

## 미세단층촬영기를 이용한 중년 한국인 하악 제1소구치의 내·외부 형태학 연구

### A Study of the Internal and External Morphology in the Mandibular First Premolar of the Middle-Aged Korean Using a Microcomputed Tomography

전경진\*<sup>†</sup>, 이호중\*, 이종엽\*\*

K. J. Chun\*<sup>†</sup>, H. J. Lee\* and Jong-Yeop Lee\*\*

**초 록** 지금까지 한국인의 치아 통계는 매우 부족한 상태이고, 대부분 치아형태의 정보를 얻기 위해 방사선학적 방법을 이용하거나, 치아를 절단하는 등의 방법으로 연구를 해왔다. 이와 같은 방법은 오랜 시험 기간을 필요로 하고 정밀도가 낮고 파괴적인 방법을 주로 이용한 것이므로, 이제는 한국인의 표준 치아에 대한 정밀한 데이터를 얻기 위해 새로운 비파괴적인 시험이 필요하다. 이를 위하여 각각의 하악 제1소구치를 미세단층촬영기(Micro-CT, SkyScan, Belgium)를 이용하여 21.31  $\mu\text{m}$ 의 해상도로 교합면에 대한 수평면으로 0.022 mm 로 Scan을 하였다. 이를 통하여 내·외부 형태학적 중요부위를 측정하였으며, 영구 치아의 평균 치수표로 사용했었던 G. V. Black(1836-1915)에 의해 제시된 수치와 비교하였다.

**주요용어:** 하악 제1소구치, 미세단층촬영기, 형태학, 평균치수표

**Abstract** Dental statistics for Koreans are far from complete and the majority of previous researches have adopted techniques such as radiological analysis and sectioning of teeth for morphological information, which are time-consuming, less accurate and destructive. Thus, a new nondestructive method is necessary to get precise dental standardization data for Koreans. For the above purpose, each of the first premolars was scanned by a micro-CT (SkyScan, Belgium) with a resolution of 21.31  $\mu\text{m}$  at an interval of 0.022 mm along the plane horizontally parallel to an occlusion plane. Internal and external morphological sections were measured and compared to the values in the average tooth size table for permanent teeth presented by G. V. Black.

**Keywords:** mandibular first premolar, microcomputed tomography, morphology, average tooth size

#### 1. 서 론

한국인의 치아 기공과정에서 영구치아(Permanent teeth)의 평균 치수표로 G. V. Black(1836-1915)[1]에

의해 측정된 데이터를 주로 사용하고 있다. 하지만 상기 데이터는 서양인을 대상으로 하여 1914년 제시된 데이터이기 때문에 상기 데이터에 의해 제도되고 조각된 치아들은 한국인 치형과 이상적인 교

합을 형성하기 어려웠고, 이러한 이유로 인하여 조각된 인공치아를 완전히 배열하기 위해서는 G. V. Black의 데이터에 변화를 주어야 했다. 대부분의 치아 형태 데이터들은 Boley gauge로 측정되어 측정 오차가 클 수 있었으며 나이, 성별[2], 인종에 의한 골격의 차이나 개인적으로 살아온 환경에 따라 치아의 형태가 다름에도 불구하고[3], 서양인을 표본으로 한 데이터이므로 현대 한국인에게 적용하기에는 다소 무리가 있다.

또한, 치아에서 발생하는 기계적 손상들인 교모(Attrition), 마모(Abrasion) 및 파절(Affection)과 우식(Caries) 및 신경치료 그리고 나이의 증대에 따라 치아 외부로부터의 자극에 대한 결과로써 상아질(Dentin) 변화의 일종인 병적 제2상아질의 원인을 파악하기 위하여 내부 형태 데이터의 중요성이 제시되기도 하였다[4].

이러한 이유들로 인하여 한국인 치아의 외부 및 내부 형태 측정 및 측정 결과를 통한 표준화의 중요성이 제안되었지만[4], 기존의 연구방법에서는 치아 절단에 따른 부정확과 치아 절단에 따른 연구시간이 증대되었고, 이에 따라 표준화를 위한 기준도 제시할 수 없었다.

하지만 의료영상분야의 발전에 따라 전산화단층촬영기(Computed tomography, CT), 자기공명영상장치(Magnetic resonance imaging, MRI) 등의 비파괴검사(Non-destructive testing)가 광범위하게 사용되고 있으며[5], 특히, 전산화단층촬영기의 경우, 1990년대에는 나선형 주사방식 단층촬영기(Spiral CT)의 개발 이후로 혁신적인 아이디어를 통해 계속 발전하고 있다[6]. 이러한 의료영상분야의 발전에 따라 최근 치의학 분야에서도 CT나 X-ray 등의 2차원 데이터들을 공학적인 방법을 이용하여 3차원으로 형상화하여 병종의 진단이나, 가상시술 등에 쓰고, 이러한 방법은 임플란트(Implant)의 종류에 따른 최적의 형태 제시나 응력 분포나 레진(Resin)에 따른 응력 분포에 대한 연구 등에 광범위하게 적용되고 있으나[7,8] 개개치아의 길이 측정을 위한 정밀측정 이라기 보다 임상에서 진단과 예후 관측에 필요한 치열궁(Dental arch)의 관점에서 측정하였다.

이에 본 논문에서는 치아의 내·외부 형태의 정확한 기준축(Datum axial line)을 설정하고, 이를 통한 데이터 측정을 위하여 비파괴적이며, 정확성이 증대된 미세단층촬영기(Microcomputed tomography, Micro-CT)를 사용하여, 한국인 40~50

대 남성 및 여성에 대한 하악 제1소구치(Mandibular first premolar)의 치아의 내·외부 형태 데이터를 측정하였다. 측정된 치아 외부 형태 데이터를 G. V. Black에 의해 제시된 데이터와 비교·분석하였으며, 현재까지 제시된 바 없는 치아 내부 형태학 측정기준 및 측정기준을 설정하여 내부 형태 데이터를 제시하였다. 이를 통하여 성별에 따른 중년 한국인 치아의 표준 치아(Standardizational teeth) 데이터를 구축하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시편

치아 시편은 나이, 성별, 인종 및 통계적 의미를 지닌 치아 형태 비교를 위하여 구강에서 발치한 중년(40~50대)의 한국인 남성 하악 제1소구치 15개와 여성 하악 제1소구치 13개를 본 연구 시편으로 사용하였으며, 그 이유로는 치관의 크기가 작고 형태가 단순하며, 치근의 변위가 작기 때문이다[9]. Fig. 1은 구강에서의 하악 제1소구치의 위치를 나타내고 있다.

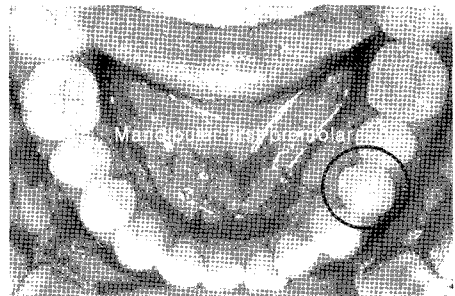


Fig. 1 Mandibular first premolar

### 2.2. 측정기준

#### 2.2.1. 외부형태(External morphology) 측정기준

외부 형태 데이터 측정기준은 서양인을 대상으로 G. V. Black 이 사용한 치수 측정기준과 동일하다. G. V. Black은 Fig. 2 에서 보는바와 같이 아홉 부분의 외부 형태학적 중요부위를 설정하여 데이터를 측정하였다. 본 연구에서는 정밀한 측정을 위하여 Boley Gauge 대신에 미세단층촬영기를 이용하였으며, 각 외부 형태적 부위 번호(External morphological part

number, EMPN)의 의미는 다음과 같다.

- ① 치관길이 (Length of crown)
- ② 치근길이 (Length of root)
- ③ 치아길이 (Length of tooth)
- ④ 치관 근원심길이 (Mesio-distal diameter of crown)
- ⑤ 치경 근원심길이 (Mesio-distal diameter of crown at cervix)
- ⑥ 치관 순설길이 (Labio-lingual diameter of crown)
- ⑦ 치경 순설길이 (Labio-lingual diameter of crown at cervix)
- ⑧ 근심 치경선만곡 (Curvature of cemento-enamel junction on mesial)
- ⑨ 원심 치경선만곡 (Curvature of cemento-enamel junction on distal)

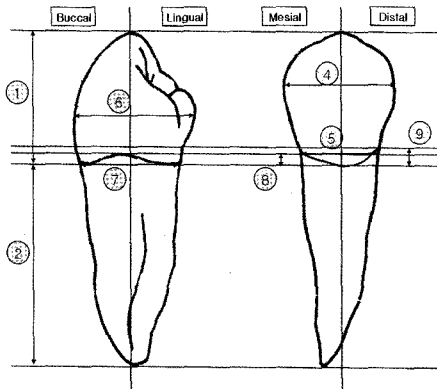


Fig. 2 External morphological measurement parts in the mandibular first premolar

2.2.2. 내부형태(Internal morphology) 측정기준

내부 형태 데이터 측정기준은 국·내외에서 지금까지 제시한 자료가 없어 본 논문에서는 치아 임상가의 조언에 따라 측정을 위한 기준축을 이용하여 측정하는 방법을 Fig. 3과 같이 설정하였다.

일반적으로 상아질과 치수는 교두부(Cusp)를 향하고 있기 때문에 정확한 치아의 내부 형태 측정을 위하여서는 근심면(Mesial aspect)에서 하악 제1소구치의 가장 상단부인 교두부와 가장 하단부인 근첨공(Apical foramen)으로의 수직축을 긋고, 이 수직축을 치경선(Cervical line, Cemento-enamel junction, CEJ)에 수직으로 수평축을 설정하였다. 험면(Buccal aspect)에서의 기준축은 근심면에서의 기준축과 치경선의 최단 하단부와의 수직이고, 험면에서 치관폭의 1/2인 중심선을 기준축으로 하였다.

이 수직축을 아래 그림과 같이 제작된 측정지그에 그어진 기준축(Datum axial line on the jig)과 일치시켜 모든 치아가 Fig. 4와 같이 동일 기준이 적용되도록 설정하였다. Fig. 5는 Fig. 4를 위에서 본 그림이며, Fig. 6은 미세단층촬영기에 투입되기 직전의 그림으로써 형틀을 사용하여 수직축을 동일하게 한 후 형틀을 제거한 치아의 표본 모습이다.

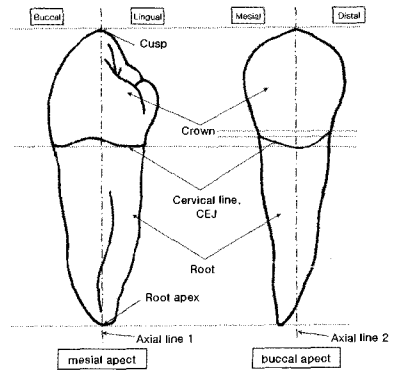


Fig. 3 Datum axial line setting for Internal morphological measurement in the mandibular first premolar



Fig. 4 Measurement jig

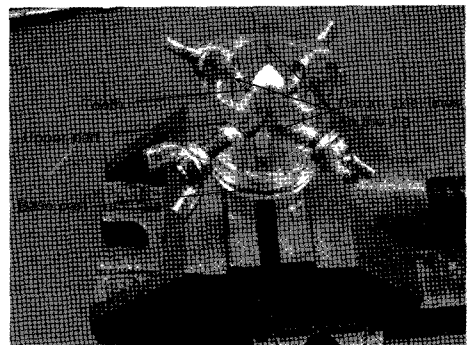


Fig. 5 Upper view of the measurement jig

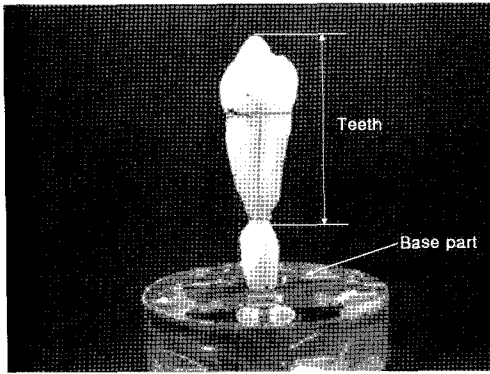


Fig. 6 Tooth sample after removing the upper part of the measurement jig

위와 같은 형틀을 이용하여 남성 15개 여성 13개의 하악 제1소구치를 동일 기준축으로 놓고 형태 데이터들을 측정하였다. 이와 같은 측정기준을 설정한 이유는 치아의 내·외부 형태학적 모습이 다양하기 때문에 측정에 있어서 일관성을 부여하기 위함이다.

각 부위의 설정 이유는 아래와 같다.(Fig. 7 참조)

- 1) 1-1~1-4, 2-1~2-8 의 부분은 치아 경조직 결손인 마모증(Abrasion), 굴곡과절(Abfraction)의 원인 규명과 관련된 지점
- 2) 3-1~3-2는 교모(Attrition)의 원인 규명에 도움이 되는 지점
- 3) 3-3~3-4는 충치가 가장 많이 침범하는 부위로 신경치료나 충치치료에 있어 치아 삭제 시 참고가 되는 지점
- 4) 4는 신경치료 시 치질을 삭제할 때 참고가 되는 지점
- 5) 5-1~6-6은 신경치료 후 포스트(Post) 식립이 필요한 때 충분한 상아질을 남기는 것이 치료의 예후(Prognosis)를 결정하게 되는데, 적합한 포스트 두께 설정을 위한 참고 자료로 사용되는 지점

위와 같이 치아의 측정 중요부위를 결정한 후, 각 중요부에 대한 측정기준을 다음과 같이 설정하였다. 내부 형태적 부위 번호(Internal morphology part number, IMPN)는 Fig. 7과 같으며 아래와 같은 방법으로 길이를 측정하는 방법을 정의하였다.

- 1) 1-1~1-4 : 근심면을 기준으로 치경선의 가장 하단부로부터 치아의 가장 상단부인 교두까지 3등분 하였으며, 각 등분되는 치관부 법

랑질의 외곽점에서 상아법랑경계부까지의 최단거리를 측정하였고, 측정되어진 상아법랑경계부의 지점에서 치수까지의 최단거리를 측정 하였다.

- 2) 2-1~2-8 : 협면을 기준으로 치경선의 가장 상단부에서부터 치아의 가장 상단부까지 세 등분 하였으며, 각 등분되는 치관부 법랑질의 외곽지점에서 상아법랑경계부까지의 최단거리를 측정하였고, 측정되어진 상아법랑경계부의 지점에서 치수까지의 최단거리를 측정하였다.
- 3) 3-1 : 법랑질의 최상단부와 상아질의 최상단부까지의 거리를 측정하였다.
- 4) 3-2 : 상아질의 최상단부로부터 치수의 최상단부까지의 거리를 측정하였다.
- 5) 3-3~3-4 : 근심면을 기준으로 법랑질 외곽의 소와(Pit)부분에서 상아질까지의 최단거리를 측정한다. 측정되어진 상아법랑경계부의 지점에서 치수까지의 최단거리를 측정하였다.
- 6) 4 : 치수의 가장 상단부에서부터 치아의 가장 하단부까지의 거리를 측정하였다.
- 7) 5-1~6-6 : 근심면과 협면을 기준으로 치근부에서 치경선의 가장 하단부로부터 치수의 가장 하단부인 치근단공까지 세 등분 하여 각 부분에서 상아질과 치수의 두께를 측정하였다.

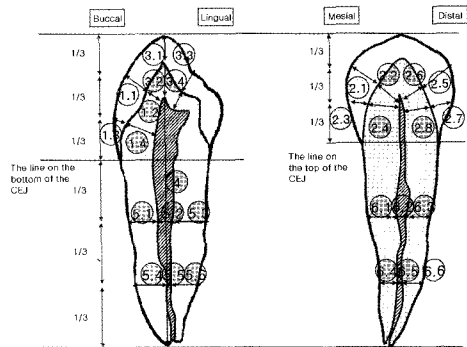


Fig. 7 Internal morphological measurement parts in the mandibular first premolar

### 2.3. 측정장치

#### 2.3.1. 미세단층촬영기

본 연구에서 비파괴적인 정밀한 치아의 2차원 단면 영상 자료를 얻기 위하여 사용된 미세단층

촬영기(Micro-CT)는 SKYSCAN(Belgium)사의 SkyScan-1072이며 형상은 Fig. 8과 같다.

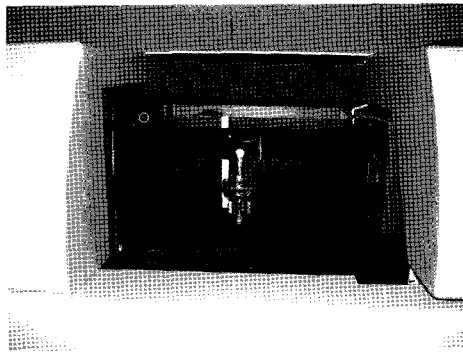


Fig. 8 Micro-CT(SkyScan-1072, SKYSCAN, Belgium)

2.3.2. 미세단층촬영기를 이용한 측정기준

미세단층촬영기는 직경 14 mm의 샘플 지지대(Sample holder)를 사용하여 촬영하였으며, 길이 약 30 mm인 시편으로부터 약 1000장의 횡단면 미세영상을 획득하였다. 이차원 미세영상은 256회색조(Gray scale)를 바탕으로 감쇠계수(0.266~0.051)를 사용하였으며, 해상도(Spatial resolution)는 1024×1024의 화소(Pixels)로 구성되어 있으며, 화소의 크기는 21.31 μm로 설정하여 TomoNTM(SKYSCAN, Belgium) 소프트웨어를 이용하여 이차원 횡단면 영상(Cross-sectional image)을 획득하였다. 치아의 길이 및 직경이 21 mm를 넘은 경우 같은 시편의 장축을 일정히 한 후, 두 번에 걸쳐 횡단면 영상을 얻었다. 미세단층촬영기의 사용으로 얻은 횡단면 영상을 Vworks(Cybermed. inc, V5)를 이용하여 2.2.2에서 설정한 측정기준에 따라 각 단면의 길이를 측정하였다.

2.4. 측정결과

2.4.1. 외부형태 측정결과

상기 측정방법을 이용하여 한국 중년 남성과 여성의 하악 제1소구치 외부 형태 측정결과와 통계데이터와 G. V. Black에 의해 제시된 하악 제1소구치 외부 형태 데이터는 남성의 경우 Table 1, 여성의 경우 Table 2와 같이 측정되었으며, 비교 및 분석을 위하여 남성의 경우 Fig. 9, 여성의 경우 Fig. 10과 같이 그래프로 표현하였다.

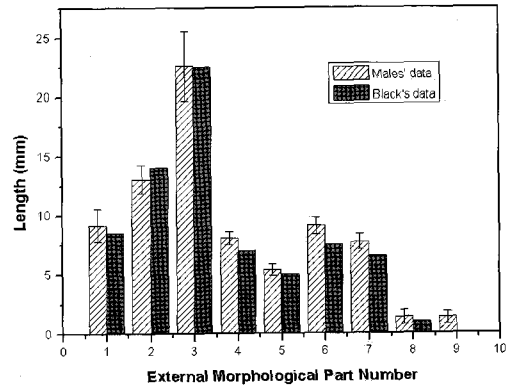


Fig. 9 Comparison of Korean males' and G. V. Black's external morphological data

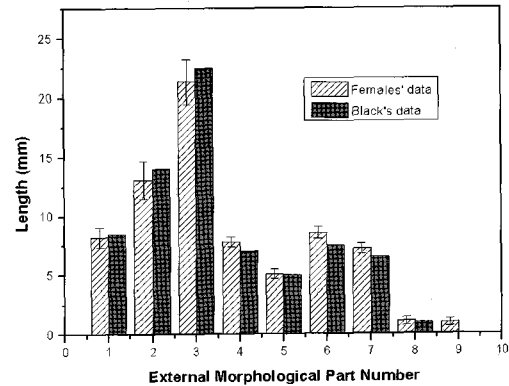


Fig. 10 Comparison of Korean females' and G. V. Black's internal morphological data

Table 1 Statistical data comparing with Korean males' and G. V. Black's in external morphology

Spec	Ave(mm)	Ave(mm)	G. V. Black's Data(mm)
①	9.18	1.38	8.50
②	13.05	1.19	14.00
③	22.25	2.22	22.50
④	8.06	0.54	7.00
⑤	5.36	0.47	5.00
⑥	9.08	0.71	7.50
⑦	7.72	0.66	6.50
⑧	1.38	0.61	1.00
⑨	1.37	0.51	0.00

Table 2 Statistical data comparing with Korean females' and G. V. Black's in external morphology

Spec EMPN	Ave(mm)	Ave(mm)	G. V. Black's Data(mm)
①	8.25	0.86	8.50
②	13.11	1.59	14.00
③	21.36	1.86	22.50
④	7.81	0.45	7.00
⑤	5.08	0.41	5.00
⑥	8.58	0.51	7.50
⑦	7.22	0.43	6.50
⑧	1.12	0.34	1.00
⑨	1.00	0.29	0.00

한국 중년 남성 하악 제1소구치 외부 형태 측정 데이터를 G. V. Black의 치수표와의 비교하여 볼 때, 외부 형태적 부위 번호 ①, ②, ③, ⑤, ⑧에서는 치아의 외부 형태 길이의 차이가 표준편차 내 존재하였으나, ④, ⑥, ⑦, ⑨에서는 치아의 크기가 표준편차 이상의 차이가 측정되었다.

한국 중년 남성의 경우와 마찬가지로 한국 중년 여성 하악 제1소구치 외부 형태 통계 데이터를 G. V. Black에 의해 제시된 결과와 비교하였을 때 ①, ②, ③, ⑤, ⑧에서는 치아 크기가 표준편차 내에 있었으나, ④, ⑥, ⑦, ⑨에서는 표준편차 내에 존재하지 않았다.

이를 통하여 ①, ②, ③, ⑤, ⑧에서는 서양인과 한국인의 하악 제1소구치의 길이 차이에서 통계학적 의미가 없으나, ④, ⑥, ⑦, ⑨에서는 서양인의 치아 기준 모델은 한국인의 구강에 적절치 않음을 보여주고 있다.

2.4.2. 내부형태 측정결과

한국 중년 남성 하악 제1소구치 내부 형태적 통계 데이터는 Table 3, 여성의 경우 Table 4에 나타내었으며, 이를 남성의 경우 Fig. 11, 여성의 경우 Fig. 12로 나타내었다. 각 형태적 부위 번호는 위의 2.2.2절의 내부 형태학적 측정기준에 제시되어 있다.

한국 중년 남성과 여성의 하악 제1소구치 형태 측정 결과를 비교하여 보았다. 성별에 따른 외부 형태 측정 결과와 내부 형태 측정 결과는 Fig. 13과 Fig. 14로 나타내었다.

Table 3 Statistical data of Korean males in internal morphology

Spec EMPN	Ave (mm)	SD (±mm)	Spec EMPN	Ave (mm)	SD (±mm)
①-1	1.52	0.14	③-4	2.17	0.63
①-2	2.12	0.60	④	17.4	2.22
①-3	0.80	0.16	⑤-1	2.01	0.27
①-4	2.63	0.23	⑤-2	2.55	0.88
②-1	1.47	0.24	⑤-3	2.47	0.54
②-2	3.15	0.55	⑤-4	1.67	0.30
②-3	0.73	0.23	⑤-5	1.41	0.69
②-4	2.43	0.44	⑤-6	1.97	0.37
②-5	1.27	0.14	⑥-1	1.50	0.19
②-6	3.23	0.56	⑥-2	1.02	0.25
②-7	0.66	0.18	⑥-3	1.50	0.16
②-8	2.22	0.59	⑥-4	1.05	0.18
③-1	0.90	0.34	⑥-5	0.70	0.19
③-2	3.96	0.66	⑥-6	1.11	0.19
③-3	1.19	0.31			

Table 4 Statistical data of Korean females in internal morphology

Spec IMPEN	Ave (mm)	SD (±mm)	Spec IMPEN	Ave (mm)	SD (±mm)
①-1	1.39	0.14	③-4	2.02	0.53
①-2	2.12	0.51	④	17.0	2.09
①-3	0.70	0.16	⑤-1	2.77	1.54
①-4	2.58	0.39	⑤-2	1.62	0.58
②-1	1.40	0.14	⑤-3	2.74	0.25
②-2	2.93	0.48	⑤-4	1.72	0.25
②-3	0.79	0.23	⑤-5	0.98	0.66
②-4	2.54	0.43	⑤-6	2.06	0.24
②-5	1.28	0.15	⑥-1	1.53	0.16
②-6	2.81	0.45	⑥-2	0.86	0.13
②-7	0.65	0.15	⑥-3	1.55	0.15
②-8	2.32	0.47	⑥-4	1.14	0.18
③-1	0.67	0.32	⑥-5	0.51	0.14
③-2	3.72	0.52	⑥-6	1.21	0.23
③-3	1.11	0.37			

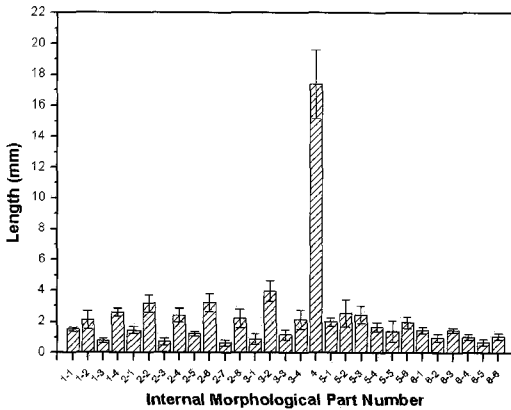


Fig. 11 Internal morphological data of males

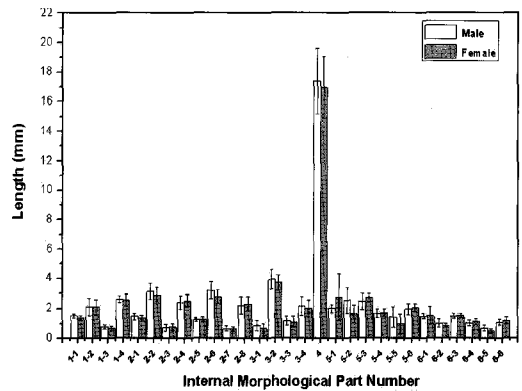


Fig. 14 Comparison of males' and females' internal morphological data

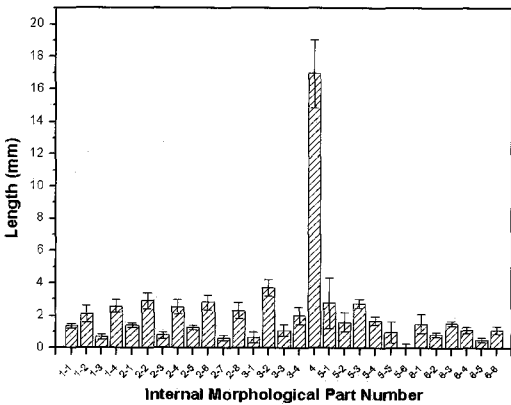


Fig. 12 Internal morphological data of females

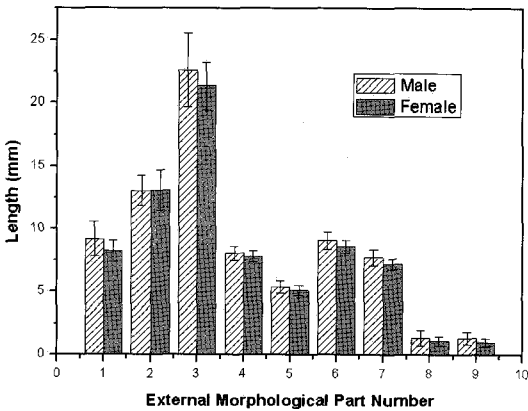


Fig. 13 Comparison of males' and females' external morphological data

Fig. 13, Fig. 14와 같이 외부 및 내부 형태적 부위 번호(EMP, IMP)도 비교해 보았을 때, 평균적으로는 남성의 하악 제1소구치가 여성의 하악 제1소구치보다 크지만, 통계학적으로는 성별에 따른 차이는 없었다.

### 3. 결 론

기존의 연구에서는 주로 치아를 파괴함으로써 치아 내부 형태에 관한 데이터를 얻었으나, 본 연구에서는 비파괴적인 방법인 미세단층촬영기를 이용하여 정확하고 신속한 치아 형태 측정법을 제시하였다. 또한 본 논문의 2.2에서 제시한 바와 같이 하악 제1소구치의 중요부에 대한 내·외부 형태의 측정기준 및 측정 기준축을 설정하였으며, 이를 이용하여 다수의 치아를 측정하는데 있어 동일 측정기준을 사용할 수 있는 기반을 마련하였다.

이와 같은 측정기준 및 측정 기준축을 사용한 내·외부 형태 측정결과를 통하여 다음과 같은 내용을 확인할 수 있었다.

- (a) 형태학 부위 번호 ①(치관길이)에서 측정된 데이터는 여성의 경우 8.25 mm(±0.86 mm)로 G. V. Black의 데이터 (8.50 mm)보다 평균적으로 작은 길이를 가지고 있었으며, ②(치근길이)에서도 남성의 경우와 13.05 mm (±1.19 mm), 여성의 경우 13.11 mm (±1.59 mm)에서 G. V. Black의 데이터 (14.00 mm)보다 평균적으로 작은 길이를 가지고 있었으나, 표준편차 내에 평균값이 존재하고 있다. 그 외 형태학적 부위에서는 측

정된 데이터의 평균치가 G. V. Black의 데이터보다 큰 값을 가지고 있다.

- (b) ④(치관근원심길이)는 G. V. Black의 데이터에서는 7.00 mm였으나, 본 연구에서 측정된 데이터에서는 남성평균 8.06 mm( $\pm 0.54$  mm), 여성평균 7.81 mm( $\pm 0.45$  mm), ⑥(치관순설길이)은 G. V. Black의 데이터에서는 7.50 mm였으나, 본 연구에서 측정된 데이터에서는 남성평균 9.08 mm(0.71 mm), 여성평균 8.58 mm( $\pm 0.51$  mm), ⑦(치경순설길이)은 G. V. Black의 데이터에서는 6.50 mm였으나, 본 연구에서 측정된 데이터에서는 남성평균 7.72 mm( $\pm 0.66$  mm), 여성평균 7.22 mm( $\pm 0.43$  mm), ⑨(원심치경선만곡)는 G. V. Black의 데이터에서는 0.00 mm였으나, 본 연구에서 측정된 데이터에서는 남성평균 1.37 mm( $\pm 0.51$  mm), 여성평균 1.00 mm( $\pm 0.29$  mm)였다. 이와 같이 G. V. Black에 의해 제시된 데이터가 측정된 데이터의 표준오차범위를 벗어나서 통계학적으로는 상이함을 보이고 있다.
- (c) 내부 치관부 형태에서 상아질(형태학 부위 번호 : ①-1, ①-2, ②-2, ②-6, ③-2, ③-4)이 범랑질보다 큰 표준편차를 보이고 있으며, 동일 출발선상에 있는 치수(Pulp)에서도 남성의 경우 17.4 mm( $\pm 2.22$  mm) 및 여성의 경우 17.0 mm( $\pm 2.09$  mm)로써 다른 부위의 표준편차보다 비교적 큰 표준편차를 보이고 있다. 이는 치수의 상단부에서 길이의 변화가 있었을 것으로 보인다.
- (d) 측정된 13개의 여성 하악 제1소구치 중에서 두 개의 치수강을 가진 치아는 3개가 존재하였다. 이에 반하여 남성의 치아 15개에서는 치수강이 두 개로 갈라진 경우는 존재하지 않았다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 생산시스템본부 생산기술연구사업의 연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

[1] G. V. Black, "A Work on Operative Dentistry," (1914)

[2] S. M. Garn, A. B. Lewis and R. S. Kerewsky, "Sex difference in tooth size," J. Dent Res. Vol. 43, pp. 306, (1964)

[3] E. J. Bell, J. Kaidonis, G. Townsend and L. Richards, "Comparison of exposed dentinal surfaces resulting from abrasion and erosion," Australian Dental Journal, Vol. 43, pp. 362-366, (1998)

[4] K. J. Chun, H. J. Lee, Y. Y. Won, M. H. Beak, H. S. Moon and R. Park, "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, SA7-3, (2004)

[5] L. Bodner, J. Bar-Ziv and A. Becker, "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] 김호경, "원추형 빔 마이크로 단층촬영기술 및 그 응용", 한국정밀공학회, Vol. 22, No. 3, pp. 7-14, (2005)

[7] 신하식, 전홍재, 한종현, "단일치아 임플란트의 어버트먼트 종류와 수직/경사하중에 따른 3차원 유한요소 해석을 이용한 하악골의 응력분포에 관한 연구", 한국정밀공학회 생체공학부문, Vol. 1, pp. 151-154, (2003)

[8] A. Pegoretti, L. Fambri, G. Zappini and M. Bianchetti, "Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post," Biomaterials, Vol. 23, pp. 2667-2682, (2002)

[9] D. Claridge, "Evaluating tooth size in premolar-extraction cases," Am. J. Orthod., Vol. 64, pp. 457-468, (1973)