

◆특집◆ 생체역학 시스템 모델링

Micro-CT를 이용한 하악 제2대구치의 형태학적 연구

전경진\*, 유의식\*

Morphological Study of the Mandibular Second Molar Using a Micro-CT

Kyoungh Jin Chun\* and Ouisik Yoo\*

**Key Words** : Mandibular second molar (하악 제2대구치), Morphological Criterion (형태학적 기준), Morphological Comparison (형태학적 비교), Micro-CT (미세단층촬영), Tooth(치아)

1. 서론

현재는 국내에서 치아(Tooth) 가공과정에 필요한 영구치아(Permanent teeth) 평균 치수표로 G. V. Black<sup>1</sup>의 데이터를 사용하고 있다. 그러나 이 데이터들은 Boley gauge로 측정되어 측정 오차가 크다. 또한, 피실험자의 나이, 성별<sup>2</sup>, 인종, 개인환경<sup>3</sup>을 고려하지 않고 측정하였기 때문에 한국인 치아에 적용하기에 적합하지 않다. 이러한 이유로 동일 기준으로 정확하게 측정이 가능한 측정 표준의 필요하다.

임상학자들은 포스트(Post), 임플란트 등을 이용한 치아치료, 교모(Attrition), 마모(Abrasion) 및 파절(Affection), 우식(Caries)<sup>4</sup> 및 신경치료, 상아질(Dentin) 변화의 일종인 병적 제 2 상아질의 원인을 파악하기 위하여 치아 내부 형상을 중요하게 생각하고 있다. 치과에서는 내부 형상에 대해 파괴적 방법이나 방사선을 이용한 방법을 중심으로 연구가 이루어져왔다.

치아 형태학에 관련된 선행연구들을 살펴보면 치아 절단으로 인해 측정치수의 정밀하지 않으며, 치아 연구 방법에 따른 연구시간이 지나치게 많이 소요되거나, 측정 자료의 적용을 위한 기준을 분

명하게 제시하지 않았다.

그러나 최근 의료영상분야에서 전산화단층촬영기(Computed tomography, CT)가 비파괴검사(Non-destructive testing)에 광범위하게 사용되고 있으며<sup>5</sup>, 치의학 분야에서도 CT와 X-ray 등으로 측정된 2차원 데이터들을 공학적인 방법<sup>6</sup>을 이용하여 3차원으로 형상화한 후 병종의 진단과 가상시술수행, 임플란트의 종류에 따른 최적의 형태 제시<sup>7</sup>, 응력 분포나 레진에 따른 응력 분포<sup>8</sup>에 대한 연구에 적용되고 있다.

이에 본 논문에서는 미세단층촬영기(Micro-CT)를 사용하여 치아를 파괴하지 않고, 정밀하게 내부 형태를 측정할 수 있는 기준을 적용하여 표준화 및 형태학적 비교 자료를 제시하고자 한다.

2. 측정 방법

2.1 시편과 지그

시편으로 한국인 성인 남성 3명, 여성 5명의 하악 제 2 대구치를 사용하였다. 치아 조직이 상실되거나 형상이 기이하지 않고, 치근이 두 개인 것만을 사용하였다.

미세단층촬영을 위해 지그를 사용하여 Fig. 1과 같이 시편을 장착하였다. 치아 기준축은 개별 치아의 차이에 동일 기준을 적용하기 위해 치열궁 관점에서 설정되었다. 시편의 축은 지그 표면에 표시한 축과 일치시키고, 시편이 지그의 하부에

\* 한국생산기술연구원 융합기술개발단  
Tel. 041-589-8430, Fax. 041-589-8413  
Email chun@kitech.re.kr

고정이 되면 미세단층촬영기의 챔버에 넣기 전에 지그의 상부를 제거하였다.

촬영과정은 다음과 같다.

1) 시편에 치아 기준축 1, 치아 기준축 2, 수평축을 설정한다. 치아 기준축 1은 근심면에서 교두로부터 치근단공까지이다. 수평축은 치아 기준축 1과 수직하고 치경선의 가장 낮은 점을 지나는 선이다. 치아 기준축 2는 협면에서 교두로부터 치근단공까지이며, 수평축에 수직하고 치경폭의 약 1/2 지점을 지난다.

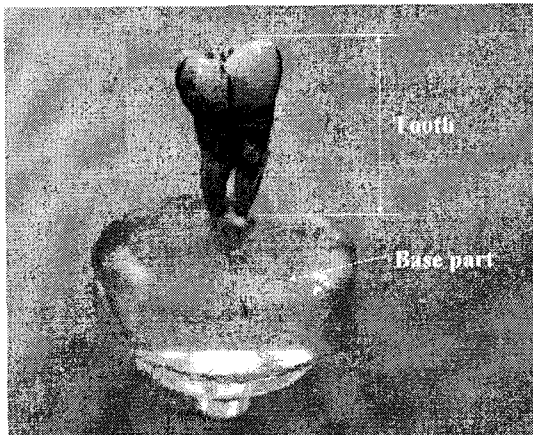


Fig. 1 Tooth Sample after Removing Upper Part of the Jig

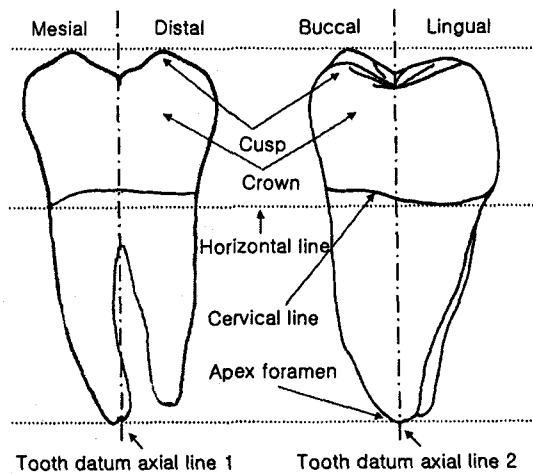


Fig. 2 Tooth Datum Axial Lines and Horizontal Axial Line

- 2) Fig. 3 과 같이 시편을 지그에 고정시킨다.
- 3) 지그의 하부에 접촉제를 사용하여 시편을 고정시킨다.
- 4) 지그의 상부에 있는 4 개의 나사를 사용하여 지그의 축과 시편의 축을 일치시킨다.
- 5) 접촉제가 굳으면 지그의 상부를 제거한다.

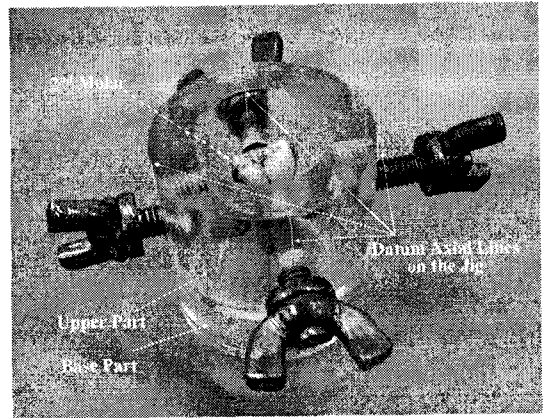


Fig. 3 Top View of the Jig

## 2.2 외부형태학적 측정기준

외부형태학적 기준은 Fig. 4 와 같으며, G. V. Black 이 서양인을 대상으로 한 측정 기준과 동일하게 하였다. 치관의 길이와 치근의 길이를 더하면 치아의 길이가 되므로, 측정부위는 9 개이다.

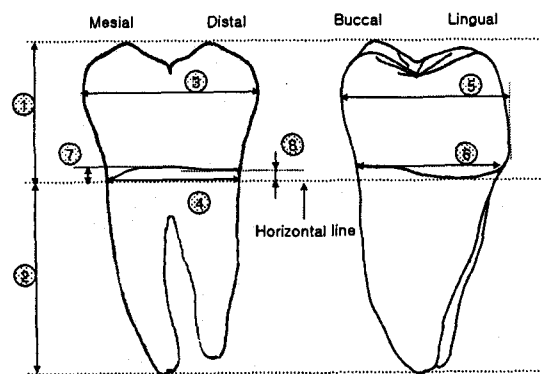


Fig. 4 External Morphological Measurement Parts in the Mandibular Second Molar

외부형태학 부위번호(external morphological part number, 이하 EMPN) 의 의미는 다음과 같다.

- ① 치관길이 (Length of crown)
- ② 치근길이 (Length of root)

- ③ 치관 근원심길이 (Mesio-distal diameter of crown)
- ④ 치경 근원심길이 (Mesio-distal diameter of crown at cervix)
- ⑤ 치관 협설길이 (Labio-lingual diameter of crown)
- ⑥ 치경 협설길이 (Labio-lingual diameter of crown at cervix)
- ⑦ 근심 치경선만곡 (Mesial curvature of cemento-enamel junction)
- ⑧ 원심 치경선만곡 (Distal curvature of cemento-enamel junction)

**2.3 내부형태학적 계측기준**

내부형태학적 계측기준은 기존의 치아 연구에서 발표된 적이 없어 Fig. 5 와 같이 하악 제 2 대구치의 기준을 제시하고자 한다.

부위별 정의와 측정기준은 다음과 같다.

1) 내부형태학 부위번호 (Internal morphological part number, 이하 IMPN) 1-1~1-8: 치아의 최상단에서 치경선 하단까지의 근심면 거리로 3 등분점이 기준, 1-1, 1-3, 1-5, 1-7 은 치관의 법랑질(enamel) 표면에서 상아법랑경계(dentine-enamel junction)까지의 거리이며, 1-2, 1-4, 1-6, 1-8 은 상아법랑경계에서 치수(pulp)까지의 거리

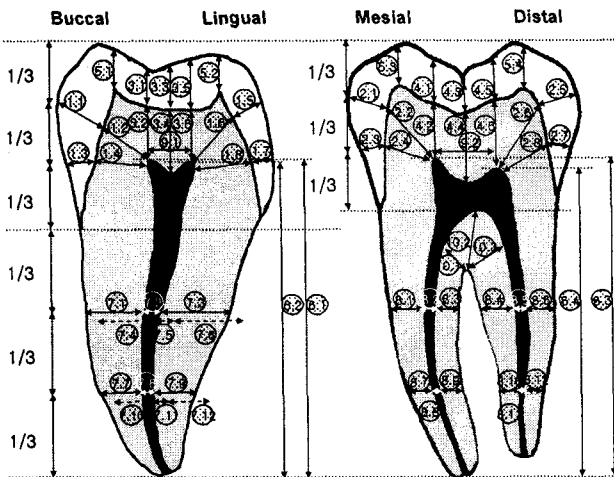


Fig. 5 Internal Morphological Measurement Parts in the Mandibular Second Molar

2) IMPN 2-1~2-8: 치아의 최상단에서 치경선 하단까지의 협면 거리로 3 등분점이 기준, 2-1, 2-3, 2-5, 2-7 은 치관의 법랑질 표면에서 상아법랑경계까지의 거리이며, 2-2, 2-4, 2-6, 2-8 은 상아법랑경계에서

치수까지의 거리

- 3) IMPN 3-1~3-2, 3-5~4-6: 치수 상단에서 수직 상단의 상아질의 두께(3-2, 3-6, 4-2, 4-4, 4-6), 상아질의 같은 점에서 수직 상단의 법랑질 두께(3-1, 3-5, 4-1, 4-3, 4-5)
- 4) IMPN 3-3, 3-4: 3-3 은 법랑질의 중심소와에서 법랑질 두께이며, 3-4 는 3-3 의 상아질 측정점에서 치수까지의 거리
- 5) IMPN 5-1~5-4: 법랑질 상단에서 상아질 상단까지의 거리
- 6) IMPN 6-1~6-4: 치수 상단에서 상아질 상단까지의 거리
- 7) IMPN 7-1~9-2: 치경선의 하단에서 치근단공까지의 거리를 3 등분한 점에서 상아질과 치수의 협설면과 근원심면 두께
- 8) IMPN 10-1~10-3: 치근이개부에서 상아질의 근심측, 원심측, 치수 아랫면까지의 두께

내부형태학적 계측기준의 이유는 다음과 같다.

- 1) IMPN 1-1~1-8, 2-1~2-8: 마모증과 굴곡파절 관련, 치아 경조직 손상에 참조되는 부위
- 2) IMPN 5-1~5-4: 교모증과 관련된 부위
- 3) IMPN 3-1~4-6: 주로 치아 우식증 관련, 근관치료료와 우식치료시 치질 삭제에 참조되는 부위
- 4) IMPN 6-1~6-4: 근관치료시 치질 삭제에 참조되는 부위
- 5) IMPN 7-1~10-3: 근관치료시 포스트 두께 설정에 관련된 부위로, 포스트 식립 후 충분한 상아질이 시술의 예후가 됨

**2.4 단층촬영 및 계측**

분해능 8 μm의 SkyScan-1072 (SkyScan, Aartsellar, Belgium)를 사용하여 단층 촬영하였으며, TomoNTM (SkyScan, Aartsellar, Belgium)을 사용하여 2 차원 정밀 단면 영상을 획득하였다. 시편의 층간 거리는 21.31 μm로 설정하였으며 치아 길이 20mm 이하의 경우에는 1 회에 약 1000 장의 단층을 획득하였다. 20mm 이상의 경우에는 2 회에 걸쳐 촬영하여 영상을 합하였다.

**3. 결과**

**3.1 외부형태학**

Table 1(a) & (b), Fig. 6, Fig. 7 은 한국인 하악 제

Table 1(a) Statistical Size of Korean and G.V. Black's in External Morphology (unit: mm)

EMPN	Korean Average (Standard Deviation)	G.V. Black's Data
①	7.55(0.77)	7.00
②*	10.89(1.12)	13.00
③*	11.42(0.62)	10.50
④*	9.43(0.73)	8.00
⑤*	10.76(0.54)	10.00
⑥	8.94(0.59)	9.00
⑦	2.09(1.21)	1.00
⑧*	1.08(0.51)	0.00

\* There is a difference in average between the value of Korean and that of Caucasian.

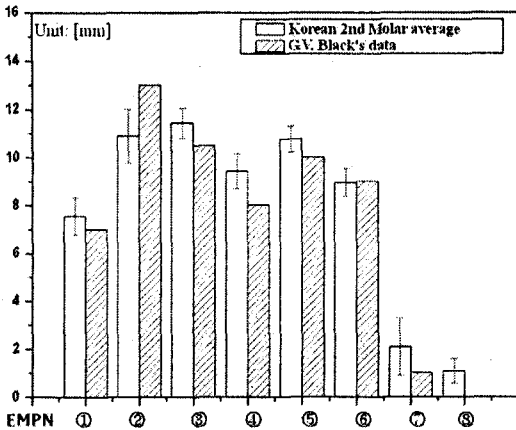


Fig. 6 External Morphological Comparison of Korean and Caucasian data in the Mandibular Second Molar

Table 1(b) Statistical Size of Korean Male and Female in External Morphology (unit: mm)

EMPN	Male Average (Standard Deviation)	Female Average (Standard Deviation)
①	6.97 (0.84)	7.28 (0.44)
②	10.99 (1.94)	10.75 (0.50)
③*	12.19 (0.03)	11.04 (0.63)
④	10.02 (0.21)	9.16 (0.92)
⑤	11.07 (0.63)	10.66 (0.65)
⑥	9.24 (0.34)	8.90 (0.45)
⑦	1.49 (0.88)	1.41 (0.92)
⑧*	0.56 (0.34)	1.21 (0.33)

\* There is a statistically significant difference in the mean value of Korean male and female external morphology (t-test, two-tailed,  $\alpha=0.05$ ).

2 대구치의 외부형태학 통계 자료를 나타낸 것이며, 성별 비교와 G.V. Black의 자료와 비교한 것이다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 한국인의 하악 제2 대구치의 측정치는 G.V. Black의 자료와 비교하여 5개의 차이점(EMPN ②, ③, ④, ⑤, ⑧)을 가지고 있다.

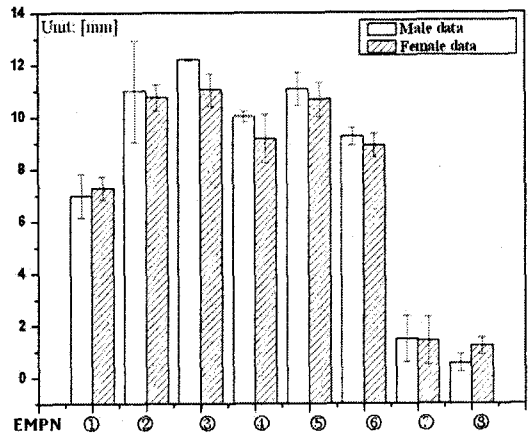


Fig. 7 External Morphological Comparison of Male and Female data in the Mandibular Second Molar

Fig. 7에서 보는 바와 같이 하악 제2 대구치의 자료는 성별 비교에서 2부위(EMPN ③, ⑧)에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보인다.

### 3.2 Internal Morphology

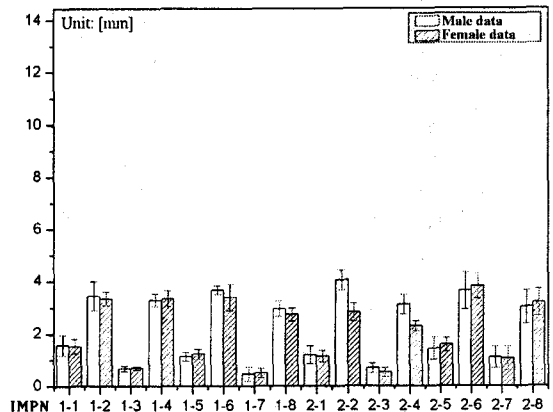


Fig. 8(a) Internal Morphology Comparison of Male and Female for Abrasion and Abfraction

Table 2 와 Fig. 8(a), (b), (c), (d) & (e) 는 한국인 하악 제 2 대구치의 내부형태학 통계 자료를 나타낸 것이며, 각 부위가 지니는 치의학적 근거에 따라 각각의 그래프로 나타내었다.

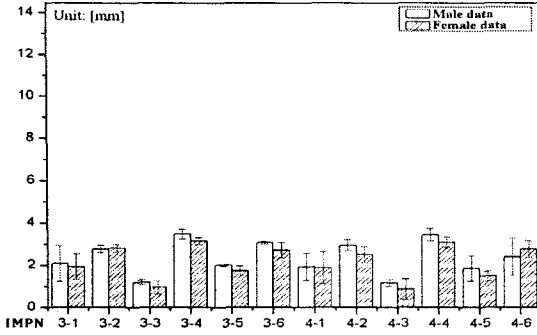


Fig. 8(b) Internal Morphology Comparison of Male and Female for Caries

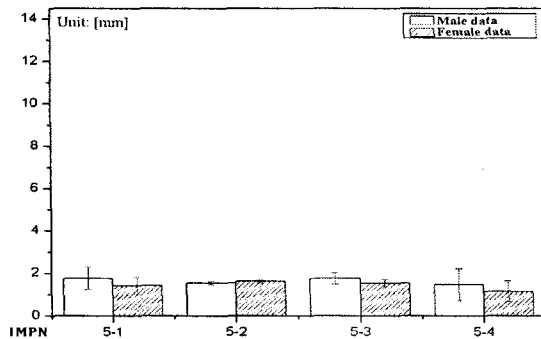


Fig. 8(c) Internal Morphology Comparison of Male and Female for Attrition

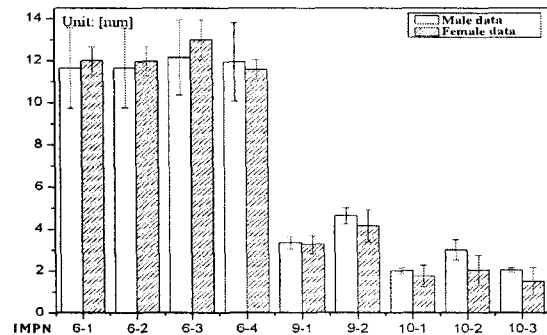


Fig. 8(d) Internal Morphology Comparison of Male and Female for Root Canal Location

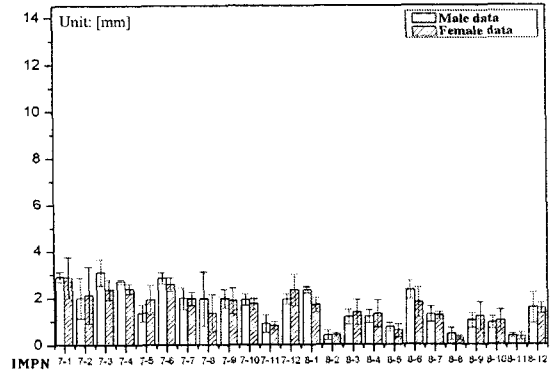


Fig. 8(e) Internal Morphology Comparison of Male and Female for Post Implantation

내부형태학은 일정한 근거에 의해 마련된 기준에 따라 측정되었다. 각각의 부위는 다음과 같이 치과의 임상적 의미들을 지니고 있는 것이다. IMPN ①, ② 은 마모증과 굴곡파절에 관련되며 Fig. 8(a)와 같다. IMPN ③, ④ 은 우식증에 관련되며 Fig. 8(b)와 같다. IMPN ⑤ 은 교모증에 관련되며 Fig. 8(c)와 같다. IMPN ⑥, ⑨, ⑩ 은 근관입구의 위치에 해당하며 8(d)와 같다. IMPN ⑦, ⑧ 은 포스트 식립과 관련되며 Fig 8(e)와 같다.

Table 2 에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 남성의 상아질의 근심면 두께 (IMPN 2-2, 2-4)가 여성보다 더 두껍다. 법랑질과 상아질의 치관 윗면 두께 (IMPN 3-2, 3-4, 3-6, 4-2, 4-4)가 약 3mm 이나 중심소와 (IMPN 4-3)에서의 두께는 약 1.5mm, 치근이개부의 두께는 (IMPN 10) 약 2mm 이다. 통계학적으로 성별간 유의미한 차이는 IMPN 8-1 에서 나타난다.

#### 4. 토의

결과를 통해 인종간의 차이를 확인할 수 있었는데, 외부형태학의 가장 큰 차이점은 치관의 두께에서 나타난다. 한국인 치아는 치관의 두께 (EMPN ③, ⑤)가 서양인의 치아보다 두껍고, 치근의 길이 (EMPN ②)는 짧다. 또한, 서양인의 치아에서는 치경만곡이 거의 나타나지 않는다고 볼 수 있으나, 한국인의 치아는 비교적 뚜렷하게 나타난다.

성별비교에서 t-test (two-tailed,  $\alpha=0.05$ )를 적용한 결과, 그 차이점은 치관과 치경의 길이에서 나타

나며 남성의 치아가 여성의 치아보다 외형이 평균적으로 크다고 볼 수 있다. 또한 통계적으로 유의미한 차이점은 치경 근원심길이 (EMPN ③)과 원심 치경선만곡 (EMPN ⑧)에서 나타난다.

65 개 부위에서 측정하였으며, 그 중 통계학적으로 유의미한 성별간 차이점은 IMPN 2-2 (근심면 치관의 상아질 윗부위 두께), 2-4 (근심면 치관의 상아질 아랫부위 두께), 8-1 (근심면 치근의 상아질 윗부위 두께)에서 나타났다.

Table 2 Statistical Data of Korean Males and Females in Internal Morphology (unit: mm)

IM-PN	Male's Ave. (Std. Dev.)	Female's Ave. (Std. Dev.)	IM-PN	Male's Ave. (Std. Dev.)	Female's Ave. (Std. Dev.)
1-1	1.56 (0.39)	1.52 (0.28)	6-2	11.65 (1.90)	11.96 (0.71)
1-2	3.44 (0.55)	3.34 (0.27)	6-3	12.14 (1.79)	12.98 (0.95)
1-3	0.67 (0.10)	0.68 (0.07)	6-4	11.93 (1.88)	11.56 (0.47)
1-4	3.28 (0.24)	3.33 (0.30)	7-1	2.88 (0.22)	2.85 (0.87)
1-5	1.12 (0.17)	1.22 (0.19)	7-2	1.98 (0.86)	2.11 (1.21)
1-6	3.66 (0.17)	3.38 (0.51)	7-3	3.07 (0.56)	2.33 (0.43)
1-7	0.46 (0.27)	0.49 (0.17)	7-4	2.68 (0.09)	2.37 (0.21)
1-8	2.95 (0.29)	2.73 (0.25)	7-5	1.34 (0.37)	1.91 (0.62)
2-1	1.20 (0.35)	1.14 (0.22)	7-6	2.82 (0.24)	2.56 (0.28)
2-2*	4.04 (0.37)	2.83 (0.34)	7-7	1.97 (0.47)	1.95 (0.28)
2-3	0.69 (0.19)	0.53 (0.18)	7-8	1.94 (1.16)	1.33 (0.79)
2-4*	3.11 (0.37)	2.29 (0.19)	7-9	1.95 (0.40)	1.85 (0.55)
2-5	1.44 (0.44)	1.58 (0.26)	7-10	1.91 (0.24)	1.73 (0.23)
2-6	3.63 (0.70)	3.81 (0.48)	7-11	0.89 (0.37)	0.80 (0.18)
2-7	1.10 (0.42)	1.06 (0.46)	7-12	1.93 (0.21)	2.31 (0.66)
2-8	3.02 (0.63)	3.19 (0.52)	8-1*	2.31 (0.14)	1.69 (0.31)
3-1	2.07 (0.84)	1.93 (0.60)	8-2	0.40 (0.20)	0.42 (0.07)
3-2	2.76 (0.18)	2.80 (0.18)	8-3	1.17 (0.31)	1.37 (0.53)
3-3	1.20 (0.12)	0.96 (0.32)	8-4	1.19 (0.28)	1.31 (0.58)
3-4	3.47 (0.22)	3.14 (0.16)	8-5	0.75 (0.18)	0.60 (0.28)
3-5	2.00 (0.04)	1.74 (0.22)	8-6	2.32 (0.39)	1.79 (0.63)
3-6	3.06 (0.07)	2.71 (0.36)	8-7	1.28 (0.33)	1.22 (0.16)
4-1	1.93 (0.64)	1.88 (0.75)	8-8	0.44 (0.27)	0.28 (0.08)
4-2	2.93 (0.26)	2.50 (0.38)	8-9	1.02 (0.31)	1.20 (0.58)
4-3	1.17 (0.18)	0.87 (0.49)	8-10	0.92 (0.25)	1.01 (0.46)
4-4	3.44 (0.30)	3.08 (0.24)	8-11	0.37 (0.09)	0.33 (0.16)
4-5	1.85 (0.60)	1.50 (0.22)	8-12	1.56 (0.66)	1.54 (0.22)
4-6	2.40 (0.88)	2.76 (0.40)	9-1	3.33 (0.31)	3.26 (0.43)
5-1	1.75 (0.53)	1.41 (0.40)	9-2	4.62 (0.38)	4.14 (0.77)
5-2	1.54 (0.08)	1.61 (0.07)	10-1	1.99 (0.13)	1.74 (0.52)
5-3	1.75 (0.26)	1.51 (0.20)	10-2	3.00 (0.49)	2.03 (0.70)
5-4	1.46 (0.75)	1.15 (0.49)	10-3	2.03 (0.10)	1.49 (0.66)
6-1	11.63 (1.91)	11.98 (0.67)			

\* There is a significant difference in the mean value of Korean male and female internal morphology (t-test, two-tailed,  $\alpha=0.05$ ).

하악 제 2 대구치의 내부형태학적 치수는 총

### 5. 결론

치아의 내·외부형태학적 연구를 통해 인종간 차이와 성별 차이를 이해하는 것은 치과의사에게 손상된 치아를 치료하는 데 유용하다. 미세단층촬영기를 이용한 하악 제 2 대구치의 내·외부형태학적 연구는 정밀도가 높고 비파괴적인 방법이라는 이점이 있다. 외부형태학적 수치는 인종과 성별에 따라 다른 점이 확인하고, 내부형태학적 수치는 성별에 따라 약간의 차이가 있었다. 향후 연구는 한국인의 치아를 표준화하여 자료를 제공하는 것 뿐만 아니라 임상 적용을 위한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

### 후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 생산기술연구사업의 연구비 지원을 받아 수행되었으며, 연구수행에 도움을 주신 강북삼성병원의 신민우 선생님과 ㈜금강밸브의 김재학 연구원에게 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Black, G. V., "A Work on Operative Dentistry," Medico Dental Publisher, 1924.
2. Garn, S. M., Lewis, A. B. and Kerewsky, R. S., "Sex Difference in Tooth Size," Journal of Dental Research, Vol. 43, No. 2, p. 306, 1964.
3. Bell, E. J., Kaidonis, J., Townsend, G. and Richards, L., "Comparison of Exposed Dentinal Surfaces Resulting from Abrasion and Erosion," Australian Dental Journal, Vol. 43, No. 5, pp. 362-366, 1998.
4. Chun, K. J., Lee, H. J., Won, Y. Y., Beak, M. H., Moon, H. S. and Park, R., "A Study on Standardization of the Internal and External Morphology in the Mandibular First Premolar," The 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Vol. 3, pp. 2978-2981, 2004.

5. Bodner, L., Ziv, J. B. and Becker, A., "Image Accuracy of Plain Film Radiography and Computerized Tomography in Assessing Morphological Abnormality of Impacted Teeth," American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 120, No.6, pp. 623-628, 2001.
6. Kim, H. K., "Cone-Beam Microtomography and Its Application," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 7-14, 2005.
7. Pegoretti, A., Fambri, L, Zappini, G. and Bianchetti, M., "Finite Element Analysis of a Glass Fibre Reinforced Composite Endodontic Post," Biomaterials, Vo. 23, No.13, pp. 2667-2682, 2002.
8. Shin, H. S., Chun, H. J. and Han, C. H., "Three-Dimensional Stress Analysis of Implant Systems in the Jaw Bone with Various Abutment Types and Loading Conditions," The Annual Conference of the Korean Society of Precision Engineering Biomechanical Part 1, pp. 151-154, 2003.