

미세단층촬영기(Micro-CT)를 이용한 전자 근관장 측정기의 정확성에 관한 연구

전경진[#], 김양수^{*}, 남태계^{**}

A Study on the Accuracy of the Electronic Apex Locator Using a Micro-Computed Tomography

Keyoung Jin Chun[#], Yang Soo Kim^{*} and Tae Kye Nam^{**}

ABSTRACT

The length of root canal has to be measured for endodontic treatment. Several electronic apex locators were developed to measure the length of root canal by other researchers. And their accuracies were verified by X-ray or micrometer method. But these methods did not consider the non-linear bends of pulp and had ± 0.5 mm error which was large enough to measure the length of root canal.

The purpose of this study is the introduction of a new method to measure the length of root canal and the verification of the accuracy of an electronic apex locator using a Micro-CT. The length of root canal of 6 teeth were measured with the electronic apex locator. When the electronic apex locator reads 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 and 1.0 mm length of the file which was inserted in the hole of the tooth to measure the length of root canal. The average (\pm Standard deviation) length of root canal of 6 teeth measured by the Micro-CT was 0.49 ± 0.03 , 0.59 ± 0.04 , 0.68 ± 0.03 , 0.78 ± 0.03 , 0.90 ± 0.04 and 1.01 ± 0.03 mm, respectively. The maximum error of the electronic apex locator was 0.06 mm.

Key Words : Accuracy (정확성), CT-Analyser (CT 분석프로그램), Electronic Apex Locator (전자 근관장 측정기), Mandibular First Premolar (하악 제 1 소구치), Micro-CT (미세단층촬영기), Root Canal (근관)

1. 서론

임상에서는 치근관(Root canal)의 길이를 측정하기 위해 주로 방사선 사진을 이용했다.¹ 이러한 방법은 이미 측정된 치아의 평균길이, 치료 전에 촬영한 방사선 사진, 시술 시 파일을 넣을 때의 감각 등을 기초로 하여 근관 내에 파일을 삽입한 후에

방사선 사진을 찍는 것이다. 파일의 길이는 방사선학적 치근첨단공(Apex)에서 치아 내부 방향으로 약 1mm 위에 파일 끝이 오도록 하여 채고, 그 값을 근관장(Length of root canal)으로 정하게 된다.^{2,3} 치아의 내·외부형태는 환자마다 차이가 있으므로 근관 내 기구조작이나 충전(Plugging)시에는 정확한 길이를 확보하는 것이 반드시 필요하다.^{4,5}

☞ 접수일: 2006 년 8 월 30 일; 게재승인일: 2007 년 5 월 8 일

교신저자: 한국생산기술연구원

E-mail: chun@kitech.re.kr Tel. (041) 589 - 8430

* 한국생산기술연구원

** ㈜ 에스덴타

기존 연구들은 근관장을 치근단공의 0.5mm 위 까지로 정하고 임상적 허용범위 ± 0.5 mm 를 기준으로 근관장 측정기의 정확성을 연구하였다.^{3,6,7,8} 또한 근관장 측정기로 측정된 데이터를 검증하기 위해 파일이 삽입된 치아를 부분 절단하여 측정하거나 방사선 사진을 촬영하여 정밀도가 낮은 측정 도구를 이용하였다.^{2,9}

이에 본 연구에서는 국내에서 최초 개발된 전자 근관장 측정기 (Electronic apex locator, EMF-100) 로 근관장의 길이를 측정하였고, 미세단층촬영기 (Micro-CT, SKYSCAN-1072, SKYSCAN, Belgium)를 통하여 이에 대한 정밀도를 검증하고자 하였다.

2. 측정과정 및 방법

2.1 측정시편

하악 제 1 소구치(Mandibular first premolar)는 치열궁(Arch)에서 위 Fig. 1 에서 표시한 부분에 위치한다.

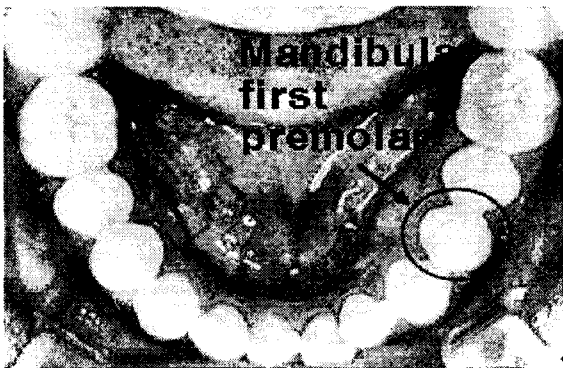


Fig. 1 Mandibular first premolar

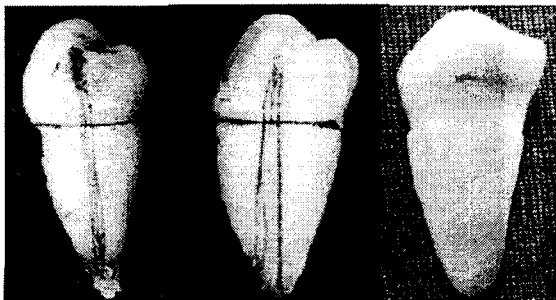


Fig. 2 Mandibular first premolar from females

본 연구에서는 Fig. 2 와 같이 여성 하악 제 1 소구치(Mandibular first premolar from females) 3 개의 시편을 사용하였다. 시편은 근관치료 상황과 동일하게 조성하기 위하여 법랑질 중앙 부위에 Hole 을 가공하였고, 치아 내에 잔존된 치수 잔사 (Pulp rests)를 Barbed broach 로 제거하고 생리식염수로 근관을 세척한 후 Paper point 로 건조시켰다.

2.2 전자 근관장 측정기의 측정원리

전자 근관장 측정기의 측정원리는 2 개의 주파수(500Hz, 5kHz)를 갖는 전압을 보낸 후 일정한 임피던스값의 차이를 나타내던 두 주파수가 급격한 편차를 나타내는 임피던스값과 그 거리를 기준으로 측정값을 나타내었다.^{6, 10} Fig. 3 의 그래프는 원리를 나타낸 것이며 이를 수식화 하면 다음과 같다.

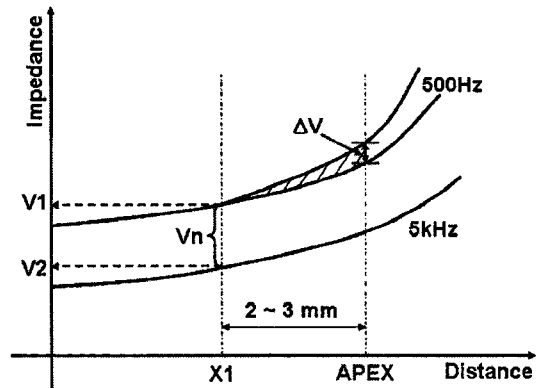


Fig. 3 Measurement principle of electronic apex locator

두 개의 주파수를 갖는 전압에서 발생하는 임피던스 값은 X1 지점까지 일정한 차이를 보이다 치근단공 0.5 mm 를 기준으로 2 ~ 3 mm 에서부터 일정하지 않은 차이값을 보인다. 이후 Va 의 임피던스값이 6.5 kΩ이 발생하는 지점이 있는데 이 지점을 Apex 라고 표시한다. 이를 수식으로 정리하면 식 (1), (2)와 같다.

$$V_n = V_1 - V_2 : V_n \text{ is constant} \quad (1)$$

$$V_a = V_2 + V_n + \Delta V \quad (2)$$

*V1 : X1 에서 500Hz 의 임피던스 값

*V2 : X1 에서 5kHz 의 임피던스 값

- *Va : 두 주파수의 임피던스 값 차이
- * ΔV : X1 에서 APEX 사이에 생기는 일정한 임피던스 값 이외의 이상 임피던스 발생 값

위와 같은 원리로 치아 근관시술(Endodontic treatment) 시 중요시되는 치근단공에서 0.5 mm 에 해당되는 부위를 측정하는데 Apex 에서 3 mm 이후 부터 발생하는 두 주파수의 임피던스 차이를 가지고 거리를 계산해 나타내는 것이다.

2.3 전자 근관장 측정기의 측정방법

전자 근관장 측정기의 측정방법은 먼저 Probe 연결단자에 File holder, Lip clip 을 장착하고 본체와 연결한 후 전원을 ON 시킨다. 그리고나서 환자의 구강환경으로 설정하기 위하여 해면체를 적당한 크기로 잘라 생리식염수로 적신 후 Lip clip 을 한쪽 면에 꽂고 측정시편을 해면체에 식립한다. 전자 근관장 측정기의 측정 System 은 기본적으로 Fig. 4 와 같이 구성된다.

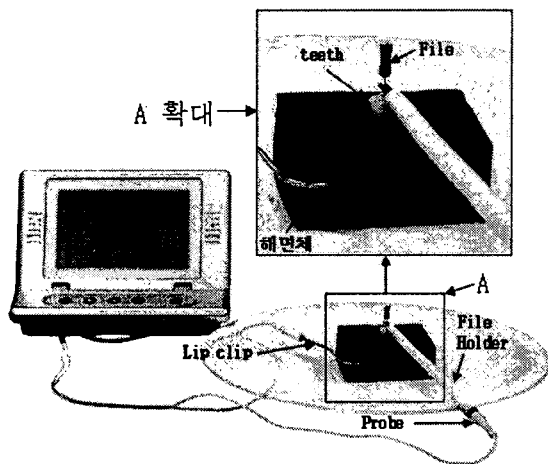


Fig. 4 Measurement method of electronic apex locator

2.4 미세단층촬영기 측정방법

미세단층촬영기는 직경 14 mm 의 샘플 지지대 (Sample holder)위에 치아 시편 측정을 위한 지그를 설계 · 제작하여 사용하였고, Fig. 5 는 미세단층촬영기 내에 지그에 고정된 치아가 삽입된 자료이다. 측정은 길이 약 30 mm 인 시편으로부터 근관 치료 시 가장 유효한 0.5 mm 를 기준으로 실제 치과에서 시술시 치아에 파일이 삽입되면서 측정이 이루어

지는 상황을 고려하여 1.0 mm 부터 0.1 mm 단위씩 줄여 각각 6 개의 시편을 측정하였고, 해당 부위는 약 10 mm 정도의 중요부위를 약 500 장의 횡단면 미세영상을 촬영하였다.

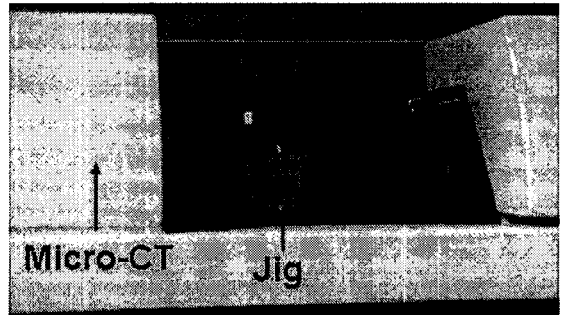


Fig. 5 Jig in Micro-CT

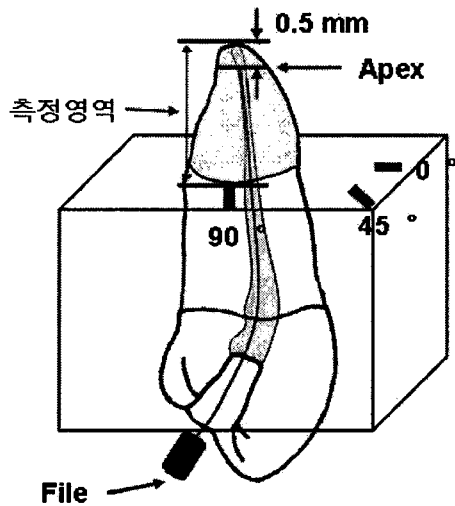


Fig. 6 Projection drawing of tooth and jig

2 차원 미세영상은 256 회색조(Gray scale)를 바탕으로 감쇠계수를 0.266 ~ 0.051 으로 사용하였으며, 해상도(Spatial resolution)는 1024×1024 의 화소(Pixels)로 구성되어 있으며, 영상장밀도는 8 μ m, 횡단면 간격은 14.08 μ m로 설정하여 TomoNT (SKYSCAN, Belgium) 소프트웨어를 이용하여 2 차원 횡단면 영상(Cross-sectional image)을 촬영하였다. 측정과정은 전자 근관장 측정기로 앞서 측정된 시편을 측정 지그에 삽입한 후 미세단층촬영기에 장착한 후 굴곡진 치수길기와 치근단공의 위치

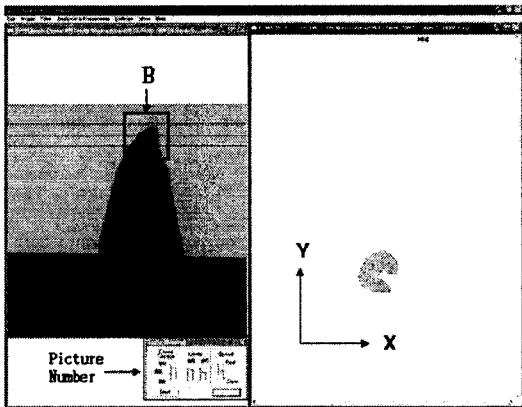
판단을 위하여 치아 전면사진을 0°, 45°, 90° 세 방향으로 촬영하였고 Fig. 6 과 같다.

측정범위를 셋팅한 후 치아의 2 차원 횡단면 영상을 촬영하였고, 촬영된 2 차원 횡단면 영상 데이터를 분석 소프트웨어에서 사용할 수 있는 BMP 포맷의 데이터 파일로 변환하였다.

3. 결과 및 분석

3.1 미세단층촬영기 측정 Data 분석

File 끝단면 값은 치아시편에 삽입한 File 이 미세단층촬영기에 촬영된 2 차원 단면사진의 촬영 Number 를 의미하며 치근단은 치아의 끝부분에서 치수조직과의 연결통로가 되는 지점의 촬영 Number 를 의미한다. 따라서 Micro-CT 측정값 인자 Z 는 다음과 같은 식 (3)으로 구하여지며 그 2 차원 측정단면 예시는 Fig. 7 과 같다.



B 확대

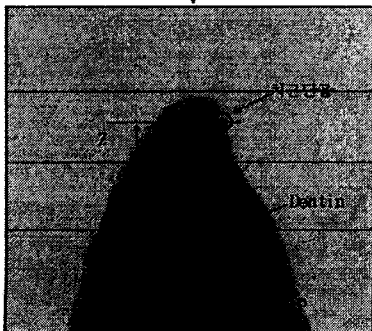


Fig. 7 Displacement measurement of Z using CT analyser

$$Z = (\text{치근단공} - \text{File 끝단면}) \times 14.08 \mu\text{m}(\text{횡단면 간격}) \quad (3)$$

X, Y 값은 2 차원 단층촬영 값으로만 측정을 할 경우 치수(Pulp)조직의 굴곡 등으로 생기는 오차와 기본적인 근관장 측정기의 측정원리를 고려하여 3 차원 길이측정을 하기 위하여 다음과 같은 수식 (4)를 이용하였다.

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (4)$$

치수(Pulp)조직의 굴곡 시 해당 단면을 TomoNT 프로그램을 이용하여 2 차원 좌표 X, Y 값을 추출하였다. 다음 Fig. 8 은 TomoNT 프로그램을 이용하여 2 차원 단면을 분석 · 측정하는 예시이다.

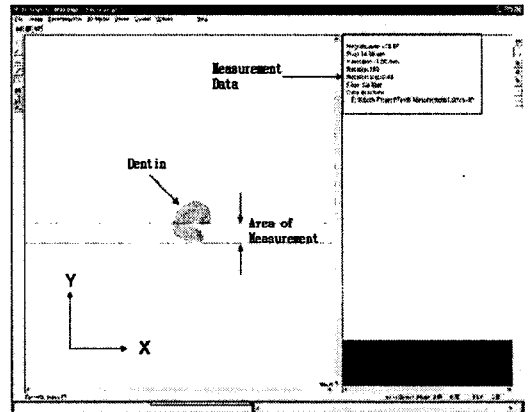


Fig. 8 Displacement measurement of X and Y using TomoNT

3.2 측정결과

측정은 고급형 근관장 측정기로 우선 0.5 mm 부터 1.0 mm 까지 0.1 mm 단위로 각 치수당 6 개의 시편을 측정하였다. 그 결과를 기본으로 하여 각 측정값을 구분하여 Micro-CT 로 절대치를 측정하였으며 그 결과는 Table 1, 2, 3, 4, 5, 6 과 같고 이 결과들을 정리하여 각 길이별 전자 근관장 측정기와 미세단층촬영기의 측정결과를 Table 7 로 나타내었다.

Fig. 9 는 근관장 측정기로 측정된 각 측정구간

Table 1 Measurement values of 0.5 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
0.5 (mm)	1	722	731	0.13	0.25	0.34	0.44
	2	798	800	0.03	0.33	0.37	0.50
	3	772	791	0.27	0.27	0.29	0.47
	4	720	731	0.15	0.31	0.37	0.51
	5	884	891	0.10	0.41	0.30	0.51
	6	749	777	0.39	0.18	0.24	0.50
X ± SD						0.49 ± 0.03	

Table 2 Measurement values of 0.6 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
0.6 (mm)	1	761	782	0.31	0.26	0.38	0.56
	2	848	871	0.32	0.24	0.44	0.59
	3	750	778	0.39	0.24	0.46	0.65
	4	811	819	0.11	0.38	0.41	0.57
	5	730	743	0.18	0.33	0.39	0.54
	6	819	839	0.28	0.31	0.46	0.62
X ± SD						0.59 ± 0.04	

Table 3 Measurement values of 0.7 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
0.7 (mm)	1	699	741	0.59	0.32	0.24	0.71
	2	807	835	0.39	0.37	0.44	0.69
	3	766	801	0.49	0.28	0.31	0.65
	4	851	876	0.35	0.25	0.50	0.66
	5	778	805	0.38	0.31	0.45	0.67
	6	761	794	0.46	0.25	0.46	0.70
X ± SD						0.68 ± 0.03	

Table 4 Measurement values of 0.8 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
0.8 (mm)	1	801	827	0.37	0.39	0.51	0.74
	2	743	797	0.76	0.20	0.21	0.81
	3	857	885	0.39	0.39	0.57	0.80
	4	808	849	0.58	0.30	0.44	0.78
	5	812	850	0.54	0.38	0.43	0.79
	6	775	803	0.39	0.30	0.55	0.74
X ± SD						0.78 ± 0.03	

Table 5 Measurement values of 0.9 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
0.9 (mm)	1	555	604	0.69	0.52	0.34	0.93
	2	733	797	0.90	0.18	0.17	0.93
	3	676	721	0.63	0.31	0.47	0.85
	4	685	745	0.84	0.14	0.20	0.88
	5	674	729	0.77	0.28	0.25	0.86
	6	719	751	0.45	0.79	0.22	0.93
X ± SD						0.90 ± 0.04	

Table 6 Measurement values of 1.0 mm specimen using the micro-CT

구분	File 끝단면	치근단공	Z(mm)	X(mm)	Y(mm)	D(mm)	
1.0 (mm)	1	709	761	0.73	0.45	0.48	0.98
	2	715	767	0.73	0.42	0.48	0.97
	3	871	930	0.83	0.39	0.45	1.02
	4	687	722	0.49	0.61	0.70	1.05
	5	685	727	0.59	0.68	0.55	1.05
	6	703	732	0.41	0.66	0.62	0.99
X ± SD						1.01 ± 0.03	

Table 7 Comparison of measurement values of the micro-CT and the electronic apex locator

미세단층촬영기 (Micro-CT) 측정결과 (mm)	전자근관장측정기 측정결과 (mm)
0.49 ± 0.03	0.5
0.59 ± 0.04	0.6
0.68 ± 0.03	0.7
0.78 ± 0.03	0.8
0.90 ± 0.04	0.9
1.01 ± 0.03	1.0

별 마이크로 CT 의 검증값을 비교한 것이다. 예를 들면, Table 7 에 나타난 바와 같이 근관장 측정기로 0.5 mm 값이 측정된 시편을 마이크로 CT 로 촬영 후 Data 분석 결과 0.49 ± 0.03 mm 값이 나타나 유효한 범위 내에 들어오는 것을 알 수 있다. 위와 같은 방법으로 근관장 측정기로 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 mm 로 측정된 시편을 마이크로 CT 로 촬영 후 Data 분석 결과 0.59 ± 0.04, 0.68 ± 0.03, 0.78 ± 0.03, 0.90 ± 0.04, 1.01 ± 0.03 mm 의 값이 나타나 모

두 유효한 범위 내에 들어오는 것을 알 수 있다.

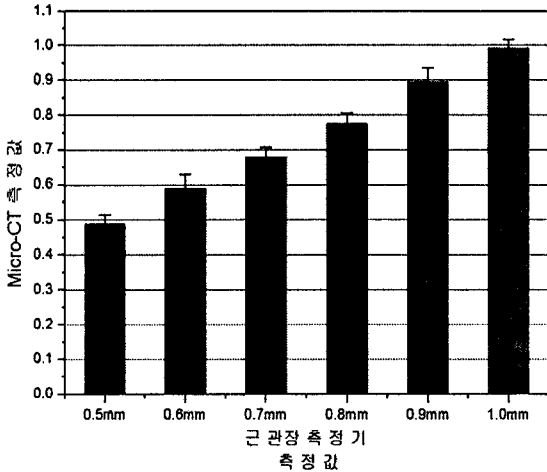


Fig. 9 Measurement values of the electronic apex locator

4. 결론

이번 연구를 통하여 전자 근관장 측정기인 EMF-100 의 측정 정확도에 대한 검증방법으로 방사선촬영법이 아닌 3 μm의 측정정밀도를 갖는 미세 단층촬영기(Micro-CT)를 이용하여 측정· 비교하였다. 본 연구에서는 기존의 0.5 ± 0.5 mm 의 치아 근관 시술시의 임상적 허용범위를 적용시키지 않고, 치근단공에서 치수내부방향으로 0.5 mm 위치인 Apex 를 기준으로 + 0.5 mm 를 측정 허용범위로 정하였다. 그 이유는 첫째, 시술 시 파일을 범랑질 (Enamel)부위부터 삽입하여 Apex 까지 측정해가는 방향과 방법을 고려한 것이며 둘째, Apex 에서 치근단공까지 -0.5 mm 구간은 시술 시 파일이 치근단공을 뚫고 나와 자칫 신경에 손상을 주거나 충전재를 치수에 채웠을 때 치근단공 아래에 있는 신경까지 충전재가 빠져 나와 신경에 손상을 줄 수 있기 때문이다.

위와 같은 근거로 측정영역을 0.5 (Apex) ~ 1.0 mm 범위로 정하였고 파일이 삽입되면서 Apex 에 도달할 때까지의 측정값들이 정확성이 있는지를 검증하기 위해 각각 0.1mm 단위의 길이변화에도 허용오차가 0.1 mm 이내로 측정되는지를 판단하였다. 그 결과로서 전자 근관장 측정기의 측정 Data 와 미세단층촬영기로 측정한 Data 를 비교· 검증한 결과 허용오차가 0.1 mm 일 때 0.5 mm ~ 1.0 mm

영역은 측정값 모두 허용오차 범위 안에 들어옴을 알 수 있었으며, 최대 오차는 0.06 mm 였다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 생산기술연구 사업 연구과제로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Johnson, W. T., "Color Atlas of Endodontics," Daehan Narae Publishing, pp. 67-98, 2003.
2. Nam, K. C., Kim, S. C., Lee, S. J., Kim, Y. J., Kim, N. G. and Kim, D. W., "Root Canal Length Measurement in Teeth with Electrolyte Compensation," Med. Biol. Eng. Comput., Vol. 40, No. 2, pp. 200-204, 2002.
3. Sunada, I., "New Method for Measuring the Length of the Root Canal," Journal of Dent. Res., Vol. 41, pp. 376-387, 1962.
4. Arens, D. E., "Surgical Endodontics for Clinician," Daehan Narae Publishing, pp. 3-22, 2002.
5. Chun, K. J., Lee, H. J. and Chung, D. T., "A Study of the Standardization in the Mandibular First Premolar of the Middle Aged Korean," J. of the KSPE, Vol. 23, No. 2, pp.154-163, 2006.
6. Yamaoka, M., Yamashita, Y. and Saito, T., "Electrical Root Canal Measuring Instrument Based on a New Principlen," Tokyo, Nihon University School of Dentistry, 1989.
7. Hwang, H. K, Shin, Y. G. and Kim, P. S., "A Study on the Accuracy of the Root-ZX According to the Various Conditions of Root Canals," The Korean Academy of Conservative Dentistry, Vol. 25, No. 3, pp. 477-481, 2000.
8. Kim, E. S. and Lee, S. J., "Electronic Apex Locator," Dent. Clin. N. Am., Vol. 48, No. 1, pp. 35-54, 2004.
9. Shin, J. W., "Dental Morphology," Jungmoonkak publish, second editon, 1995.
10. Kobayashi, C., Matoba, K., Suda, H. and Sunada, I., "New Practical Model of the Division Method Electronic Root Canal Length Measuring Device," Journal of Jpn. Endodon Assoc., Vol. 12, pp. 143-148, 1991.