm 이내의 오차로 나타나 실제 생체 외에서 발거한 치아를 대상으로 연구 및 실습이 가능함을 보여주었다(Table 2).

전자근관장 측정기의 정확도를 측정하는 방법으로는 방사선 사진으로부터 얻어진 길이와 비교하는 방법¹⁾, 발치 후 파일 끝과 근단공 사이의 거리를 실제로 계측하는 방법⁴⁾, 실험동물에서 근관장 측정기를 사용하고 악골을 적출해 내어 실제의 길이를 측정하는 방법^{3,4)}, 생체외의 실험장치를 이용하여 발거한 사람의 치아에서 정확도를 측정하는 방법^{20,26)} 등이 있으며, 대개 측정치의 평균과 표준편차를 구하고 미리 정한 허용범위 내에 들어가는 백분율을 계산하여 정확도를 평가하게 된다^{12,13)}. 여러 문헌에서 보고된 전자근관장 측정기의 정확도는 15~96.2%로 연구방법 및 사용된 계기에 따라 어느정도 차이를 보였다^{9,15,36)}. 본 연구에서는 가장 일반적으로 사용되고 있는 방사선 사진을 이용한 근관장 측정방법을 대조군으로 두고 이를 기준으로 정하였는데, 보다 더 정확성을 기하기 위해 미세수술 현미경 하에서 25배의 배율로 초기 근관장 파일이 근침을 지나 보이기 시작한 시점에서 0.5mm를 뺀 길이를 근관장으로 설정하고 이를 확인하기 위해 동일한 조건과 위치에서 방사선 필름 1장에 순설측과 근원심측으로 두 번을 촬영하여 3차원적으로 비교

가 가능하도록 이중 노출법을 사용하였다(Fig. 2). 실제 임상에서 근관치료를 시행할 경우 방사선학적 치근단에서 0.5mm 짧게 확대하고 충전하는데 이를 근거로 0.5mm를 임상적 허용범위로 정하였으며 총 40개의 치아에서 방사선학적 근관장인 대조군과 실험 각 군간의 측정치를 비교한 결과 실험 I군에서 85%, 실험 II군에서 92.5%, 실험 III군에서 95%, 실험 IV군에서 95%가 임상적인 허용범위 내에 해당되었다(Table 3).

또한, 임상적인 허용범위를 벗어난 경우 실험 I군에서는 근침협착부를 넘어서는 경우가 1개, 근침협착부에 못 미친 경우가 5개로 나타났으며 실험 II군에서는 넘어서는 경우가 2개, 못 미친 경우가 1개로 나타났고, Crown-down법을 시행한 실험 III군에서는 근침협착부를 넘어서는 경우가 1개, 못 미친 경우가 1개로 나타났으며, Crown-down법을 시행하고 건조시킨 실험 IV군에서는 오히려 근침협착부에 못 미친 경우만 2개로 나타났다(Table 3).

Morgan과 Montgomery³⁰⁾는 크기가 큰 파일에서부터 작은 파일의 순으로 근관의 입구에서부터 근단부로 근관을 형성해 나가는 Crown-down pressureless법을 소개하여 이는 만족된 근관의 형성에 효과적일 뿐만 아니라 치근단공 밖으로의 근관내 잔사의 방출을 줄여주고 통상적인 근관형성법 보다 신속한 근관형성을 가능하게 함은 물론 술자의 피로도를 줄여줄 수 있어 최근 Ni-Ti 근관형성법에 주로 사용되고 있다. 실제 임상에서 전자근관장 측정기를 사용하여 근관장을 측정할 때 Crown-down법으로 근관의 입구측 2/3를 먼저 기구조작한 후 초기 근관장 파일을 삽입하면 근관의 윗부분에서 저항감이 없이 쉽게 근관장을 측정할 수 있다. 따라서 이러한 방법을 사용할 경우 근관장의 정확도에 있어서도 다소의 차이가 있을 것으로 사료되어 본 연구를 계획하게 되었다. 본 실험성적에서도 Crown-down법을 사용한 실험 III, IV군에서 임상적인 허용범위에 해당되는 백분율이 실험 I, II군 보다 다소 높게 나타났으며(Table 3), 이러한 연구 결과를 토대로 임상에서 근관치료시 Crown-down법을 먼저 시행하고 근관장을 측정하는 것이 진료시간을 단축시키고 보다 정확한 근관장을 측정하는데 도움이 될 것으로 사료되는 바이다.

Kobayashi 등²⁶⁾, Huang²⁰⁾ 등은 임피던스와 주파수형 모델은 저항 원리형 보다는 전해질 용액에 민감하지 않으며 근관에만 전해질 용액이 한정되어야 한다고 보고한 바 있다. 실제 임상에서 사용되는 근관세척액으로는 차아염소산 나트륨 용액이나 생리식염수와 같은 전해질 용액이 주로 사용되기 때문에 이러한 전해질 용액을 배제하기는 어려울 것으로 생각되며 근관치료시 전해질 용액에 상관없이 근관장을 측정할 수 있다면 이는 무엇보다도 큰 장점으로 사료된다. 따라서 본 실험에서도 근관세척액으로 생리식염수를 사용하여 근관내에 전해질 용액이 있는 경우와 근관을 건조시켜 전해질 용액을 배제한 경우를 비교한 결과 기구조작 없

이 전해질 용액이 존재하는 상태에서 근관장을 측정된 실험 I군에서는 임상적인 허용범위를 벗어난 경우가 총 40개의 치아 중 6개로 나타났고 기구조작 없이 전해질 용액을 배제한 실험 II군에서는 3개로 나타나 실험 I, II군 간에는 임상적인 허용범위에 있어서 다소간의 차이는 있었으나 통계학적인 유의한 차이는 없었으며(paired T-test), Crown-down법으로 기구조작을 시행하고 전해질 용액이 존재하는 상태에서 근관장을 측정된 실험 III군과 기구조작 후 전해질 용액을 배제한 실험 IV군에서는 총 40개의 치아 중 2개씩 나타나 실험 III, IV군 간에는 통계학적인 유의성이 없었다(paired T-test)(Table 3). 본 실험의 결과는 Kobayashi 등²⁶⁾과 Huang²⁰⁾ 등의 연구결과를 뒷받침하는 것으로 임상에서 주파수 의존형 전자근관장 측정기를 근관내 세척액의 유무에 관계없이 편리하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 근관내 기구조작의 유무에 따른 비교시 전해질 용액이 존재하는 조건에서 기구조작이 없이 Root-ZX를 사용한 실험 I군과 Crown-down법으로 근관의 입구측 2/3를 기구조작한 후 Root-ZX로 측정된 실험 III군 그리고 근관내 전해질 용액을 배제한 후 기구조작 없이 Root-ZX로 측정된 실험 II군과 Crown-down법으로 근관의 입구측 2/3를 기구조작한 후 Root-ZX로 측정된 실험 IV군 간에도 역시 통계학적인 유의성이 없게 나타나(paired T-test), Root-ZX는 근관내 기구조작의 유무에 관계없이 사용이 가능하나 전자근관장을 측정하기 전에 미리 근관의 입구측 2/3를 기구조작한 후 전자근관장을 측정하는 것이 근관의 직선화 경향에 따른 근관장의 변화 가능성을 줄이고 실험 도중 오차를 줄이기 위해서라도 바람직할 것으로 생각된다.

전자근관장 측정기의 정확성에 관한 국내외의 연구동향을 살펴보면 국내에서는 김 등²⁷⁾, 박 등²⁸⁾, 강 등¹⁾, 김 등³⁾이 주파수 의존형 전자근관장 측정기인 Root-ZX의 정확성에 관해 연구한 바 있으며 0.5mm의 임상적인 허용범위가 66%에서부터 87.5%로 다양하게 나타났다. 국외의 연구로는 Ounsi 등³³⁾, Pagavino 등³⁴⁾, Steffern 등³⁷⁾, Nahmias 등³¹⁾, Frank 등¹⁵⁾, Fouad 등^{12,13)}, Shabahang 등³⁶⁾이 각종 전자근관장 측정기의 정확성이 비교연구하여 0.5mm의 임상적인 허용범위를 89.64%에서부터 96.2%까지 다양하게 보고하고 있으며 심지어 근관장을 측정하는 다른 어떤 방법보다도 신뢰할 만 하다고 주장하고 있다. 반면, Keller 등²⁵⁾은 많은 경우에서 전자근관장 측정시 근단공을 넘어 과잉충전의 위험성이 있다고 보고한 바 있다. 뿐만 아니라 Mayeda 등²⁹⁾, Kovacevic 등²⁷⁾, Fouad 등¹⁴⁾, Hulsmann 등²⁵⁾은 근관내의 치수의 생활력과 근단공의 크기와 관련하여 전자근관장 측정기의 정확성을 비교연구하여 정확성에 있어서 치수의 생활력과는 무관하며 근단공의 직경이 커질수록 근관장이 실제 길이보다 짧게 나타난다고 보고하였다.

본 연구에서는 0.5mm의 임상적 허용범위가 실험조건에

따라 85%에서부터 95%로 다른 연구결과에 비해 다소 높게 나타난 바, 이는 여러 가지 실험오차를 줄이기 위해 직선형 근관을 사용했기 때문으로 추정되며 앞으로 만곡형 근관에서의 여러 가지 조건에 따른 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구결과와 이상의 연구보고들을 종합해 볼 때, 주파수 의존형 전자근관장 측정기인 Root-ZX는 임상에서 방사선 촬영이 어려운 환자나 해부학적 구조물로 인해 근단부위의 판독이 곤란한 경우 근관내의 전해질 용액에 관계없이 근관장을 측정할 수 있는 보조장비로 생각되며, Crown-down 법과 병행하여 근관의 입구측 2/3 부위를 먼저 기구조작하고 근관장을 측정하면 훨씬 간편하고 정확한 근관장 측정용 장비로서 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

근단부위 형성이 완료되고 우식이 없이 발거된 건전한 상, 하악 전치 40개를 대상으로 새로이 개발되어 사용되고 있는 주파수 의존형 전자근관장 측정기인 Root-ZX의 정확성을 평가하기 위해 치수강 개방 후 동일한 치아에서 방사선 사진상의 근관장을 대조군, 근관내의 실험조건을 달리하여 기구조작없이 전해질 용액이 존재하는 경우 Root-ZX로 측정된 근관장을 실험 I군, 실험 I군과 동일한 조건에서 전해질 용액을 배제한 후 Root-ZX로 측정된 근관장을 실험 II군, Crown-down법으로 근관의 입구측 2/3를 기구조작한 후 전해질 용액이 존재하는 경우 Root-ZX로 측정된 근관장을 실험 III군, 실험 III군과 동일한 조건에서 전해질 용액을 배제한 다음 Root-ZX로 측정된 근관장을 실험 IV군으로 분류하여 비교평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 근관장의 평균은 대조군에서는 19.37 ± 1.66 , 실험 I군에서는 19.26 ± 1.55 , 실험 II군에서는 19.46 ± 1.64 , 실험 III군에서는 19.35 ± 1.67 , 실험 IV군에서는 19.28 ± 1.67 로 나타나 전체적인 비교시 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.
2. 근관내 전해질 용액의 유무에 따른 비교시, 기구조작을 시행하지 않은 실험 I군과 II군 그리고 Crown-down법으로 기구조작을 시행한 실험 III군과 IV군 간에는 통계학적인 유의한 차이가 없었다.
3. 근관내 기구조작의 유무에 따른 비교시, 근관내 전해질 용액이 존재하는 조건에서 기구조작을 시행하지 않은 실험 I군과 Crown-down법으로 기구조작한 실험 III군 그리고 근관내 전해질 용액을 배제한 조건에서 기구조작을 시행하지 않은 실험 II군과 Crown-down법으로 기구조작한 실험 IV군 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.
4. 방사선 사진상의 근관장과 비교시 $\pm 0.5\text{mm}$ 이내의 임상적 허용범위는 실험 I군에서 85%, 실험 II군에서

92.5%, 실험 III군에서 95%, 실험 IV군에서 95%를 나타냈다.

이상으로 임상에서 주파수 의존형 전자근관장 측정기인 Root-ZX를 사용할 경우에는 전해질 용액의 유무에 관계없이 Crown-down법으로 근관의 입구측 2/3를 미리 기구조작한 후 근관장을 측정하는 것이 효율적인 방법으로 사료되는 바이다.

참 고 문 헌

1. 강대훈, 정관희, 윤수한, 배광식 : "전자근관장측정기 Root-ZX의 정확도에 관한 연구", 『대한치과보존학회지』, 23:339-345, 1998.
2. 김병현, 이영규, 김용식 : "기계적 협착부를 갖는 근관에서 Root-ZX의 정확도에 관한 연구", 『대한치과보존학회지』, 24:628-632, 1999.
3. 김희정, 홍찬의 : "근관장 측정기의 정확도에 관한 연구", 『대한치과보존학회지』, 21:289-299, 1996.
4. 박주현, 노병덕, 이승중 : "주파수 의존형 전자근관장측정기의 정확도에 관한 연구", 『대한치과보존학회지』, 21:150-160, 1996.
5. Altman M et al. : "Apical root anatomy of human maxillary central incisors". Oral Surg., 30:694-699, 1970.
6. Becker GJ, Lankelma P, Wesselink PR : "Electronic determination of root canal length". J.O.E., 6:876-880, 1980.
7. Blayney JR : "Some factors in root canal treatment", J. Dent. Res., 11:840, 1924.
8. Burch JG, Hulen S : "The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root". Oral Surg., 34:262-267, 1972.
9. Chunn CB, Zardiackas LD, Menke RA : "In vivo root canal length determination using forameter". J.O.E., 7:515-520, 1981.
10. Cohen S, Burns RC : "Pathways of the pulp", 7th edition, 211, Mosby, 1998.
11. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC : "An in vitro test of simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices", J.O.E., 20:605-606, 1994.
12. Fouad AF, Krell KV : "An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments", J.O.E., 15:573-577, 1989.
13. Fouad AF et al. : "A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments", J.O.E., 16:446-449, 1990.
14. Fouad AF, Rivera EM, Krell KV : "Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size", J.O.E., 19:63-67, 1993.
15. Frank AL, Torabinejad, M : "An in vivo evaluation of endex electronic apex locator", J.O.E., 19:177-179, 1993.
16. Goldmann, M. et al. : "Reliability of radiographic interpretations", Oral Surg., 38:287-293, 1974.
17. Green D : "A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular posterior teeth", Oral Surg., 9:1224-1232, 1956.
18. Green D : "Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth", Oral Surg., 13:728-733, 1960.
19. Groove CJ : "Faculty technic in investigations of the apices of pulpless teeth", J.A.D.A., 13:746, 1926.
20. Huang L : "An experimental study of the principle of electronic root canal measurement", J.O.E., 13:60-64, 1987.
21. Hulsmann M, Pieper K : "Use of an electronic apex locator

- in the treatment of teeth with incomplete root formation", *Endod. Dent. Traumatol.* 5:238-241, 1989.
22. Ingle JI, Taintor JF : "Endodontics", 3rd edition, 37, 169. Lea & Febiger. 1985.
 23. Inoue N, Skinner DH : "A simple and accurate way of measuring of root canal length", *J.O.E.*, 11:421-427, 1985.
 24. Katz A et al. : "Tooth length determination : A review", *Oral Surg.* 72:238-242, 1991.
 25. Keller ME, Brown CE, Newton CW : "A clinical evaluation of the Endocater-An electronic apex locatro", *J.O.E.*, 17:271-274, 1991.
 26. Kobayashi C, Suda H : "New Electronic canal length measuring device based on the ratio method", *J.O.E.* 20:111-114, 1994.
 27. Kovacevic M, Tamarut T : "Influence of the concentration of ions and foramen diameter on the accuracy of electronic root canal length measurement-An experimental study", *J.O.E.*, 24:346-351, 1998.
 28. Kuttler Y. : "Microscopic investigation of root apexes", *J.A.D.A.*, 50:544-552, 1955.
 29. Mayeda DL, et al. : "In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator", *J.O.E.*, 19:545-548, 1993.
 30. Morgan LF. and Montgomery S : "An Evaluation of the Crown-down Pressureless Technique", *J.O.E.*, 10:491-498, 1984.
 31. Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H : "An in vitro model for evaluation of electronic root canal length measuring devices", *J.O.E.*, 13:209-214, 1987.
 32. O'Neill LJ : "A clinical evaluation of electronic root canal measurement", *Oral Surg.*, 38:469-473, 1973.
 33. Ounsi HF, Naaman A : "In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator", *Int. Endod. J.*, 32:120-123, 1999.
 34. Pagavino G, Pace R, Baccetti T : "A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator", *J.O.E.*, 24:438-441, 1998.
 35. Seltzer S, Soltanoff W, Smith J : "Periapical tissue reactions to root canal instrumentation beyond the apex and root canal fillings short of and beyond the apex", *Oral Surg.*, 36:725-737, 1973.
 36. Shabahang S, Goon WWY, Gluskin AH : "An in Vivo Evaluation of Root ZX Electronic Apex Locator", *J.O.E.*, 22:616-618, 1996.
 37. Steffen H, Splieth CH, Behr K : "Comparisonn of measurements obtained with hand files or the Canal Le electronic apex locators: an in vitro study", *Int. Endod. J.*, 32:103-107, 1999.
 38. Sunada I : "New method for measuring working lengths of root canal", *J. Dent. Res.*, 42:375-378, 1962.