

한국 성인 하악 제1대구치를 이용한 방사선학적 연령추정방법의 비교 분석

전혜미¹ · 전재우² · 김소연¹
정경화¹ · 옥수민² · 정성희²
안용우²

¹부산대학교병원 치과진료센터

²부산대학교 치의학전문대학원
구강내과학교실

An Assessment of Radiological Age Estimation Method Using Mandibular First Molars in Korean Adults

Hye-Mi Jeon¹, Jae-Woo Jeon², So-Yeun Kim¹, Kyung-Hwa Jung¹, Soo-Min Ok²,
Sung-Hee Jeong², Yong-Woo Ahn²

¹Dental Clinic Center, Pusan National University Hospital, Busan, Korea,

²Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Age estimation is important in the practice of forensic science to establish the identity of human remains, as well as with living persons. Particularly in Korea, age estimation in adults has been increase in the demand for incorrect birth records in order to be entitled to civil liability, social benefits, employment. The reduction of pulp cavity size as a result of secondary dentin deposit with increasing age could be used to estimate age. This regressive change can be analyzed using radiological techniques; thus, a variety of methods for dental age estimation based on this approach have been proposed. The purpose of this study is to evaluate the concurrence between the Drusini's method and the Jeon's method using the mandibular first molar on orthopantomographs (OPGs) in Korean adults. A total of 232 OPGs (91 females and 141 males) of Korean individuals with ages ranging from 20 to 69 years were analyzed using Drusini's method and Jeon's method. Our results revealed that the correlation of the two methods with age was statistically significant ($r=0.501$). Both Drusini's method and Jeon's method showed significant correlation with chronological age, and Jeon's method showed a greater correlation with chronological age ($r=0.738$) than Drusini's method ($r=0.586$). The mean absolute error was 7.99 years for Jeon's method and 9.79 years for Drusini's method. Our results demonstrate that Jeon's method using the mandibular first molar on OPGs is a practical and suitable method for age estimation in Korean adults.

Key Words: Age determination by teeth; Dentin; Korea; Population; Radiography

Received: January 4, 2017
Revised: January 25, 2017
Accepted: February 15, 2017

Correspondence to

Yong-Woo Ahn
Department of Oral Medicine,
School of Dentistry, Pusan National
University, 20 Geumo-ro, Mulgeum-
eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: +82-55-360-5233
Fax: +82-55-360-5234
E-mail: ahnyongw@pusan.ac.kr

서 론

연령추정은 신원불명의 사체뿐 아니라 살아있는 사람을 대상으로도 많이 수행되고 있다. 연령추정을 위해 골령, 키, 몸무

게, 이차성징, 치아 등을 이용하는 방법이 다양하게 연구되고 있으며, 이 중 치아는 인체조직 중 가장 오래 보존되고, 증령에 따른 변화가 비교적 단계적이므로 연령추정 시 신뢰성 있는 자료로 이용되고 있다[1].

연령의 증가에 따른 치아의 변화를 평가하는 방법에는 치아의 맹출과 상실, 석회화 정도, 치수강의 크기, 치아의 교모도 및 미세조직의 변화 등이 있다. 치아의 석회화가 완료된 성인에서는 이차 상아질이 침착됨에 따라 치수강의 크기가 감소되며, 이는 성인의 연령추정에 중요 방법으로 응용되고 있다. 이차 상아질 축척에 따른 치수강의 변화는 방사선학적, 조직학적, 생화학적 방법 등을 이용하여 평가할 수 있으며, 이 중 치과용 방사선사진을 사용하여 연령의 증가에 따른 치수강의 크기 변화를 측정하는 방사선학적 방법은 비침습적면서도 간단하며 살아있는 사람에게 적용 가능하다는 장점이 있다[2].

1985년 Ikeda 등[3]은 연령의 증가에 따른 이차 상아질 축적으로 인한 치수강의 크기 변화를 토대로 tooth-coronal index (TCI)라는 지표를 소개하였다. 이를 바탕으로 1997년 Drusini 등[4]은 파노라마 방사선 사진상에서 846개의 하악 소구치와 대구치의 TCI를 측정하여 연령과의 높은 상관관계($r=-0.92$ to -0.87)를 입증하였고, TCI를 이용한 연령추정방정식을 도출하였다. 2015년 Jeon 등[5]은 한국인 325명을 대상으로 파노라마 방사선 영상을 이용하여 하악 제1대구치의 치수강 크기를 새롭게 고안된 방법으로 측정하였고, 이를 통해 55.6%의 설명력을 가진 연령추정방정식을 얻은 바 있다.

이전의 연구를 바탕으로 하여 여러 인구집단에서 다양한 종류의 치아를 이용한 방사선학적 연령추정법이 지속적으로 연구되고 있으며 각각에서는 신뢰도가 증명되었으나 한국 성인을 대상으로 한 방사선학적 연령추정법 사이의 유의성을 비교한 연구는 거의 보고된 바가 없다[6-14].

이에 본 연구에서는 한국 성인의 파노라마 방사선 사진을 이용하여 치수강 크기 변화를 이용한 연령추정법 중 Drusini 등[4]에 의해 보고된 연령추정법과 Jeon 등[5]에 의해 소개된 새로운 연령추정법을 비교하여 두 가지 방법 사이의 유의성을 찾고, 이를 통해 새로 제안된 연령추정법의 적용 근거를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

2014년 7월부터 2016년 3월까지 부산대학교 치과병원에 내원한 환자 중 파노라마영상을 촬영한 20-69세 환자를 대상으로 하였다. 충전물이나 병적요인이 없는 하악 제1대구치를 선택하였고, 심한 교모 및 석회화로 치수강을 명확히 확인할 수 없는 치아와 치관이 회전이나 인접치와의 겹침으로 백악질-법랑질 접합부(cemento-enamel junction, CEJ)를 확인할 수 없는 치아는 제외하였다. 좌우 하악 제1대구치가 모두 위에 설명한 조건을 만족하는 환자의 경우 치수강 측정에 더

Table 1. Distribution of subjects in study according to age and gender

Age group (yr)	Male	Female	Total
20-29	26	21	47
30-39	29	17	46
40-49	25	17	42
50-59	31	19	50
60-69	30	17	47
Total	141	91	232

유리한쪽의 치아를 선택하였다. 총 232명 환자(남성 141명, 여성 91명)의 파노라마 방사선 사진이 선택되었고, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대로 분류하였다(Table 1). 본 연구는 부산대학교병원 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(IRB No. 1610-017-048).

2. 연구방법

Picture Archive and Communication Systems database (PACS)로부터 확보한 파노라마 영상을 Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) 포맷으로 저장하였다. DICOM 파일로 저장된 영상은 Adobe Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 이미지의 크기, 명도와 대조도를 조정한 후 아래 제시된 두 가지 방법을 사용하여 mm 단위로 각각의 길이를 측정하였다. 측정값의 신뢰도 평가를 위해 동일관찰자가 2주 후 다시 계속하였다.

(1) Drusini 등의 방법을 사용한 연령 추정 (Drusini 방법)

하악 제1대구치 근원심의 CEJ를 연결한 직선을 기준으로 이 선에서 가장 높은 교두정까지 수직거리를 coronal height (CH), 가장 높은 치수각까지의 수직거리를 coronal pulp cavity height (CPCH)로 측정하였다(Fig. 1A). 측정된 값을 아래의 식에 적용하여 TCI를 도출하였다.

$$TCI = CPCH / CH \times 100$$

도출된 TCI는 아래에 제시된 대구치에 대한 Drusini의 연령추정방정식을 사용하여 연령을 계산하였다[4].

$$\text{Estimated age} = 76.073 - 1.4576 \times TCI$$

(2) Jeon 등의 방법을 이용한 연령 추정 (Jeon 방법)

하악 제1대구치 설측열구(lingual groove) 시작점에서 치근분지부 최정상을 잇는 직선을 기준으로 설측열구 시작점에서 치근분지부 최상점까지 수직거리를 “L,” 치근분지부 최상점에서 치수강바닥까지의 거리를 “F,” 치수강바닥에서 치수강천정까지의 거리를 “D”로 측정하였다(Fig. 1B). 측정된 길

이를 통해, pulp chamber floor height ratio (F/L) 와 pulp chamber thickness ratio (D/L)를 계산하여 아래에 제시된 연령추정방정식에 적용하여 연령을 도출하였다[5].

$$\text{Estimated age} = 43.311 + 47.692 \times (F/L) - 197.419 \times (D/L)$$

3. 통계학적 분석

Independent samples t test를 이용하여 성별에 따른 연령의 차이가 있는지 평가하였다. 위에 제시된 두 가지 방법을 사용하여 추정된 연령 사이의 연관성 및 실제 나이와 각각의 방법을 통해 추정된 연령 사이의 상관관계를 확인해보기 위해 Pearson 상관분석을 시행하였다. 또한 각각의 방법으로 추정된 연령의 평균절대오차(mean absolute error, MAE)를 도출하였고, 연령추정방법의 정확도를 확인하기 위해 추정된 연령이 \pm MAE세 이내에 해당되는 비율과, 법치의학적으로 널리 받아들여지고 있는 연령오차범위인 \pm 10세 이내에 해당하는 비율을 계산하여 비교하였다[15]. 관찰자 내 측정치의 신뢰도 평가를 위해 급내상관계수(interclass correlation coefficient, ICC)를 확인하였다. 모든 통계학적 분석은 SPSS

ver. 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였고, 통계적 유의수준은 $P < 0.05$ 로 고려하였다.

결 과

성별과 연령에 따른 연구 집단의 분포는 Table 1에 나타나 있다. Independent samples t test를 시행한 결과, 성별과 연령과의 통계적 유의성은 확인되지 않았다. 1차 측정값과 2차 측정값의 ICC를 측정하여 관찰자 내 신뢰도를 평가하였고, 두 방법 모두 높은 일치율(>0.9)을 나타냈다.

Drusini 방법과 Jeon 방법을 통해 추정된 연령은 유의한 상관관계($r=0.501$)를 보였고, 성별에 따른 비교에서 통계학적으로 유의하지는 않으나 여성에서 더 높은 유의성이 관찰되었다(Table 2). Drusini 방법과 Jeon 방법을 통해 추정된 연령과 실제 연령 사이의 연관성을 확인해본 결과, 두 방법 모두 실제 연령과 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였고, Drusini 방법($r=0.586$)보다 Jeon 방법($r=0.738$)을 통해 추정된 연령이 실제 연령과 더 강한 상관관계를 나타냈다(Table 3).

Table 2. Pearson's correlation coefficients (r) between Drusini's and Jeon's method for the pooled sample, and each sex

Sex	Correlation coefficients (r)
Male (n=141)	0.481*
Female (n=91)	0.528*
Pooled sample (n=232)	0.501*

* $P < 0.05$.

Table 3. Pearson's correlation coefficients (r) between Drusini's method, Jeon's method and chronological age for age group

Method	Correlation coefficients (r)
Drusini's method	0.586*
Jeon's method	0.738*

* $P < 0.05$.

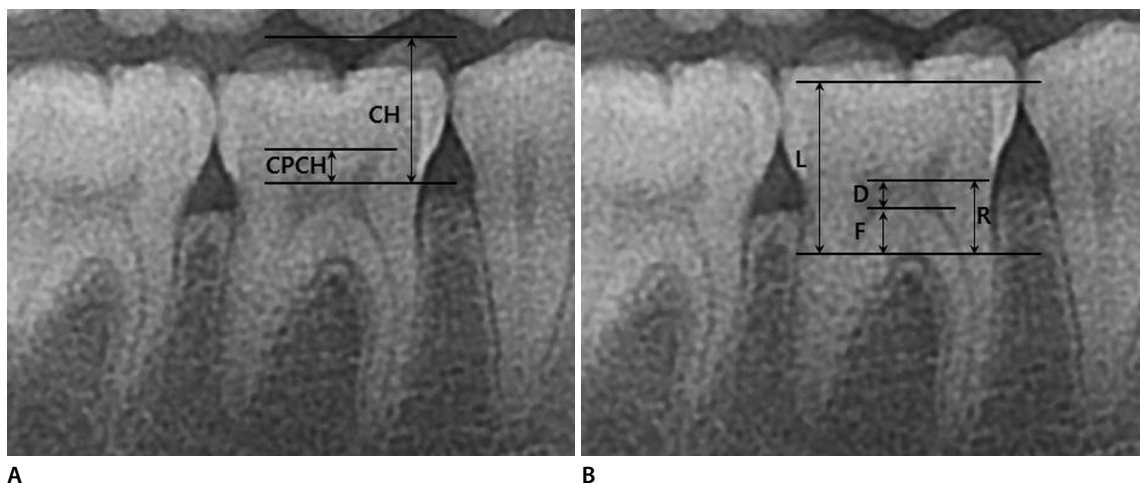


Fig. 1. Measurements performed on radiograph of a mandibular first molar by using Adobe Photoshop CS5 program. (A) Tooth measurements according to Drusini et al. [4]. CH, coronal height; CPCH, coronal pulp cavity height. (B) Tooth measurements according to Jeon et al. [5]. L, distance from the start point of lingual groove to the highest point on the root furcation; D, depth of the pulp chamber; F, distance between the floor of the pulp chamber and the highest point on the root furcation; R, distance between the roof of the pulp chamber and the highest point on the root furcation.

Table 4. MAE and percentage of estimated ages $\leq \pm$ MAE years and $\leq \pm 10$ years for age group

Age group (yr)	Drusini's method (MAE=9.79 yr)		Jeon's method (MAE=7.99 yr)	
	Error $\leq \pm$ MAE yr	Error $\leq \pm 10$ yr	Error $\leq \pm$ MAE yr	Error $\leq \pm 10$ yr
20-29 (n=47)	23/47 (48.9)	25/47 (53.2)	17/47 (36.2)	21/47 (44.7)
30-39 (n=46)	36/46 (78.3)	36/46 (78.3)	18/46 (39.1)	27/46 (58.7)
40-49 (n=42)	31/42 (73.8)	31/42 (73.8)	30/42 (71.4)	35/42 (83.3)
50-59 (n=50)	24/50 (48.0)	25/50 (50.0)	42/50 (84.0)	44/50 (88.0)
60-69 (n=47)	24/47 (51.1)	25/47 (53.2)	22/47 (46.8)	35/47 (74.5)
Total (n=232)	138/232 (59.5)	142/232 (61.2)	129/232 (55.6)	162/232 (69.8)

Values are presented as number (%).

MAE, mean absolute error.

Drusini 방법과 Jeon 방법으로 추정된 연령의 정확도를 확인하기 위해 MAE를 확인한 결과, 두 가지 방법 모두 법치의학적으로 통용되는 연령오차범위($\leq \pm 10$ 세) 내로 나타났다(Drusini 방법, 9.79세; Jeon 방법, 7.99세). 연령대별로 정확도를 확인해 보았을 때, Drusini 방법은 30대에서 가장 높은 정확도를 보였고, Jeon 방법은 50대에서 가장 높은 정확도를 보였다(Table 4).

고 찰

연령이 증가함에 따라 이차 상아질의 축적으로 인해 치수강의 크기가 감소된다는 사실은 1925년, Bodecker [16]의 연구에 의해 입증된 바 있다. 이차 상아질은 일생동안 일차 상아질의 치수면을 따라 이장되므로, 연령 증가에 따른 치수강 크기의 감소는 치아의 석회화가 완료된 성인의 연령추정 시 중요한 지표로 이용되고 있다[17]. 이차 상아질 축적에 따른 치수강의 변화는 방사선학적, 조직학적, 생화학적 방법 등을 이용하여 평가할 수 있다. 조직학적, 생화학적인 방법은 발거한 치아에서만 가능한 방법으로 이는 윤리적, 종교적 이유로 인해 수용하기 어려운 경우가 많고, 소요되는 시간과 비용이 비교적 큰 방법이다. 이에 반해 방사선학적 방법은 임상가들이 쉽게 접할 수 있으며, 비교적 간단하고 비파괴적이다[18].

치수강의 크기를 측정하기 위해 사용되는 치과용 방사선 사진에는 파노라마 방사선 사진, 치근단 방사선 사진, 컴퓨터 단층촬영(computerized tomography) 등이 있다. 이번 연구에서는 여러 치과용 방사선 사진 중에 파노라마 방사선 사진을 선택하여 연구를 진행하였는데 파노라마 사진은 임상가들에게 매우 흔한 방법으로, 모든 상악악 치아들을 하나의 필름에 짧은 시간에 빨리 기록할 수 있고, 전체 치아를 한눈에 파악할 수 있으며, 치아의 이전 치료 여부와 내용 및 치료되지 않은 병소를 쉽게 관찰할 수 있다는 장점이 있다. 파노라마 영상에서 하악치아에 비해 상악치아의 선명도가 떨어진다는 연구 결과를 토대로 상악치아는 이번 연구에서 제외하

였다[4]. 하악 전치부의 경우 경추와 같은 골구조물의 중첩으로 인해 선명도가 떨어지며, 하악 소구치는 악궁의 모서리에 위치하므로 한 각도에서 촬영되는 파노라마 특성상 인접치와의 겹침으로 인해 CEJ를 명확히 확인할 수 없는 경우가 많다[19]. 또한 하악 제2대구치는 해부학적 형태의 변이가 하악 제1대구치에 비해 많은 것으로 보고되고 있으며, 특히 아시아 인에서 C-형 근관, 치근융합(fusion) 빈도가 높다고 알려져 있다[20]. 이에 본 연구에서는 하악 제1대구치를 선택하여 파노라마 방사선 사진상에서 Drusini 방법과 Jeon 방법으로 치수강 크기를 측정하여 연령추정을 하였고, 두 방법으로 추정된 연령은 통계학적으로 유의한 상관관계가 있음을 확인하였다.

이차 상아질 침착의 양상은 치아의 종류에 따라 다양한데, 구치부에서는 상아질 침착이 치수강바닥에서 가장 많고, 교합면과 외측면 쪽으로는 상대적으로 적게 나타난다고 알려져 있다[17]. 이번 연구에서 Drusini 방법으로 추정된 연령보다 Jeon 방법으로 추정된 연령이 실제 연령과 더 높은 연관성을 보이는 것으로 확인되었는데 Jeon 방법의 경우, 하악 제1대구치의 치수강바닥 높이 변화까지 고려한 연령 추정법이므로 연령의 증가에 따른 치수강 크기 변화를 좀 더 구체적으로 측정할 수 있었기 때문으로 생각된다.

Drusini 방법과 Jeon 방법의 정확도를 평가하기 위해 각각의 방법으로 추정된 연령과 실제 연령 사이의 MAE를 확인하였다. 두 가지 방법 모두 법치의학적으로 통용되는 연령오차범위인 ± 10 세 이내로 나타났으나, Jeon 방법이 Drusini 방법보다 더 작은 MAE를 보였다(Drusini 방법, 9.79세; Jeon 방법, 7.99세). 연령대별 정확도를 확인해보았을 때, Drusini 방법의 경우, 실제 연령과의 오차가 MAE 이내에 포함되는 경우가, 30대에서 78.3%로 가장 높은 정확도를 나타냈다. 반면 Jeon 방법의 경우, 50대에서 84%로 가장 높은 정확도를 보였다. 법치의학적으로 통용되는 연령오차범위인 ± 10 세 이내에 해당하는 경우도 Drusini 방법에서는 30대, Jeon 방법에서는 50대에서 가장 높은 정확도를 보였다(Drusini 방법,

78.3%; Jeon 방법, 88%). 전체연령대로 확인하였을 때, 연령 오차범위 ± 10 세 이내에 해당하는 경우가 Drusini 방법에서는 56.5%, Jeon 방법에서는 69.8%로 나타나 Jeon 방법이 좀 더 정확한 연령추정법임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 파노라마 방사선 사진을 이용한 치수 강 크기 측정을 통해 연령을 추정하는 방법으로 잘 알려진 Drusini 방법과 본 저자의 앞선 연구를 통해 소개된 새로운 연령추정법(Jeon 방법)사이의 연관성을 찾아 Jeon 방법의 사용 근거를 마련하고자 했다. 이번 연구를 통해 Jeon 방법은 Drusini 방법과 통계학적으로 유의한 상관관계가 있음을 확인하였고, Drusini 방법보다 실제 연령과도 더 높은 연관성이 있음을 증명하였다. 또한 한국인을 대상으로 한 이전의 연구들에서 연령추정을 위해 치과에 내원하는 환자의 연령대가 50대가 가장 많은 것으로 보고된 바 있는데[21,22], 이와 같은 사실을 고려해 볼 때 Jeon 방법이 실제 임상에서 더 유용하게 활용 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 표본의 수가 적고, 실제 임상에서 사용되는 여러 연령추정방법들 중 단지 하악 제1대구치를 이용한 방사선학적 방법들의 비교 연구라는 한계점이 있다. 향후 더 많은 연구 집단을 대상으로 다양한 연령추정방법을 적용하여 각 방법들의 특성을 비교 분석하여 보고한다면 법치의학 실무에서 좀 더 정확한 연령 추정을 수행하는 데 기여할 수 있으리라 기대된다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This study was supported by a Clinical Research Grant from Pusan National University Hospital (2017).

References

1. Stavrianos C, Mastagas D, Stavrianou I, et al. Dental age estimation of adults: a review of methods and principals. *Res J Med Sci* 2008;2:258-68.
2. Morse DR. Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:721-45.
3. Ikeda N, Umetsu K, Kashimura S, et al. Estimation of age from teeth with their soft X-ray findings. *Nihon Hoigaku Zasshi* 1985;39:244-50.
4. Drusini AG, Toso O, Ranzato C. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *Am J Phys Anthropol* 1997;103:353-63.
5. Jeon HM, Kim JH, Heo JY, et al. Age estimation by radiological measuring pulp chamber of mandibular first molar in Korean adults. *J Oral Med Pain* 2015;40:146-54.
6. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, et al. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 1995;74:175-85.
7. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci* 2004;49:317-9.
8. Bosmans N, Ann P, Aly M, et al. The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int* 2005;153:208-12.
9. Landa MI, Garamendi PM, Botella MC, et al. Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *Int J Legal Med* 2009;123:123-8.
10. Kanchan-Talreja P, Acharya AB, Naikmasur VG. An assessment of the versatility of Kvaal's method of adult dental age estimation in Indians. *Arch Oral Biol* 2012;57:277-84.
11. Karkhanis S, Mack P, Franklin D. Age estimation standards for a Western Australian population using the dental age estimation technique developed by Kvaal et al. *Forensic Sci Int* 2014;235:104.e1-6.
12. Talabani RM, Baban MT, Mahmood MA. Age estimation using lower permanent first molars on a panoramic radiograph: a digital image analysis. *J Forensic Dent Sci* 2015;7:158-62.
13. Rajpal PS, Krishnamurthy V, Pagare SS, et al. Age estimation using intraoral periapical radiographs. *J Forensic Dent Sci* 2016;8:56-7.
14. Erbudak HO, Ozbek M, Uysal S, et al. Application of Kvaal et al.'s age estimation method to panoramic radiographs from Turkish individuals. *Forensic Sci Int* 2012;219:141-6.
15. Mathew DG, Rajesh S, Koshi E, et al. Adult forensic age estimation using mandibular first molar radiographs: a novel technique. *J Forensic Dent Sci* 2013;5:56-9.
16. Bodecker CF. Depth tester for dental caries lesions. *J Dent Res* 1952;31:119-23.
17. Philippas GG, Applebaum E. Age factor in secondary dentin formation. *J Dent Res* 1966;45:778-89.
18. Willems G. A review of the most commonly used dental age estimation techniques. *J Forensic Odontostomatol* 2001;19:9-17.
19. Jeon HS, Tea IH, Ko MY, et al. Age estimation by dental radiographs in Korean adults. *Korean J Oral Med* 2009;34:179-88.
20. Jafarzadeh H, Wu YN. The C-shaped root canal configuration: a review. *J Endod* 2007;33:517-23.
21. Jeong EG, Heo JY, Ok SM, et al. Drusini's and Takei's methods for age estimation in Korean adults. *Korean J Leg Med* 2015;39:1-5.
22. Kwon C, Byun JS, Jung JK, et al. An analysis of age estimation cases in Korea from the view of social aspects. *Korean J Oral Med* 2013;38:235-46.