

한국 성인을 대상으로 한 Drusini 방법과 Takei 방법의 비교 분석

정은교 · 허준영 · 옥수민
정성희 · 안용우

부산대학교 치의학전문대학원
구강내과학교실

Received: January 17, 2015
Revised: February 4, 2015
Accepted: February 18, 2015

Correspondence to
Yong-Woo Ahn
Department of Oral Medicine, School of
Dentistry, Pusan National University, 49
Busandaehak-ro, Yangsan 626-815,
Korea
Tel: +82-55-360-5241
Fax: +82-55-360-5234
E-mail: ahnyongw@pusan.ac.kr

Drusini's and Takei's Methods for Age Estimation in Korean Adults

Eun-Gyo Jeong, Jun-Young Heo, Soo-Min Ok, Sung-Hee Jeong, Yong-Woo Ahn
Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Estimation of an individual's age has received considerable attention in forensic science. Several methods have been described, and abundant results have been obtained and evaluated. Among the numerous methods for dental age prediction in adults, the progressive diminution of the coronal pulp cavity and dental attrition have been primarily used. Although the reliability of age estimation methods using teeth has been demonstrated, correlation between methods has not been reported. Therefore, the aim of this study was to evaluate concurrence between Drusini's methods. We reanalyzed the age of 107 patients (64 male, 43 female) using Drusini's method. The ages had been previously estimated as ranging from 24 to 69 years using Takei's method. Our results revealed a strong correlation between the two methods ($r=0.762$) and suggest both methods to be suitable for application in Korean individuals younger than 50 years old. A previous study has shown Takei's and Drusini's methods to be reliable for forensic purposes. The strong correlation between the two methods in the present study suggests that it would be reasonable to use the most appropriate method for age estimation dependent on oral state.

Key Words: Forensic dentistry; Age determination by teeth; Korea; Population; Matched-pair analysis

서론

연령 추정은 증가하는 범죄율, 이민자 유입 등으로 인해 법의학 분야에서 관심이 높아지고 있고[1], 다문화 사회로의 변화로 인해 연령 추정에 대한 요구가 증가하고 있다[2]. 또한 신원 불명의 시체에 대해 대략적인 연령이나 최저 연령선을 추정하는 방법의 하나로도 사용되고 있다[3].

연령을 추정하기 위해서 골령, 키, 이차 성징, 치아를 사용하는 방법들이 제시되었고[4], 그 중에서도 치아를 사용하는 방법에는 치아의 맹출과 상실, 석회화 정도, 치수강의 크기, 치아

의 교모도와 미세조직변화, 하악골의 변화 등이 있다[3].

이러한 방법들 중에서도 치아의 석회화가 완료된 성인에서는 치아의 교모도와 치수강의 변화가 주요 요소로 응용되고 있다[3].

교모도는 생리적 현상으로 저작에 의해 증령에 따라 교모량이 자연히 증가되므로 중요한 자료로 활용되고 있다[3]. 교모도를 사용한 방법은 여러 연구에서 보고되었고 일반적으로는 Takei [5]에 의해 제시된 방법을 많이 사용한다. Takei [5]에 의한 방법은 구강 내 검사로 식별 가능한 교모도, 우식 및 치료 상태를 사용하는 방법이다.

또한, 이차 상아질 침착에 따른 치수강의 변화는 연령 추정

의 지표로 유의함이 여러 연구에 의해 증명되었다[6,7]. Ikeda 등[8]에 의해 이차 상아질 축적에 따른 치수강의 크기 변화를 토대로 tooth-coronal index (TCI)라는 지표가 소개되었고 Drusini 등[7]에 의해 유의성이 입증되었다.

치아를 이용한 연령 추정법은 각각에서는 신뢰도가 증명되었고 이전의 연구를 바탕으로 하여 지속적인 연구가 진행되고 있으나 연령 추정법 사이의 유의성을 비교한 연구에 대해서는 보고된 바가 없다.

본 연구의 목적은 치아의 교모도를 사용한 연령 추정법 중 부산대학교치과병원 구강내과에서 사용 중인 Takei 방법과 치수강 크기 변화를 사용한 연령 추정법 중 Drusini 등[7]에 의해 보고된 연령 추정법을 비교하여 두 가지 방법 사이의 유의성을 찾고 이를 통해 연령 추정 대상의 구강 내 상태에 따라 적용할 수 있는 적절한 연령 추정법을 선택할 수 있게 하고 현재 사용하고 있는 연령 추정법의 적용 근거를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

2009년 1월부터 2013년 12월까지 연령 추정을 위해 부산대학교치과병원 구강내과에 내원한 환자 중 파노라마 방사선 기록이 있고 Takei 방법으로 연령을 추정한 환자를 대상으로 하였다. 총 107명의 환자로 남성 64명, 여성 43명이었다. 연령 범위는 24-69세로, 20세 미만과 70세 이상의 노년층은 제외하였다. 본 연구는 부산대학교치과병원 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(IRB No. PNUDH-2014-039).

2. 연구방법

(1) 치아선택

TCI를 적용하기 위해 충전물이나 병적 요인이 없는 하악 소구치를 선택하였고 치관의 겹침이나 회전으로 인해 백악질-법질 접합부(cemento-enamel junction, CEJ)를 확인할 수 없는 치아와 심한 교모 및 석회화로 치수강을 명확히 확인할 수 없는 치아는 제외하였다. 설명한 조건을 만족하는 336개의 하악 소구치가 선택되었다(제1소구치 167개, 제2소구치 169개).

(2) TCI 측정

Adobe Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)를 사용하여 파노라마 방사선 사진의 크기, 명도와 대조도를 조정한 후 pixel 단위로 측정하였다. Mesio-distal의 CEJ를 연결한 직선을 cervical line으로 정하고 이 선에서 가장 높은 교두정까지 수직거리를 측정하여 coronal height (CH)라고 하였고 cervical line에서 가장 높은 치수강까지의 수직거리를

coronal pulp cavity height (CPCH)로 측정하였다(Fig. 1) [8]. 각 치아의 TCI는 아래의 식을 사용하여 계산 후 두 번의 측정을 통해 얻은 평균값을 사용하였다[8].

$$TCI = \frac{CPCH}{CH} \times 100$$

(3) TCI를 사용하여 추정한 연령의 비교

TCI를 결정한 이후에는 소구치에 대한 아래에 제시된 Drusini의 방정식을 사용하여 각 치아에 해당하는 연령을 계산하고 Takei 방법을 사용하여 추정된 연령과 비교하였다[7].

$$Age = 77.617 - 1.4636 \times TCI$$

(4) Takei 방법을 사용한 연령 추정

연령 추정 대상의 구강 내 검사로 식별 가능한 치아 교모도, 상실 여부, 우식 및 치료 상태에 따라 치아를 5단계로 분류하여 numerical value를 정하고 도출된 “The calculation table for age estimation”에 대입하여 연령을 추정한다[5].

(5) 통계학적 분석

본 연구의 목적인 Takei 방법과 Drusini 방법을 사용하여 추정한 연령 사이의 연관성을 찾기 위해 Pearson 상관분석을 시행하였고 연령대에 따른 유의성을 찾기 위해 Spearman 상관분석이 사용되었다.

모든 통계적 분석은 SPSS ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 사용하였고 통계적 유의성을 위해 유의수준은 0.05로 고려하였다.

결 과

연령과 성별에 따른 연구 집단의 분포는 Table 1에 나타나 있

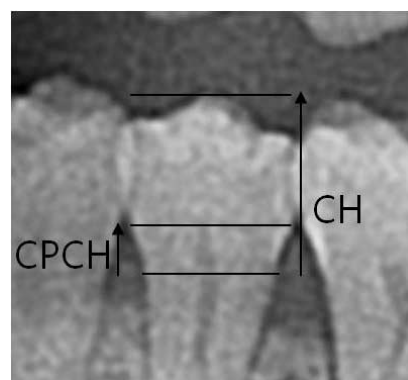


Fig. 1. Measurement of coronal height (CH) and coronal pulp cavity height (CPCH) performed on radiograph using Adobe Photoshop CS5 program.

다. 총 107명의 환자 중에서 남성 환자가 약 60%를 차지했고 연령에 따른 분포에서는 평균 나이 53.12세로 50대 환자가 41명(38.31%)으로 가장 많았다(Table 1).

Takei 방법과 Drusini 방법 사이의 유의성은 0.762의 상관계수를 나타내는 강한 양의 상관관계를 보였고, 성별에 따른 비교에서 통계적으로 유의하지는 않으나 남성에서 높게 나왔고(Table 2), 치아 종류 사이의 비교에서도 유의한 차이는 없지만 제1소구치가 높았다(Table 3).

1차 측정과 2차 측정 사이의 급내상관계수(intraclass correlation coefficient)를 측정하여 검사자 내 신뢰도를 측정하였고 높은 일치율(남성, 0.943; 여성, 0.937)을 나타냈다(Table 4). 연령대에 따른 상관관계에서 50세를 기준으로 했을 때, 교모도가 적은 30대 이하를 제외한 50세 이하의 연령대에서 더 강한 상관관계를 볼 수 있었다(Table 5).

고 찰

살아있는 인체의 연령 추정에는 다양한 목적을 위해 사용하고 있다. 사회복지 혜택, 사회적 인간관계문제 등의 이유로 정확한 연령을 찾고자 하는 경우가 많다고 보고되고 있다[9].

정확한 연령을 추정하기 위해 여러 가지 방법을 시도하였고 그 중에서도 치아를 사용한 연령 추정법을 많이 사용하고 있다. 치아는 인체 조직 중 가장 오래 보존되고[10], 골조직과는 달리 구강 내에서 직접적인 관찰이 가능하며[11], 증령에 따른 변화가 비교적 단계적이어서 개인차가 가장 적게 나타나는 것으로 알려져 있기 때문에 연령 추정에 유용하다[3].

치아를 연령 추정에 이용하는 경우에는 Gustafson 방법[12], 치근부 상아질 투명도(dentine transparency) [13,14], 치아 교모도[5] 등을 사용해 왔다. 이러한 방법 중에서

Gustafson 방법, 치근부 상아질 투명도 등을 사용하는 경우에는 발거한 치아에서만 사용 가능하고 현미경을 사용해야 하기 때문에 소요되는 시간과 비용이 비교적 크다. 또한, 침습적인 접근법은 윤리적, 종교적 이유로 인해 수용하기 어려운 경우가 있어서 치아 교모도를 사용한 연령 추정법을 주로 사용하고 있다[11]. 치아 교모도를 사용한 방법은 여러 연구에서 발표되었고 일반적으로 Takei에 의해 제시된 방법을 많이 사용한다.

Takei [5]는 1984년 20세 이상의 환자 1,000명을 대상으로 한 연구에서 구강 내 검사로 식별 가능한 치아 교모도, 상실여부, 우식 및 치료 상태에 따라 치아를 5단계로 분류하고, 치아의 종류별로 수치를 적용할 수 있는 연령 추정법을 소개했다. 이 방법은 구강 내에서 나타날 수 있는 대부분의 상태를 적용할 수 있으며 치아를 발거하거나 연마하지 않고도 사용할 수 있다는 장점이 있다.

연령 증가에 따른 치수강의 크기 감소는 Bodecker [15], Solheim [16]의 연구를 통해 입증된 바 있다. 이차 상아질은 일생 동안 일차 상아질의 치수면을 따라 이장되기 때문에 치수강의 크기가 연령에 따라 감소하게 된다[16,17]. 이런 특성을 이용하여 이차 상아질의 축적에 따른 치수강의 크기 변화를 연령 추정에 이용할 수 있다. 이차 상아질의 침착 정도는 조직학적, 생화학적, 방사선학적 방법 등 여러 가지 방법으로 측정 가

Table 3. Correlation of Takei's and Drusini's methods for tooth types by Karl Pearson's correlation coefficients technique

Tooth type	Correlation coefficient (r-value)
1st premolar	0.760*
2nd premolar	0.752*
Total	0.762*

*P<0.05, by Pearson's correlation.

Table 1. Distribution of study samples according to age and gender

Age group (yr)	Male	Female	Total
21-30	0	3	3
31-40	2	6	8
41-50	17	10	27
51-60	27	14	41
61-70	18	10	28
Total (%)	64 (59.81)	43 (40.19)	107 (100)

Table 2. Correlation of Takei's and Drusini's methods for males and females by Karl Pearson's correlation coefficients technique

Sex	Correlation coefficient (r-value)
Male	0.766*
Female	0.747*
Total	0.762*

*P<0.05, by Pearson's correlation.

Table 4. Inter-rater reliability according to gender by Pearson's correlation coefficients technique

Sex	Intra-rater reliability (intra-class correlation coefficient)
Male	0.943*
Female	0.937*
Total	0.942*

*P<0.05, by Pearson's correlation.

Table 5. Correlation of Takei's and Drusini's methods for age groups by Pearson's correlation coefficients technique

Age (yr)	Correlation coefficient (r-value)
31-50	0.693*
50-70	0.488*
Total	0.762*

*P<0.05, by Pearson's correlation.

능하지만 방사선학적 방법이 비침습적이면서도 간단하고 생체와 사체 모두에 적용 가능하다는 장점이 있다[18]. 치수강의 크기를 측정하기 위해 사용되는 방사선 사진에는 파노라마, 치근단 사진, 컴퓨터단층촬영(computerized tomography) 등이 있다.

파노라마 사진이 치근단 사진에 비해 선명도가 떨어진다는 단점이 있으나 이번 연구에서 파노라마를 선택한 이유는 다음과 같다.

첫째, 촬영기법이 표준화되어 있어서 분석을 위한 환자들 사이의 비교를 위해 사진 조정이 필요하지 않다는 장점이 있다. 둘째, 하나의 사진에서 상악과 하악 치아를 한 눈에 볼 수 있다. 셋째, 골절이나 미맹출치와 같은 중대한 문제를 한 번에 볼 수 있다는 장점이 있다[7].

파노라마 사진에서는 상악 치아에 비해 하악 치아가 선명하게 나온다는 이전 연구 결과를 토대로 하악 치아를 선택하였다[7].

또한, 하악 전치부 치아는 파노라마 사진상에서 선명도가 떨어지고, 하악 견치와 제1, 2소구치에서 연령에 따른 TCI의 변화가 명확하게 관찰된다는 이전의 연구 결과와 다근치인 대구치에 비해 소구치는 근관이 하나여서 중첩에 따른 판독 오차를 줄이고 이차 상아질 침착에 따른 치수강의 변화가 비교적 명확하게 관찰된다는 결과에 따라 소구치를 선택하였다[7,19]. 우식이 있는 치아나 치료를 받은 치아, 심한 교모나 석회화된 치수강 등 치수강의 크기에 영향을 줄 가능성을 가진 치아는 배제하였다[20]. 또한 치아의 회전이나 겹침과 같은 다양한 이유로 CEJ를 명확히 확인할 수 없는 치아는 오차의 가능성을 줄이기 위해 포함하지 않았다.

Ikeda 등[8]은 1985년에 116개의 발거한 치아를 대상으로 방사선 사진상에서 치수강의 높이를 측정하고, 이차 상아질 축적에 따른 치수강의 크기 변화를 근거로 한 TCI라는 지표를 소개했다. 이 연구를 통해 그는 TCI와 연령 사이의 연관성이 있음을 밝혔고, 전치부에서는 상관계수 -0.908 , 구치부에서는 -0.938 을 나타내는 강한 음의 상관관계가 있음을 보였다. 이후 1997년 Drusini 등[7]은 433명의 살아있는 인체의 파노라마 방사선 사진에서 TCI를 측정하여 연령과의 관련성이 있음을 증명하였다.

교모도를 사용한 방법과 치수강의 크기 변화를 적용한 방법 모두 비침습적이고 간편하다는 장점이 있다. 특히, Takei 방법은 구강 내 전반적인 상태와 전체 치아를 연령 추정에 적용하므로 비교적 정확성이 높다. 하지만, 다수 치아가 상실된 대상에서는 정확성이 떨어지고, 이상 습관으로 인한 치아의 교모를 배제할 수 있는 근거나 자료가 부족하다. 치수강의 크기 변화를 고려한 Drusini 방법은 치수강의 높이 변화만 고려하였으므로 폭이나 다른 변화에 대한 적용이 불가능하다는 단점이 있다.

이전의 연구 결과를 보았을 때, Takei [5]가 제시한 방법

($r=0.814$)과 Drusini 등[7]이 제시한 방법($r=-0.92$ to -0.87)은 연령 추정 방법에서 신뢰를 받고 있으나, 각 추정 방법 사이의 일치도를 비교한 연구는 없었다.

이에 본 연구에서는 부산대학교치과병원 구강내과에서 현재 사용하고 있는 연령 추정법인 Takei 방법과 TCI를 사용하여 연령을 추정하는 Drusini 방법 사이의 연관성을 찾아 각 추정 방법의 사용 근거를 보완하고자 했다. 본 연구의 결과를 통해 Takei 방법과 Drusini 방법은 강한 상관관계를 보이는 것이 확인되었으므로 두 방법의 장, 단점을 보완한다면 법치의학 실무에서 좀 더 명확한 연령 추정을 할 수 있으리라 판단된다.

이번 연구를 진행하면서 치수강의 높이뿐 아니라 치수강의 폭의 변화를 가진 연구 대상자들은 3차원적인 분석을 통해 치수강의 높이와 폭, 부피 변화를 고려하는 것에 대한 필요성을 느꼈다. 또한 다수 치아의 상실, 전 치열의 심한 교모, 건전한 치아에 대비되는 불량한 치주상태 등을 가진 연구 대상자들은 방사선 사진 외에도 구강 내 검사를 통해 배제하거나 추가할 수 있는 유의성 있는 다른 인자들의 필요성을 절감하였고 교모도를 이용하는 경우 이갈이와 같은 구강 악습관, 직업, 환경 등의 외적 요인을 고려하는 인자를 추가한다면 정확한 연령을 추정하는 데 도움이 될 것이다.

본 연구는 대상자의 수가 적고 두 가지 방법의 비교라는 한계점이 있으므로 더 큰 연구 집단을 대상으로 한 여러 방법들에 대한 비교 연구를 진행하여 현재 사용되는 여러 연령 추정 방법들 사이의 유의성을 검증하는 것이 필요할 것이다.

Conflicts of Interest

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

References

1. Kanchan T, Menezes RG, Moudgil R, et al. Stature estimation from foot dimensions. *Forensic Sci Int* 2008;179:241.
2. 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.
3. Kim YK, Shin KB, Ko MY. *Forensic odontology*. 7th ed. Seoul: Shinhung International Publishing, Inc.; 2007. p. 162-82.
4. Rai B, Anand SC. Tooth developments: an accuracy of age estimation of radiographic methods. *World J Med Sci* 2006;1:130-2.
5. Takei T. Age estimation from dental attrition and state of dental treatment: by application of the theory of quantification type I. *J Nihon Univ Sch Dent* 1984;26:119-32.
6. 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.

7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Igbigbi PS, Nyirenda SK. Age estimation of Malawian adults from dental radiographs. *West Afr J Med* 2005;24:329-33.
11. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, et al. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 1995;74:175-85.
12. Gustafson G. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc* 1950;41:45-54.
13. Bang G, Ramm E. Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odontol Scand* 1970;28:3-35.
14. Drusini A, Calliari I, Volpe A. Root dentine transparency: age determination of human teeth using computerized densitometric analysis. *Am J Phys Anthropol* 1991;85:25-30.
15. Bodecker CF. A consideration of some of the changes in the teeth from young to old age. *Dent Cosm* 1925;67:543-9.
16. Solheim T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Scand J Dent Res* 1992;100:193-9.
17. Ito S. Age estimation based on tooth crowns. *Int J Forensic Dent* 1975;3:9-14.
18. 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.
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. Prince DA, Ubelaker DH. Application of Lamendin's adult dental aging technique to a diverse skeletal sample. *J Forensic Sci* 2002;47:107-16.