Korean J Leg Med 2018;42:141-145
https://doi.org/10.7580/kjlm.2018.42.4.141

원 저

치근단 방사선 사진에서 Paewinsky 연령추정법 적용에 대한 연구

노병윤[1] · 서정욱[1] · 김창겸[1]
최창운[2] · 이원준[2] · 이상섭[1]

[1]국립과학수사연구원
중앙법의학센터 신원확인실
[2]국립과학수사연구원
서울과학수사연구소 법의조사과
신원확인실

Received: November 12, 2018
Revised: November 18, 2018
Accepted: November 26, 2018

Correspondence to
Sang-Seob Lee
Section of Human Identification, Medical Examiner's Office, National Forensic Service, 10 Ipchun-ro, Wonju 26460, Korea
Tel: +82-33-902- 5231
Fax: +82-33-902-5911
E-mail: sslee1418@gmail.com

The Application of Paewinsky et al.'s Age Estimation Method to Periapical Radiographs

Byung-Yoon Roh[1], Jeong-Uk Seo[1], Chang-Gyum Kim[1], Chang-Un Choi[2], Won-Joon Lee[2], Sang-Seob Lee[1]

[1]Section of Human Identification, Medical Examiner's Office, National Forensic Service, Wonju, Korea, [2]Section of Human Identification, Department of Forensic Medicine Investigation, National Forensic Service Seoul Institute, Seoul, Korea

There have been many radiographic studies on age estimation that evaluate reduction in size of dental pulp cavity with secondary dentin formation. The Paewinsky method reported high accuracy in estimating ages by measuring the width of the pulp cavity in panoramic radiographs. The aim of this study was to evaluate the application of the Paewinsky method to digital periapical radiographs. This study was conducted on 103 cases that reported to the Section of Human Identification of the National Forensic Service. The age was calculated by applying the Paewinsky method that measures the root and pulp canal width at three points in a tooth. The estimation results were compared with those calculated by the Johanson method. When the Paewinsky models were applied to digital periapical radiographs, the errors were significantly greater as compared to the original study. The errors of the maxillary second premolar and mandibular lateral incisor were greater than those of the maxillary central incisor, lateral incisor, mandibular canine, and first premolar. Furthermore, errors of the age estimation models in level C were greater than those in levels A and B. This study could be a reference for the application of the Paewinsky method to digital periapical radiographs.

Key Words: Age determination by teeth; Secondary dentin; Dental radiography

서 론

법과학에서 연령 추정은 불상의 사망자의 신원확인을 위하여 많이 이용되어 왔으며, 그뿐만 아니라 연금 수혜 등의 사회복지 서비스, 취학이나 취업, 퇴직, 민·형법 적용을 위한 미성년·성년의 구분 등의 사회 문제 해결에도 널리 이용되어 왔다[1,2]. 특히 근래에 전 세계적으로 증가한 난민과 이민자들로 인해 발생한 여러 사회적인 문제 해결을 위해서 연령 추정은 많이 시행되고 있으며, 또한 이와 관련된 많은 연구들도 수행되었다[3,4].

치아를 이용한 연령추정법은 비교적 높은 정확도를 나타내어 널리 이용되고 있다[5]. 유소년, 청소년의 경우 치아의 발

pISSN 2383-5702
eISSN 2383-5710
©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.

달 등을 이용한 연령추정법이 이용되고 있고, 이는 방사선 사진상의 치아의 발달 단계를 평가하여 이루어진다[6,7]. 성인에서의 법치의학적 연령추정은 치아의 퇴행성 변화를 이용하여 이루어지는데, 발치 등의 비가역적인 처치가 필요하여 살아있는 사람의 경우 적용하는 것이 제한되는 경우가 많다[8,9].

증령에 따른 치수강의 크기 감소를 이용하여 방사선 사진을 이용한 법치의학적인 연령추정법이 연구되어 왔는데, 이는 비교적 간단하고, 빨리 결과를 도출할 수 있으며, 많은 비용을 들이지 않고 적용할 수 있다는 장점이 있다[10]. Kvaal 등[11]은 치근단 방사선 사진에서 치수의 길이, 폭을 측정하여 시행하는 연령추정법을 소개하였고, Paewinsky 등[12]은 파노라마 방사선 사진상에서 Kvaal의 방법을 적용하여 치수의 폭을 이용한 연령추정법을 보고하였다. 또한 Cameriere 등[13]은 치수의 면적을 이용한 연령추정법을 보고하였다.

본 연구는 Paewinsky의 방법을 치근단 방사선 사진에 적용하고, 그 정확도를 평가해 보았다. 치수의 길이가 포함된 Kvaal의 방법에 비하여 계측과 적용이 간단하다는 장점이 있다. 치아별, 계측 지점에 따른 추정치를 비교하고, 치근단 방사선 사진에서의 적용 가능 여부와 어떻게 적용할 때 가장 정확한 결과를 도출할 수 있을지를 확인해 보았다.

재료 및 방법

본 연구는 2016년 11월부터 2018년 7월까지 국립과학수사연구원 법의신원확인실에 의뢰된 감정건을 대상으로 이루어졌다. Paewinsky의 방법을 적용할 수 있는 건전한 상악 중절치, 측절치, 제2소구치, 하악 측절치, 송곳니, 제1소구치가 존재하는 103개의 감정건을 선택하여 연구를 진행하였다. Kvaal 등[11]의 연구는 좌, 우측 차이는 없는 것으로 보고하고 있어 좌, 우측 치아 중 치아의 malposition이나 rotation, 상의 왜곡이 적은 이미지를 선택하여 진행하였다. 치근단 방사선 사진은 Port-X II (Genoray Co. Ltd., Seongnam, Korea)를 이용하여 등각촬영법(bisecting angle technique)으로 촬영되었으며, SDR2 software ver. 2.5.2.5 (MJRAD Inc.)을 이용하여 디지털 치근단 방사선 사진을 JPG Image로 변환하였다. 변환된 이미지 파일을 Photoshop CS 5 software (Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)를 이용하여 계측하였다. 치아의 장축을 수직선에 평행하게 image를 조절하고 치아의 폭과 치수의 폭을 측정하였다. 계측은 Paewinsky 등[12]의 연구와 같이 치아의 cementoenamel junction (CEJ) (A level), 치근의 중간(C level), CEJ와 midroot의 중간 지점(B level)에서 이루어졌다(Fig. 1).

계측의 재현성을 평가하기 위하여 동일한 관찰자와 다른 관찰자가 각각 25개의 치아를 선택하여 재계측을 시행하였으며, intraclass correlation coefficient (ICC)를 이용하여 관찰자내/관찰자간 신뢰도를 평가하였다. 감정건들이 신원이 밝혀지지 않은 경우가 많아, Johanson 방법[14]으로 산출한 연령을 기준으로 Paewinsky 추정 연령을 비교하여 평가하였다. 각 치아와 계측지점 level A, B, C에 따른 연령 추정식이 존재하므로 각각의 추정값을 비교해보았다. 통계분석은 SPSS software ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였다.

결 과

연구 대상의 연령대 분포는 Table 1에 나타나 있고 30-50대가 많은 양상을 보였다. 관찰자내/관찰자간 신뢰도(ICC)는 각각 0.974, 0.984로 재현성이 높았다. 치아의 종류는 Table 2에 나타나 있다. 상악 제2소구치, 하악 견치, 하악 제1소구치 순으로 이용할 수 있는 치아가 분포하였다. 전치를 이용할 수 있는 경우는 비교적 적었다. 이용할 수 있는 치아의 개수는 Table 3에 나타나 있다. 치과 치료, 사후 소실 등으로 연령추정법을 적용할 수 있는 치아 중 1가지 종류만 이용할 수 있는

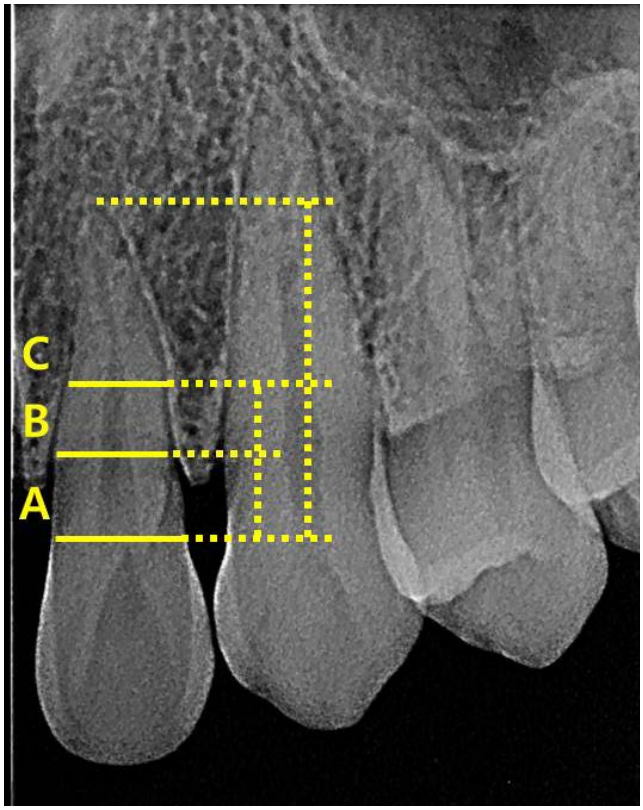

Fig. 1. Paewinsky method application for measurements in periapical radiographs. A, root and pulp width at the cementoenamel junction (CEJ); B, root and pulp width midway between measurement levels A and C; C, root and pulp width midway between the apex and CEJ.

https://doi.org/10.7580/kjlm.2018.42.4.141

경우가 가장 많았고, 3종류의 치아, 2종류의 치아를 이용하는 경우가 그 다음을 차지하였다.

각 치아와 계측 지점에 따른 오차의 평균값, 최대값과 최소값, mean absolute deviation, standard error of estimation은 상악 치아의 경우 Table 4, 하악 치아의 경우 Table 5에 나타나있다. 추정치 차이의 boxplot은 Figs. 2, 3에 나타나있다. Paewinsky 방법을 디지털 치근단 방사선 사진에 적용하였을 때, Johanson 추정연령과 비교 시 유의하게 큰 차이를 나타내었다. 전반적으로 Paewinsky 추정식을 적용하였을 때 추정치들은 높게 나타나는 경향(overestimation)을 보였다. 치아별로 비교할 때 상악 제2소구치, 하악 측절치의 오차가 상악 중절치, 측절치, 하악견치, 제1소구치에 비해서 높은 양상을 보였다. 계측 지점에서의 비교 시 level C에서의 오차가 level A, B에서의 오차보다 비교적 높은 양상을 나타내었다.

Table 1. Age distribution of the study subjects

Age (yr)	No.
20–29	4
30–39	17
40–49	33
50–59	33
60–69	13
≥70	3
Total	103

Table 2. Teeth distribution used to estimate age

Tooth	No.
Upper central incisor	29
Upper lateral Incisor	28
Upper second premolar	62
Lowe lateral incisor	35
Lower canine	58
Lower first premolar	48

고 찰

성인에서 법치의학적 연령추정은 치근의 투명도, 이차상아질 형성, 치주퇴축, 시멘트질 침착, 치근 흡수, 치아의 교모 등의 지표를 이용한다[8,14]. 하지만 이런 연령추정법들은 발치나 치아의 비가역적인 손상을 필요로 하여 살아있는 사람에게 적용하는 것은 매우 어려운 문제이다. 하지만 이차상아질 형성에 따른 치수강의 변화를 이용하여 방사선 사진상에서 이루어지는 연령추정법은 발치 등의 손상을 필요로 하지 않아 살아있는 사람에게도 적용하기 용이하다[15-17].

Kvaal 등[11]은 치근단 방사선사진상에서 치아의 길이와 폭에 대한 치수의 길이와 폭의 비율을 측정하여 연령을 추정하는 방법을 제시하였고, 높은 정확도를 보고하였다. Paewinsky 등[12]은 이 방법을 파노라마 방사선사진에 적용하였다. Kvaal 등[11]이 제시한 변수 중 길이와 관련된 변수

Table 3. Distribution of number of teeth used to estimate age

No. of teeth	No.
1	44
2	16
3	18
4	12
5	2
6	11
Total	103

Table 4. Standard errors of estimation and descriptive statistics of errors using the models of Paewinsky et al.'s [12] (maxillary central incisor, lateral incisor, and second premolar)

Model	Mean±SD	Minimum	Maximum	MAD±SD	SEE
11/21 A	−5.17±12.33	−33.79	15.45	9.81±8.93	13.16
B	−8.20±12.65	−37.03	20.11	11.21±9.97	14.88
C	−11.41±8.06	−23.16	4.45	11.97±7.16	13.88
12/22 A	−7.75±21.86	−51.22	26.59	16.92±15.60	22.82
B	−6.77±16.70	−50.12	16.89	11.56±13.70	17.74
C	−17.69±14.68	−47.79	4.28	18.20±14.01	22.82
15/25 A	−20.77±14.48	−45.29	14.34	21.76±12.91	25.25
B	−19.25±14.84	−54.63	18.61	20.95±12.27	24.23
C	−22.16±14.13	−66.84	7.41	22.74±13.15	26.21

SD, standard deviation; MAD, mean absolute deviation; SEE, standard error of estimation.

Table 5. Standard errors of estimation and descriptive statistics of errors using the models of Paewinsky et al.'s [12] (mandibular lateral incisor, canine, and first premolar)

Model	Mean±SD	Minimum	Maximum	MAD±SD	SEE
32/42 A	−18.01±23.50	−67.14	14.40	21.95±19.75	29.33
B	−21.65±20.22	−69.31	10.96	23.57±17.87	29.42
C	−32.15±16.02	−62.06	4.88	32.45±15.40	35.81
33/43 A	−5.79±10.74	−33.74	16.93	8.98±8.21	12.12
B	−0.90±13.29	−28.89	26.32	10.90±7.51	13.20
C	−7.92±12.71	−38.97	17.91	11.31±9.76	14.88
34/44 A	−6.92±15.18	−41.54	33.85	12.00±10.85	16.30
B	−2.00±13.78	−30.98	27.29	10.61±8.72	13.74
C	−16.69±16.56	−75.77	14.07	18.87±14.08	23.14

SD, standard deviation; MAD, mean absolute deviation; SEE, standard error of estimation.

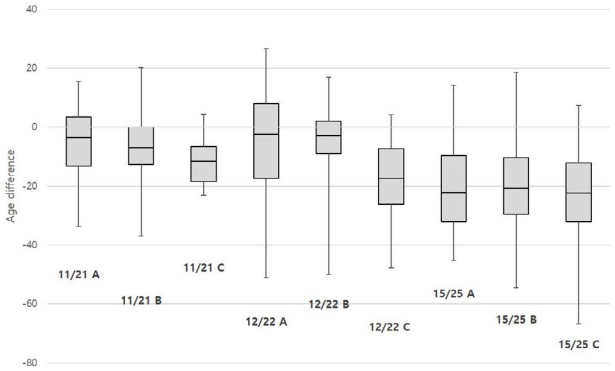

Fig. 2. Box-plot representing the difference between estimated ages based on the Paewinsky method and Johanson method (maxillary central incisor, lateral incisor, and second premolar). The box-plot shows median and interquartile range, and whiskers indicate the range.

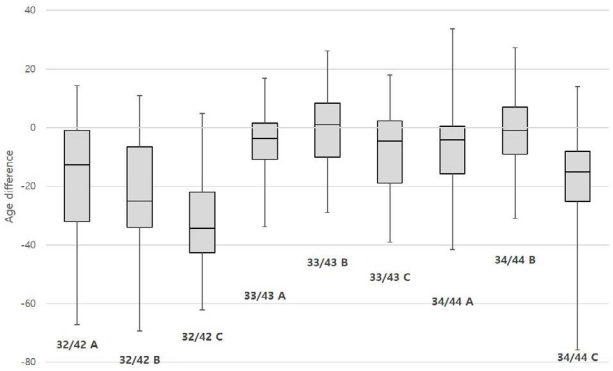

Fig. 3. Box-plot representing the difference between estimated ages based on the Paewinsky method and Johanson method (mandibular lateral incisor, canine, and first premolar).

가 실제 나이와 높은 상관관계를 나타내지 않아, 폭 변수만을 이용한 연령추정식을 제시하였고, 역시 정확도가 높았다. 치아와 치수의 폭을 이용하기 때문에 좀 더 단순하고 간단하다는 장점이 있다.

이번 연구는 치근단 방사선 사진에서 치수강의 폭을 이용한 Paewinsky 연령추정법을 적용해보았다. Paewinsky 등[12]의 연구는 정확도가 높았지만, 본 연구는 Paewinsky 등[12]의 연구와 같이 정확도가 높지 않았고, overestimation 되는 경향을 나타냈다. 이는 파노라마 방사선 사진에서 Paewinsky 등[12]의 연구를 검증했던 Roh 등[18], Erbudak 등[19], Meinl 등[20]의 연구에서 동일하게 나타났다. 원래의 연령추정법은 파노라마 방사선 사진상에서 적용되는 데 반해, 현재 연구는 치근단 방사선 사진에 적용하여 많은 차이를 유발하였을 수도 있다. 다른 인구 집단을 대상으로 한 연구를 그대로 적용한 것도 오차를 크게 만든 요인일 수 있다.

한편 상악 중절치, 측절치, 하악 견치, 제1소구치는 상대적으로 높은 정확도를 나타낸 반면, 상악 제2소구치, 하악 측절치는 비교적 낮은 정확도를 나타내었다. 이는 치아 근관의 morphology의 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 상악 중절치, 측절치, 하악 견치, 제1소구치는 비교적 1근관의 성향을 나타낸 반면, 상악 제2소구치, 하악 측절치는 2근관의 양상을 보이는 경우도 많아서 이런 차이는 오차의 높였을 것으로 생각한다[21,22]. 또한 크기가 적은 근관의 경우 증령에 따른 변화의 양상이 상대적으로 적어 증령에 따른 변화가 확연하게 반영되지 않았을 가능성도 있다. 이는 level A, B, C에서는 비교적 근관의 폭이 적은 level C에서의 추정값의 오차가 비교적 크게 나타난 것을 설명할 수 있다.

이번 연구는 몇 가지에서 한계점을 갖는다. 실제 연령이 아닌 Johanson 방법에 의한 추정연령을 기준으로 한 점은 이 방법의 적용에 대한 평가에 주요한 한계점이 있다. 연구 대상의 수가 충분히 많지 않으며, 연령대가 30–50대에 많이 집중되어 있다는 점, 치아 종류에서 상악 제2소구치, 하악 견치의

 https://doi.org/10.7580/kjlm.2018.42.4.141

비율이 높은 점 등도 문제점으로 지적될 수 있다. 추후 이런 부분들에 대한 보완을 통한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

이번 연구는 파노라마 방사선 사진에서 치아, 치수의 폭을 이용한 Paewinsky의 연령추정법을 치근단 방사선 사진에 적용하여 보았다. 원래 연구에 비해서 높은 오차를 나타내었고, overestimation되는 경향을 나타내었다. 단근관의 치아와 치근 level A, B 지점에 적용 시 상대적으로 낮은 오차를 나타내었다. 치근단 방사선 사진에서 Paewinsky 연령추정식을 적용할 때 상기 사항들을 충분히 고려하여 적용하고, 결과를 해석해야 할 것이다.

ORCID: Byung-Yoon Roh: https://orcid.org/0000-0003-1703-3610; Jeong-Uk Seo: https://orcid.org/0000-0001-9149-1295; Chang-Gyum Kim: https://orcid.org/0000-0003-3171-4236; Chang-Un Choi: https://orcid.org/0000-0002-0325-3404; Won-Joon Lee: https://orcid.org/0000-0002-2571-9201; Sang-Seob Lee: https://orcid.org/0000-0002-0171-561X

Conflicts of Interest

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

References

1. 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.
2. Roh BY, Lee WJ, Seo JU, et al. Analysis of forensic odontological examinations at the National Forensic Service of Korea from 2011 to 2015. Leg Med (Tokyo) 2018;32:37-42.
3. Mansour H, Fuhrmann A, Paradowski I, et al. The role of forensic medicine and forensic dentistry in estimating the chronological age of living individuals in Hamburg, Germany. Int J Legal Med 2017;131:593-601.
4. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, et al. Statistical analysis and verification of forensic age estimation of living persons in the Institute of Legal Medicine of the Berlin University Hospital Charite. Leg Med (Tokyo) 2003;5 Suppl 1:S367-71.
5. Willems G. A review of the most commonly used dental age estimation techniques. J Forensic Odontostomatol 2001;19:9-17.
6. Lee SS, Byun YS, Park MJ, et al. The chronology of second and third molar development in Koreans and its application to forensic age estimation. Int J Legal Med 2010;124:659-65.
7. Lee SS, Kim D, Lee S, et al. Validity of Demirjian's and modified Demirjian's methods in age estimation for Korean juveniles and adolescents. Forensic Sci Int 2011;211:41-6.
8. Gustafson G, Malmo DO. Age determinations on teeth. J Am Dent Assoc 1950;41:45-54.
9. Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, et al. A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. J Forensic Sci 1992;37:1373-9.
10. Marroquin TY, Karkhanis S, Kvaal SI, et al. Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review. Forensic Sci Int 2017;275:203-11.
11. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, et al. Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int 1995;74:175-85.
12. Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B. Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms: a contribution to forensic age estimation methods in adults. Int J Legal Med 2005;119:27-30.
13. 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.
14. Johanson G. Age determinations from human teeth: a critical evaluation with special consideration of changes after fourteen years of age. Lund: Berlingska Boktryckeriet; 1971.
15. Jeon HM, Jang SM, Kim KH, et al. Age estimation based on pulp chamber size of mandibular first molars from intraoral periapical radiographs in Korean. Korean J Leg Med 2018;42:56-61.
16. Jeon HM, Jeon JW, Kim SY, et al. An assessment of radiological age estimation method using mandibular first molars in Korean adults. Korean J Leg Med 2017;41:7-11.
17. 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.
18. Roh BY, Lee WJ, Ryu JW, et al. The application of the Kvaal method to estimate the age of live Korean subjects using digital panoramic radiographs. Int J Legal Med 2018;132:1161-6.
19. 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.
20. Meinl A, Tangl S, Pernicka E, et al. On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults. J Forensic Sci 2007;52:438-41.
21. Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. J Endod 2004;30:391-8.
22. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endod Topics 2005;10:3-29.