Korean J Leg Med 2018;42:56-61
https://doi.org/10.7580/kjlm.2018.42.2.56

원 저

한국성인 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진을 이용한 연령추정

전혜미[1] · 장석민[2] · 김경희[3]
김소연[1] · 정경화[1] · 옥수민[2]
정성희[2] · 안용우[2]

[1]부산대학교병원 치과진료센터
[2]부산대학교 치의학전문대학원 구강내과학교실
[3]인제대학교 부산백병원 구강내과학교실

Age Estimation Based on Pulp Chamber Size of Mandibular First Molars from Intraoral Periapical Radiographs in Korean

Hye-Mi Jeon[1], Seok-Min Jang[2], Kyung-Hee Kim[3], So-Yeun Kim[1], Kyung-Hwa Jung[1], Soo-Min Ok[2], Sung-Hee Jeong[2], Yong-Woo Ahn[2]

[1]Dental Clinic Center, Pusan National University Hospital, Busan, Korea, [2]Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea, [3]Department of Oral Medicine, Inje University Pusan Paik Hospital, Inje University, Busan, Korea

The teeth are the hardest structures in the body and can be a biomarker of aging. The aging process and degenerative changes in the teeth are helpful for estimation of age in adults. One of the best-known features of dental aging is a reduction in the size of the pulp chamber as a result of secondary deposition of dentin. In this study, we developed new regression models to estimate chronological age in Korean adults using the mandibular first molars to examine the relationship between age and pulp cavity size on intraoral radiographs. Intraoral periapical digital radiographs of the mandibular first molars were collected from 243 patients (147 male, 96 female) of known age. The radiographic images were analyzed by using the Adobe Photoshop CS5 image editing program. The pulp chamber height ratio (PCHR), pulp chamber width ratio (PCWR) were calculated and found to have a significant negative correlation with age. The correlation was consistently higher for PCHR than for PCWR. The strongest correlation was found for PCHR in female patients (r=–0.824). Multiple regression models were derived using the PCHR and PCWR. The determination coefficients (R^2) of the models ranged from 0.660 to 0.730. Our results indicate that the measurement of pulp chamber height and width in the mandibular first molar is a practical, simple and reliable method for estimation of age in Korean adults.

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

Received: April 4, 2018
Revised: April 25, 2018
Accepted: May 15, 2018

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 다양한 목적을 위해 사용되며, 최근 한국에서는 사회복지혜택, 구직, 사회적 인간관계문제 등의 이유로 그 중요성이 증가하고 있다[1]. 신원불명의 사체나 생체의 연령을 추정하는 데 도움을 주는 많은 자료 중, 치아는 인체조직에서

©Copyright 2018 by the Korean Society for Legal Medicine
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

pISSN 2383-5702
eISSN 2383-5710

가장 오래 보존되고, 증령에 따른 변화가 비교적 단계적이므로 연령추정 시 신뢰성 있는 자료로 이용되고 있다[2].

연령을 추정하기 위해 치아를 사용하는 방법에는 치아의 맹출과 상실, 석회화 정도, 치수강의 크기, 치아의 교모도 및 미세조직의 변화 등이 있다. 치아의 석회화가 완료된 성인의 경우, 치아의 교모도 및 치수강의 크기 변화가 주로 응용되고 있다[3]. 이차 상아질의 축적으로 인한 치수강의 크기 변화는 치과용 방사선 사진을 활용한 방사선학적 방법을 통해 평가할 수 있으며, 여러 연구들에서 연령 추정의 지표로 유의함이 증명된 바 있다. 1995년, Kvaal 등[4]은 성인의 절치, 견치, 소구치의 치근단 방사선 사진상에서 치아와 치수 크기 계측을 통해 높은 설명력을 가지는 연령추정 방정식을 도출한 바 있다. Ikeda 등[5]은 파노라마 영상을 이용하여 tooth-coronal index와 연령과의 연관성을 언급하였고, 이 후 Drusini 등[6]에 의해 유의성이 입증되었다. 2004년, Cameriere 등[7]에 의해 pulp/tooth area ratio (PTR)라는 지표가 소개되었고, 이를 바탕으로 여러 종류의 치아의 치근단 방사선 사진을 이용하여 연령과 PTR과의 연관성을 확인하였다[8–11].

국내에서도 연령 증가에 따른 치수강 크기의 변화를 이용한 방법 꾸준히 연구되고 있으며 각각에서는 신뢰도가 증명되었으나, 치과용 방사선 사진을 이용한 연령추정법은 일반화되어 있지 않은 것이 현실이다. 치과용 디지털 방사선 사진은 그 이미지의 질이 꾸준히 향상되고 있으며, 그 중 치근단 방사선 촬영은 가장 간단하고 쉬운 방법으로 치아의 이미지를 얻을 수 있고, 소수의 치아를 가장 선명하고 정확하게 분석할 수 있다[12].

이에 본 연구에서는 한국 성인 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진을 이용하여 연령의 증가에 따른 치수강의 변화를 평가하고, 연령추정회귀방정식을 도출함으로써 한국 성인에 적합한 새로운 연령추정법을 제안하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

2010년 3월부터 2016년 3월까지 부산대학교치과병원에 내원한 환자 중 하악 제1대구치의 치근단 방사선 사진을 촬영한 20-69세 환자를 대상으로 하였다. 총 243명의 환자(남성 147명, 여성 96명)로부터 243개의 하악 제1대구치 방사선 사진이 선택되었고, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대로 분류하였다(Table 1).

충전물이나 병적요인이 없는 하악 제1대구치를 선택하였고, 치관이 회전되었거나 심한 교모 및 석회화로 치수강을 명확히 확인할 수 없는 치아는 제외하였다. 또한 인접치와의 겹침으로 인해 수평적 측정이 어려운 치아도 제외되었다. 좌우 위치에 따른 측정치의 통계학적 유의성이 없음을 확인하였으며, 이에 좌우 하악 제1대구치가 모두 위에 설명한 조건을 만족하는 환자의 경우 치수강 측정에 더 유리한쪽의 치아를 선택하였다. 본 연구는 부산대학교병원 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(IRB No. 1706-022-056).

2. 연구방법

Picture Archive and Communication Systems database로부터 확보한 하악 제1대구치 치근단 방사선 영상을 DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine) 포맷으로 저장하였다. DICOM 파일로 저장된 영상은 Adobe Photoshop CS5을(Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA) 이용하여 이미지의 크기, 명도와 대조도를 조정한 후 다음의 길이를 mm 단위로 측정하였다(Fig. 1).

A-B: 설측열구(lingular groove) 시작점에서 치근분지부 최상점까지 수직거리
a-b: 치수강바닥에서 치수강천정까지 수직거리
C-D: 치수강바닥에서 치수강천정까지 수직거리를 이등분하고 A-B에 수직한 선상의 치아 근원심거리
c-d: C-D 상의 치수강 너비

방사선 사진상의 왜곡 및 기울기 등에 의한 측정치의 오차를 최소화하기 위해 pulp chamber height ratio (PCHR, a-b/A-B), pulp chamber width ratio (PCWR, c-d/C-D)를 도출하였다. 측정값의 신뢰도 평가를 위해 동일관찰자가 2주 후 다시 계측하였다. 또한 관찰자간 신뢰도 평가를 위해 100명을 무작위로 추출하여 두 번째 관찰자가 길이를 측정하였다.

3. 통계학적 분석

성별에 따른 PCHR, PCWR의 차이를 independent samples t-test를 이용하여 평가하였다. 2개의 ratio (PCHR, PCWR)와 연령과의 연관성을 평가하기 위해 Pearson 상관분석을 시행하였고, 다중회귀분석을 시행하여 PCHR, PCWR을 적용한 연령추정 방정식을 도출하였다. 관찰자 내 및 관찰자 간의 측정치 신뢰도 평가를 위해 급내상관계수(interclass correlation coefficient, ICC)를 확인하였다. 모든 통계학적 분석은 SPSS ver. 22.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였고, 통계적 유의수준은 $P<0.05$로 고려하였다.

결 과

총 243개의 하악 제1대구치 치근단 방사선 영상이 선택되었다. 성별과 연령에 따른 연구 집단의 분포는 Table 1에 나타나 있다. ICC를 측정하여 관찰자 내 신뢰도 및 관찰자 간 신뢰도를 평가하였고, 각각 높은 일치율을 나타냈다(관찰자 내 신뢰도, >0.8; 관찰자 간 신뢰도, >0.7). Independent samples t-test를 시행한 결과, 성별에 따른 각 ratio와 연령과의 유의성이 확인되어, 각 성별에 따라 통계분석을 시행하였다.

1. Linear correlation (Pearson correlation)

남녀 모두에서 PCHR, PCWR는 연령과 유의한 음의 상관관계를 보였고, PCHR이 PCWR보다 더 강한 상관관계를 나타냈다. 여성에서 PCHR와 연령과의 상관관계가 가장 높게 관찰되었다(r=−0.824) (Table 2).

2. Simple linear regression

각 ratio가 연령에 영향을 미치는 정도를 확인해 보기 위해 단순회귀분석을 시행하였다. 그 결과 남녀 모두에서 PCHR을 적용한 경우가 PCWR을 적용하였을 때보다 더 높은 설명

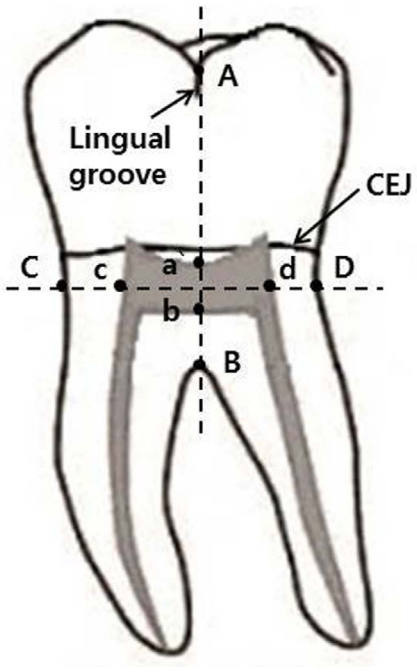
Table 1. Distribution of subjects in study

Age group (yr)	Male	Female	Total
20–29	26	22	48
30–39	29	17	46
40–49	27	19	46
50–59	34	20	54
60–69	31	18	49
Total	147	96	243

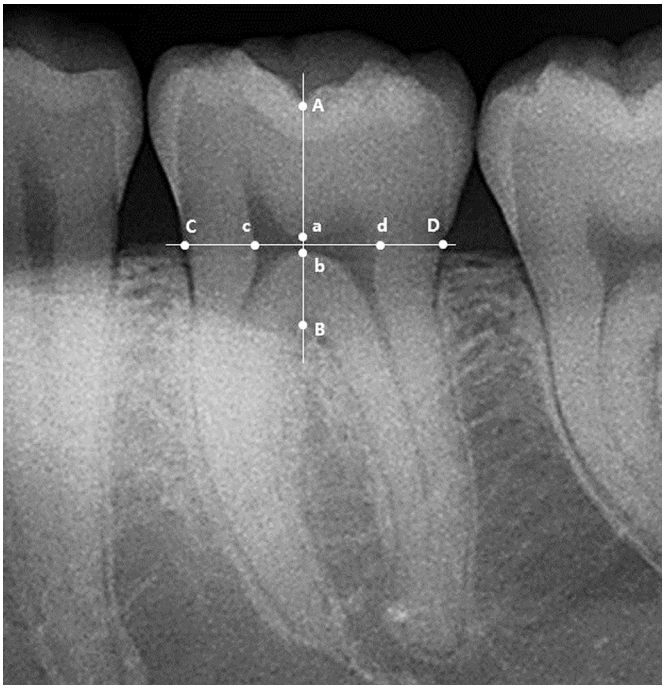
Table 2. Pearson's correlation coefficients (r) between chronological age and the ratios of measurements from intraoral periapical radiographs for the pooled sample, and each sex

Ratio	Pooled sample (n=243)	Male (n=147)	Female (n=96)
PCHR (a-b/A-B)	−0.788**	−0.760*	−0.824*
PCWR (c-d/C-D)	−0.646**	−0.673*	−0.603*

PCHR, pulp chamber height ratio; PCWR, pulp chamber width ratio.
*P<0.05, **P<0.01.



A



B

Fig. 1. (**A**) Schematic representation of tooth measurements (lingual aspect of permanent mandibular first molar). (**B**) Measurements performed on intraoral periapical radiograph of a mandibular first molar by using Adobe Photoshop CS5 program. A-B, distance from the start point of lingual groove to the highest point on the root furcation; a-b, the height of the pulp chamber; C-D, mesiodistal diameter at the point of bisecting a-b; c-d, the width of the pulp chamber; CEJ, cemento-enamel junction.

https://doi.org/10.7580/kjlm.2018.42.2.56

력을 가진 연령추정방정식을 도출할 수 있었다. 가장 설명력이 높은 연령추정방정식은 여성표본에서 PCHR이 적용된 경우였다(R^2=0.679) (Table 3).

3. Multiple regression

2개의 ratio (PCHR, PCWR)를 이용한 다중회귀분석을 통해 더 정확한 연령추정 방정식이 얻어졌다. 전체표본으로부터 도출된 연령추정 방정식은 다음과 같다.

Estimated age=92.941−86.339×(PCWR)−233.368×(PCHR)

가장 큰 결정계수를 나타낸 연령추정방정식은 여성표본에서 PCHR, PCWR을 적용한 경우로 나타났다(R^2=0.730) (Table 4).

고 찰

이차 상아질 형성은 상아질 발생 이후 시작되며 일차 상아질의 치수면을 따라 일생동안 진행되므로 연령이 증가함에 따라 치수강의 크기가 감소한다[13]. 1952년, Bodecker[14]는 연령 증가에 따른 치수강의 크기 감소를 입증한 바 있다. 이차 상아질 축척에 따른 치수강의 변화는 방사선학적, 조직학적, 생화학적 방법 등을 이용하여 평가할 수 있다. 이 중 조직학적, 생화학적인 방법은 발거한 치아에서만 가능한 것에 반해 방사선학적 방법은 비침습적이고, 간단하며, 살아있는 사람에게도 적용할 수 있다는 장점이 있다[15]. 이차상아질의 침착에 의한 치수강의 크기 변화를 측정하기 위해 사용되는 치과용 방사선 사진에는 파노라마, 치근단 방사선 사진, 컴퓨터단층촬영(computerized tomography) 등이 있다. 파노라마는 임상가에게 매우 흔한 방법으로, 모든 상하악 치아들을 하나의 필름에 짧은 시간에 빨리 기록할 수 있고, 전체 치아를 한눈에 파악할 수 있으며, 치아의 이전 치료여부와 내용 및 치료되지 않은 병소를 쉽게 관찰할 수 있다. 그러나 파노라마 촬영은 치근단 방사선 사진과 비교하여 선명도가 떨어지고, 한 각도에서만 촬영이 가능하므로 치아의 원하는 부위의 측정이 어려운 경우가 많다. 컴퓨터단층촬영은 여러 단면의 확인이 가능하여 입체적인 연구가 가능하나, 장비 및 비용 면에서 환자에게 일반적으로 적용하기는 어렵다[16]. 치근단 방사선 사진은 가장 간단하고 쉽게 이미지를 얻을 수 있으며, 치아를 가장 선명하고 정확하게 분석할 수 있다는 장점이 있으나, 촬영 시 치아와 관의 거리, 관의 각도, 치아의 위치와 형태에 따라 방사선 사진상의 치아 모양과 크기가 원래의 치아와 비교하여 달라질 수 있다[12]. 상악대구치의 경우, 치근이 3개이며, 골조직의 겹침으로 인해 방사선 사진상에서 치수강을 명확하게 구분하기가 어려운 경우가 많다[17]. 하악 제2대구치는 해부학적 형태의 변이가 하악 제1대구치에 비해 많은 것으로 보고되고 있으며, 특히 아시아인에서 C-형 근관, 치근융합(fusion) 빈도가 높다고 알려져 있다[18]. 이에 이번

Table 3. Linear regression equations for estimating age (yr) from independent ratios of measurements on intraoral periapical radiographs

Ratio	No.	Equation	R^2	SE (yr)
Pooled sample				
PCHR (a-b/A-B)	243	Age=64.285−296.838×(PCHR)	0.621	8.746
PCWR (c-d/C-D)	243	Age=113.427−179.740×(PCWR)	0.418	10.829
Male				
PCHR (a-b/A-B)	147	Age=64.852−313.045×(PCHR)	0.578	8.966
PCWR (c-d/C-D)	147	Age=113.815−180.776×(PCWR)	0.453	10.205
Female				
PCHR (a-b/A-B)	96	Age=64.075−285.104×(PCHR)	0.679	8.404
PCWR (c-d/C-D)	96	Age=112.783−178.070×(PCWR)	0.364	11.833

SE, standard error of the estimates; PCHR, pulp chamber height ratio; PCWR, pulp chamber width ratio.

Table 4. Multiple regression equations for estimating age (yr) from independent ratios of measurements on intraoral periapical radiographs

Group	No.	R	Equation	R^2	SE (yr)
Pooled sample	243	0.830	Age=92.941−86.339×(PCWR)−233.368×(PCHR)	0.689	7.937
Male	147	0.813	Age=95.181−94.362×(PCWR)−229.488×(PCHR)	0.660	8.073
Female	96	0.854	Age=90.446−76.413×(PCWR)−240.777×(PCHR)	0.730	7.754

SE, standard error of the estimates; PCWR, pulp chamber width ratio; PCHR, pulp chamber height ratio.

연구에서는 평행법으로 촬영한 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진을 선택하여 계측점에서의 길이를 측정하였고(Fig. 1), PCHR과 PCWR을 도출하여 측정치의 오차를 최소화 하였다.

이차 상아질 침착의 양상은 치아의 종류에 따라 다양한데, 구치부에서는 상아질 침착이 치수강바닥에서 가장 많고, 교합면과 외측면 쪽으로는 상대적으로 적게 나타난다[13]. 이번 연구를 통해서 연령의 증가에 따라 치수강 높이와 치수강 넓이 모두 유의하게 감소하지만 치수강 높이변화가 치수강 폭의 변화보다 연령과 더 큰 음의 상관관계를 나타냄을 확인할 수 있었다(Table 2). 또한 PCHR을 적용한 연령추정방정식이 PCWR을 적용하여 얻어진 연령추정방정식보다 더 높은 설명력을 보임을 확인하였다(Table 3). Mathew 등[19]은 2013년에 인도인 88명의 파노라마 이미지 상에서 하악 제1대구치의 치수강 높이와 치관 높이를 측정하여 이차상아질 축적에 따른 치수강 높이 감소를 근거로 한 pulp chamber crown root trunk height ratio (PCTHR)라는 지표를 소개했다. 이 연구를 통해 PCTHR와 연령 사이의 유의성을 확인하였고(r=−0.56), PCTHR을 적용하여 연령추정방정식을 도출하였다(r^2=0.313). 2015년, Jeon 등[20]은 한국인 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진과 파노라마 방사선 사진상에서 새롭게 고안된 방법으로 치아와 치수의 크기를 계측하여 치수강 크기 변화와 연령과의 연관성을 확인하였다. 이 연구에서 Jeon 등[20]은 치근단방사선 사진을 이용한 방법이 파노라마 영상을 이용한 방법보다 치수강의 크기변화와 연령과의 연관성이 더 높음을 확인하였고, 치근단 방사선 사진을 이용한 방법으로 55.6%의 설명력을 가진 연령추정방정식을 도출하였다.

앞서 소개된 연구는 하악 제1대구치 치수강의 크기 변화를 수직적인 요소, 즉 높이만을 고려하여 진행된 연구로, 이차상아질 측면 침착에 의한 치수강의 수평적 크기 감소와 연령과의 연관성에 대해서는 확인한 바 없다. 이에 본 연구에서는 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진을 사용하여 치수강의 높이뿐 아니라 폭의 변화도 고려하여 진행하였고, PCHR과 PCWR을 적용하여 앞서 소개된 두 연구들보다 더 높은 설명력(r^2=0.660 to 0.730)을 보이는 연령추정방정식을 도출하였다(Table 4).

결론적으로 하악 제1대구치 치근단 방사선 사진을 이용한 치수강 크기 측정은 한국성인의 연령추정을 위한 간단하고, 비교적 높은 정확성을 가지는 방법으로, 실제 임상에서도 활용 가능할 것으로 기대된다. 그러나 본 연구는 표본의 수가 적고, 단지 하악 제1대구치만 사용한 연구라는 한계점이 있다. 향후 많은 연구 집단을 대상으로 본 연구에 포함되지 않았던 다른 여러 치아들을 이용하거나 교모도와 같은 추가적인 정보들을 함께 이용한 연구를 진행한다면 더 정확한 연령추정법을 얻을 수 있으리라 판단된다.

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 (2018).

References

1. Kwon C, Byun JS, Jung JK, et al. An analysis of age estimation cases in Korea from the view of social aspects. J Oral Med Pain 2013;38:235-46.
2. 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.
3. 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.
4. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, et al. Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int 1995;74:175-85.
5. 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.
6. 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.
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. Cameriere R, Cunha E, Sassaroli E, et al. Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: study of a Portuguese sample to test Cameriere's method. Forensic Sci Int 2009;193:128.e1-6.
9. Cameriere R, Cunha E, Wasterlain SN, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical X-ray. J Forensic Leg Med 2013;20:530-6.
10. Cameriere R, De Luca S, Aleman I, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. Forensic Sci Int 2012;214:105-12.
11. Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-rays. J Forensic Sci 2007;52:166-70.
12. Jeon HS, Tae IH, Ko MY, et al. Age estimation by dental radiographs in Korean adults. Korean J Oral Med 2009;34:179-88.
13. Philippas GG, Applebaum E. Age factor in secondary dentin formation. J Dent Res 1966;45:778-89.
14. Bodecker CF. Depth tester for dental caries lesions. J Dent Res 1952;31:119-23.
15. Willems G. A review of the most commonly used dental age estimation techniques. J Forensic Odontostomatol 2001;19:9-17.
16. 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.
17. 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.
18. Jafarzadeh H, Wu YN. The C-shaped root canal configuration: a review. J Endod 2007;33:517-23.
19. 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.
20. 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.