

Evaluation of the Developmental Age of Permanent Teeth by the Nolla Method

Minkyung Shin¹, Jeseon Song¹, Jaeho Lee¹, Byungjai Choi¹, Seongoh Kim¹, Hyoseol Lee²

¹Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

²Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyunghee University

Abstract

The developmental age of permanent teeth was evaluated in children and adolescents according to age and gender using the Nolla Method.

A retrospective study was performed on panoramic radiographs of 1,200 subjects aged 4-15 years, including 50 children for each age/gender group. Three well-trained examiners estimated the developmental stage of upper and lower permanent teeth using the Nolla Method. The inter-examiner reliability was excellent (intra-class correlation coefficient value = 0.973).

The mean developmental age was calculated. In boys, Nolla stage 6, indicated by crown completion, was seen in the central incisor, lateral incisor, canine, first premolar, second premolar, first molar, and second molar at 5.4, 6.4, 6.7, 7.5, 7.8, 4.6, and 8.1 years, respectively, in the maxilla and at 4.8, 5.1, 6.0, 6.5, 7.2, 4.5, and 8.0 years, respectively, in the mandible. In girls, Nolla stage 6 was seen at 5.3, 6.0, 6.3, 7.3, 7.7, 4.8, and 8.1 years, respectively, in the maxilla and at 4.8, 5.1, 5.9, 6.5, 7.2, 5.0, and 7.9 years, respectively, in the mandible.

In this study, the developmental age of permanent teeth was evaluated in Korean children and adolescents who visited Yonsei University Dental Hospital. This study may be helpful in diagnosis and treatment planning in the clinic.

Key words : Permanent teeth, Developmental age, Nolla method

I. 서 론

성장 중인 어린이를 다루는 소아치과에서 소아의 성장과 발육에 대한 지식은 필수적이다. 소아치과 의사는 환자의 발육 상태를 평가하고 성장을 이용한 교정 치료 및 공간 유지, 치료 계획의 수립 등에 이를 응용할 수 있어야 한다. 소아의 성장 발육 상태를 평가하는 척도로서 신장, 체중, 골 성숙도 그리고 치아 성숙도 등을 측정하는 방법이 있다. 신장과 체중을 이용하여 성장을 평가하는 방법은 침습적인 검사나 방사선사진 촬영 없이 최소한의 비용으로 시행할 수 있는 간편한 방법으로, 2006년 김 등¹⁾이 2004년의 최신 한국인 인체치수조사 자료를 토대로

한국인 소아의 성장 지표를 제시한 바 있다. 골 성숙도를 이용하는 방법으로는 수완부 골 성숙도를 평가하는 Fishman²⁾의 SMI(Skeletal Maturation Indicators) 방법이 이용되고 있고, 수완부 골 성숙도와 치아 성숙도와와의 관련성에 관하여서도 일찍이 연구된바 있다³⁾.

치아 성숙도는 치아의 맹출이나 석회화 정도를 측정함으로써 평가할 수 있다. 치아의 맹출은 주로 Hellman⁴⁾의 단계를 통한 평가가 사용되고 있다. 그러나 치아의 구강 내 출은 단시간 내에 이루어지므로 맹출 시기를 정확하게 평가하기 어렵고 공간상실과 같은 국소적인 원인에 의해 영향을 받을 수 있으며 개인차가 크다는 단점이 있다. 따라서 치아의 석회화 정도를 이용

Corresponding author : Hyoseol Lee

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyunghee University, 26, Kyunghee-daero, Dondaemun-gu, Seoul, 02447, Korea

Tel: +82-2-958-9371 / Fax: +82-2-965-9247 / E-mail: stberrylfield@gmail.com

Received March 4, 2015 / Revised July 22, 2015 / Accepted July 7, 2015

하는 방법이 주로 사용되고 있다.

치아의 석회화는 교정학 분야에서 일찍이 이용되기 시작한 성장 발육 척도로서 Moorrees⁵⁾, Nolla⁶⁾, Demirjian⁷⁾에 의한 방법이 치아 발육에 관한 연구에 널리 적용되고 있는데, 각 방법은 치아의 치관 석회화, 치근 석회화, 치근단공 폐쇄에 걸친 치아의 발육 과정을 세부 단계로 나누어 각 단계에 점수를 부여하고 이를 합산하여 치령을 계산하는 점에서 동일하나, Moorrees⁵⁾는 이를 14단계, Nolla⁶⁾는 10단계, Demirjian⁷⁾은 8단계로 구분하였다. 이 중 Nolla 방법을 각 단계 별로 살펴 보면, 0단계는 치와(crypt)의 부재, 1단계는 치와(crypt)의 형성, 2단계는 초기 석회화의 개시, 3단계는 치관의 1/3 형성, 4단계는 치관의 2/3 형성, 5단계는 치관의 대부분이 형성, 6단계는 치관 형성 완료, 7단계는 치근의 1/3 형성, 8단계는 치근의 2/3 형성, 9단계는 근단공이 개방된 상태로 치근 대부분이 형성, 10단계는 근단공의 폐쇄를 의미한다. 치아발육 평가의 기준으로 삼고 있는 기존의 연구들은 대부분 20세기 후반에 시행된 외국의 연구들로 우리나라 어린이의 성장발육 양상과 차이가 있을 수 있다.

국내에서도 조⁸⁾, 박⁹⁾, 최와 김¹⁰⁾, 안 등¹¹⁾이 파노라마 사진을 이용하여 연구하였다. 이 중 Nolla 방법을 이용하여 치아 발육을 측정하는 연구는 조⁸⁾와 박⁹⁾, 안 등¹¹⁾에 의해 보고된 바 있다. 조⁸⁾, 박⁹⁾의 연구는 각각 1973년에 2-10세 남녀 719명, 1974년에 4-15세 남녀 828명의 파노라마 사진을 대상으로 시행한 것으로 오랜 기간이 경과하여 사회-경제적 지표의 변화로 어린이의 영양 상태가 개선됨에 따라 신체 발육 및 치아 발육이 향상되었을 것으로 생각된다. 한편, 2000년에 시행된 안 등¹¹⁾의 연구는 표본의 수가 258명으로 연구 대상의 수가 적어 나이와 성별에 따른 측정값이 대표성을 띠기 어려울 것으로 생각된다.

이에 따라 본 연구의 목적은 소아 청소년 환자에서 영구치의 석회화 단계를 Nolla stage에 따라 평가하여 나이와 성별에 따른 영구치의 평균 발달 연령을 알아보고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2008년부터 2012년까지 연세대학교 치과대학병원에 내원하여 파노라마 방사선사진을 촬영한 환자 중 4세에서 15세까지의 남녀 1,200명(각 연령 별 남녀 각 50명)을 대상으로 하였다. 치아발육에 영향을 미칠 수 있는 전신적 요소를 배제하기 위하여 전신질환이 있는 환자는 제외하였고, 국소적 영향 요인을 배제하기 위하여 과잉치에 인접한 영구치, 낭종과 같은 병소에 포함된 영구치, 치수치료 병력이 있는 유치의 계승 영구치 등은 조사대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

파노라마 방사선사진을 통법에 의하여 촬영한 후 Nolla⁶⁾ 방

법에 의해 제3대구치를 제외한 좌측 상, 하악 영구치의 치아 석회화 단계를 0부터 10까지의 11단계로 평가하였다. 방사선사진 판독은 잘 교육된 3명의 조사자에 의하여 시행되었다. 3명의 조사자 간의 일치도를 계산하기 위하여 측정값을 바탕으로 intra-class correlation coefficient가 계산되었다. 조사자 3명의 조사자 간 신뢰도(ICC)는 0.973로 높은 일치도를 보였다. 3개의 측정값 중 2개 이상의 측정값이 같은 경우 그 값을 해당 치아의 석회화 단계로 결정하였고, 측정값이 모두 다른 경우 세 측정값 중 중간값을 해당 치아의 석회화 단계로 결정하였다.

III. 연구 성적

1. 나이와 성별에 따른 영구치의 평균 발육 단계

Nolla 방법에 의하여 측정된 영구치의 치아 별 평균 발육 단계는 연령과 성별에 따라 상악 영구치에서 다음과 같았고(Table 1), 하악 영구치에서는 다음과 같이 나타났다(Table 2).

2. Nolla 발육 단계에 따른 영구치의 발육 연령

나이에 따른 영구치의 평균 발육 단계를 Nolla stage를 기준으로 환산하여 치아 발육단계에 따른 치아의 발달 연령을 계산한 결과이다(Table 3, 4). 치아 발육 상태가 Nolla stage 10단계에 이른 후에는 방사선 사진 상 관찰되는 변화가 없어 이 단계는 연령 계산에서 제외하였다.

IV. 총괄 및 고찰

본 연구에서는 4세에서 15세까지의 남녀 1,200명의 파노라마 사진을 분석하여 소아 청소년에서 영구치의 발육 연령을 평가하였다. 연구 결과, 남아의 하악 제1소구치, 제2소구치, 제2대구치, 상악 제2대구치의 치관 석회화 시기는 6.5세, 7.2세, 8.0세, 그리고 8.1세로 나타났다. Nolla가 보고한 7세, 7.7세, 8.2세, 그리고 8.2세와 비교하여 본 연구에서의 치관 석회화 시기가 더 빠른 것으로 나타났다. 또한, 남녀의 모든 치아에서 치근의 길이가 완성되는 시기가 Nolla의 연구에 비하여 본 연구의 결과에서 더 빠른 것으로 나타났다(Table 5).

이전의 국내 연구들과 본 연구 결과를 비교하면, 박⁹⁾의 보고와 비교하면 모든 치아에서 본 연구에서의 치아 발육이 더 빠른 것으로 나타났다. 안 등¹¹⁾의 보고와 비교 시에는 일부 치아에서 본 연구의 결과에서 치아 발육이 더 빠른 것으로 나타났다. 치관 석회화 시기는 남자의 상악 제1대구치, 하악 제1, 2소구치에서 본 연구의 결과가 더 빠르게 나타났고, 치근 석회화 시기는 남자의 상악 중절치, 측절치, 제1소구치, 제1대구치, 하악 측절치, 견치, 제1소구치, 제1대구치, 여자의 상, 하악 제1대구치에서 본 연구 결과가 더 빠른 것으로 나타났다. 그러나 안¹¹⁾의 연구에는 치아 별로 누락된 결과가 있고 나이 및 성별에 따른 조

Table 1. Developmental stage by Nolla Method in maxillary permanent teeth

Age	Gender	Nolla stage (Average±SD)						
		I1	I2	C	P1	P2	M1	M2
4	M	5.7±0.6	4.6±0.6	4.3±0.5	3.5±0.7	2.8±0.7	6.1±0.5	2.5±0.6
	F	5.6±0.6	4.9±0.7	4.6±0.7	3.5±0.7	2.8±0.8	6.3±0.5	2.4±0.7
5	M	6.2±0.7	5.3±0.7	5.2±0.5	4.6±0.6	4.4±0.8	7.1±0.7	3.8±0.9
	F	5.8±0.7	5.2±0.7	5.2±0.6	4.5±0.5	4.1±0.8	6.8±0.6	3.6±0.9
6	M	6.8±0.6	6.0±0.4	5.8±0.5	5.3±0.5	5.2±0.6	7.6±0.7	4.9±0.8
	F	6.9±0.7	6.3±0.6	6.1±0.6	5.4±0.6	5.2±0.6	8.0±0.9	5.2±0.8
7	M	7.8±0.6	7.0±0.7	6.6±0.6	6.0±0.4	6.0±0.5	8.8±1.0	5.9±0.3
	F	8.1±0.6	7.5±0.7	7.0±0.5	6.4±0.6	6.3±0.6	9.3±1.0	5.7±0.9
8	M	8.7±0.6	8.0±0.9	7.2±0.6	6.7±0.6	6.5±0.5	10.0±0.2	6.4±0.5
	F	8.8±0.6	8.4±0.6	7.6±0.6	7.0±0.8	6.5±0.6	9.9±0.4	6.1±0.8
9	M	9.0±0.6	8.7±0.8	7.6±0.6	7.3±0.7	6.9±0.6	9.9±0.4	6.6±0.6
	F	9.4±0.5	9.1±0.7	8.1±0.5	7.8±0.8	7.3±0.8	10.0±0.0	6.8±0.6
10	M	9.6±0.5	9.5±0.6	8.1±0.5	8.1±0.7	7.9±0.8	10.0±0.0	7.2±0.8
	F	9.6±0.5	9.4±0.5	8.6±0.6	8.4±0.8	8.0±1.0	10.0±0.1	7.2±0.7
11	M	9.9±0.3	9.7±0.5	8.7±0.8	8.7±0.9	8.7±1.1	10.0±0.0	8.0±1.0
	F	10.0±0.2	9.9±0.2	9.3±0.6	9.1±1.0	8.8±1.0	10.0±0.1	8.2±1.2
12	M	10.0±0.1	9.9±0.2	9.4±0.6	9.5±0.7	9.4±0.8	10.0±0.0	8.8±1.0
	F	10.0±0.0	10.0±0.2	9.7±0.5	9.6±0.6	9.3±0.9	10.0±0.0	9.0±1.1
13	M	10.0±0.0	10.0±0.1	9.7±0.6	9.8±0.5	9.8±0.6	10.0±0.0	9.4±0.8
	F	10.0±0.0	10.0±0.1	9.9±0.3	9.9±0.3	9.8±0.5	10.0±0.0	9.5±0.7
14	M	10.0±0.0	10.0±0.0	9.9±0.3	9.9±0.3	9.9±0.4	10.0±0.0	9.6±1.4
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.2	10.0±0.2	10.0±0.2	10.0±0.0	9.9±0.3
15	M	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	9.9±0.2

M = male, F = female, SD = standard deviation, I1 = central incisor, I2 = lateral incisor, C = canine, P1 = first premolar, P2 = second premolar, M1 = first molar, M2 = second molar

Table 2. Developmental stage by Nolla Method in mandibular permanent teeth

Age	Gender	Nolla stage (Average±SD)						
		I1	I2	C	P1	P2	M1	M2
4	M	6.1±0.6	5.5±0.7	4.9±0.5	4.0±0.5	3.0±1.0	6.6±0.6	2.4±0.7
	F	6.4±0.6	5.9±0.6	5.1±0.5	4.2±0.6	2.9±1.0	6.8±0.6	2.5±0.7
5	M	6.9±0.7	6.4±0.7	5.7±0.5	5.2±0.7	4.5±0.8	7.2±0.5	3.6±0.9
	F	6.9±0.7	6.3±0.6	5.6±0.6	5.2±0.6	4.3±0.9	7.4±0.5	3.6±0.9
6	M	7.7±0.7	7.1±0.6	6.1±0.5	5.8±0.4	5.3±0.7	7.7±0.7	4.9±0.6
	F	7.9±0.9	7.2±0.8	6.5±0.6	5.9±0.6	5.4±0.6	8.1±0.9	5.2±0.6
7	M	8.7±0.6	8.2±0.8	7.0±0.5	6.6±0.6	6.1±0.5	8.8±0.7	5.7±0.5
	F	8.9±0.7	8.8±0.6	7.2±0.6	6.8±0.6	6.3±0.7	9.1±0.5	6.0±0.5
8	M	9.6±0.5	9.1±0.5	7.7±0.5	7.3±0.6	7.0±0.6	9.3±0.5	6.5±0.5
	F	9.6±0.5	9.4±0.5	8.0±0.4	7.4±0.5	7.0±0.6	9.6±0.7	6.4±0.5
9	M	9.7±0.4	9.5±0.5	8.1±0.6	7.9±0.5	7.4±0.6	9.9±0.3	6.9±0.6
	F	9.9±0.3	9.8±0.4	8.6±0.6	8.2±0.7	7.6±0.8	9.9±0.3	7.2±0.7
10	M	10.0±0.2	9.9±0.3	8.4±0.7	8.3±0.8	8.0±0.7	10.0±0.0	7.4±0.6
	F	10.0±0.0	9.9±0.3	8.9±0.6	8.6±0.7	8.2±0.8	10.0±0.0	7.5±0.8
11	M	10.0±0.0	10.0±0.1	9.0±0.5	8.9±0.7	8.6±0.8	10.0±0.0	8.2±0.9
	F	10.0±0.0	10.0±0.1	9.6±0.6	9.4±0.7	9.0±0.8	10.0±0.1	8.3±0.9
12	M	10.0±0.0	10.0±0.0	9.4±0.6	9.4±0.7	9.2±0.7	10.0±0.0	8.8±0.9
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	9.7±0.5	9.6±0.5	9.3±0.9	10.0±0.0	9.0±0.9
13	M	10.0±0.0	10.0±0.1	9.8±0.5	9.8±0.5	9.8±0.5	10.0±0.0	9.5±0.6
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	9.9±0.3	9.9±0.4	9.7±0.6	10.0±0.0	9.5±0.7
14	M	10.0±0.0	10.0±0.0	9.9±0.2	9.9±0.2	9.8±0.4	10.0±0.0	9.8±0.5
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	9.8±0.4
15	M	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.1
	F	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.0	10.0±0.2	10.0±0.0	9.9±0.3

M = male, F = female, SD = standard deviation, I1 = central incisor, I2 = lateral incisor, C = canine, P1 = first premolar, P2 = second premolar, M1 = first molar, M2 = second molar

Table 3. Developmental age of permanent teeth in boys

Nolla Stage	Developmental age of teeth (year)														
	Mx.				Mn.				Mx.				Mn.		
	I1	I2	C	P1	P2	M1	M2	I1	I2	C	P1	P2	M1	M2	
1	Average														
	SD														
2	Average														
	SD														
3	Average														
	SD														
4	Average														
	SD														
5	Average														
	SD														
6	Average														
	SD														
7	Average														
	SD														
8	Average														
	SD														
9	Average														
	SD														

Mx. = maxilla, Mn. = mandible, SD = standard deviation, I1 = central incisor, I2 = lateral incisor, C = canine, P1 = first premolar, P2 = second premolar, M1 = first molar, M2 = second molar

Table 4. Developmental age of permanent teeth in girls

Nolla Stage	Developmental age of teeth (year)														
	Mx.				Mn.				Mx.				Mn.		
	I1	I2	C	P1	P2	M1	M2	I1	I2	C	P1	P2	M1	M2	
1	Average														
	SD														
2	Average														
	SD														
3	Average														
	SD														
4	Average														
	SD														
5	Average														
	SD														
6	Average														
	SD														
7	Average														
	SD														
8	Average														
	SD														
9	Average														
	SD														

Mx. = maxilla, Mn. = mandible, SD = standard deviation, I1 = central incisor, I2 = lateral incisor, C = canine, P1 = first premolar, P2 = second premolar, M1 = first molar, M2 = second molar

Table 5. Developmental age of root length completion of permanent teeth

Tooth	Developmental age (Y M)								
	Nolla ⁹⁾ (1960)		Park ⁹⁾ (1974)		Ahn ¹¹⁾ (2000)		Authors		
	M	F	M	F	M	F	M	F	
Mx.	I1	11Y	10Y	10Y 9M	10Y 5M	9Y 5M	8Y 10M	9Y 4M	9Y 2M
	I2	12Y	11Y	11Y 7M	11Y 4M	10Y 1M	9Y	10Y	9Y 7M
	C	15Y	12Y 6M	14Y 6M	13Y 7M	11Y 8M	10Y 6M	12Y 3M	11Y 3M
	P1	14Y 6M	12Y 9M	14Y 2M	13Y 10M	12Y 4M	10Y 7M	12Y 1M	11Y 2M
	P2	15Y 6M	14Y	14Y 10M	14Y 6M			12Y 3M	11Y 6M
	M1	11Y 6M	9Y 6M	11Y 6M	10Y 9M	9Y	8Y 5M	7Y 4M	7Y 4M
	M2	16Y 6M	15Y 6M					12Y 8M	12Y 9M
Mn.	I1	10Y	8Y 6M	9Y 9M	9Y 10M	8Y 1M	7Y 6M	8Y 1M	7Y 8M
	I2	10Y 6M	9Y 8M	10Y 7M	10Y 2M	8Y 11M	8Y 1M	8Y 7M	8Y 3M
	C	13Y 6M	12Y	14Y	13Y 3M	11Y 8M	10Y 1M	11Y 6M	10Y 9M
	P1	14Y	12Y 6M	13Y 9M	13Y 7M	12Y 4M	10Y 8M	11Y 9M	11Y 3M
	P2	15Y	14Y 6M	14Y 4M	14Y			12Y 2M	11Y 6M
	M1	11Y 6M	10Y	10Y 1M	9Y 7M	8Y 4M	7Y 8M	8Y	7Y 7M
	M2	16Y 6M	15Y 6M					12Y 9M	12Y 7M

Y M = year month, M = male, F = female, Mx. = maxilla, Mn. = mandible, I1 = central incisor, I2 = lateral incisor, C = canine, P1 = first premolar, P2 = second premolar, M1 = first molar, M2 = second molar

사대상의 수가 4-37명이어서 비교하기 어려웠다.

방사선사진 상에서 치아의 석회화 수준을 이용하여 치아 발육을 평가한 연구는 주로 파노라마 방사선사진을 이용하여 이루어진다. 파노라마 방사선사진은 상, 하악골 및 안면 구조를 연속된 한 장의 방사선 사진으로 보여주며, 전악 구내 방사선촬영에 비하여 술식이 비교적 간편하고 촬영시간이 짧으며 X선 노출량이 비교적 적은 장점이 있다. 따라서 치아 및 치아 주위의 전반적인 평가, 치아 및 악골의 발육과정의 평가, 특히 혼합 치열의 분석에 유용하여 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 구내 표준 방사선사진에 비하여 해상도가 좋지 못하며 상의 확대와 왜곡이 심하고 X선 노출 시간이 길어서 환자의 움직임에 의한 선예도 저하가 발생할 수 있는 단점이 있다¹²⁾. 각 치아의 석회화 시기에서 상악 소구치 부위의 편차가 전치부와 구치부에 비하여 큰 것으로 나타났는데, 이는 파노라마 방사선 사진 판독 시 상악 소구치 부위에서의 상 왜곡과 해상도 저하로 정확한 판독이 가장 어렵기 때문으로 보인다.

영구치의 석회화 시기에는 개인차가 존재하며 인종, 지역 간의 차이도 존재하는 것으로 보고된바 있으며^{13,14)}, 사회경제적 요인도 치아 발육에 영향을 미치는 것으로 보고되었다^{15,16)}. 본 연구의 결과와 이전의 연구들과의 석회화 시기의 차이는 인종, 지역, 사회경제적 요인의 차이에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 국내의 선행 연구들의 경우 조사 대상의 수가 적어 대표성을 갖기 어려우므로 치아 발육 시기에 관하여 단순 비교를 하기에는 무리가 있다. 치아의 발육을 평가하는데 있어서는 한 개체에 대하여 종적으로 치아 발육을 관찰함으로써 더 정확한 연구 결과를 얻을 수 있을 것이므로 이에 대한 대규모 코호트 연구가 시행되어야 한다.

V. 결 론

본 연구를 통하여 연세대학교 치과대학병원에 내원한 소아 청소년 환자에서의 영구치의 평균 발육 시기를 평가하였다. 성장 중인 환자의 진단과 치료 계획 수립에 있어 본 연구의 결과가 임상적으로 유용하게 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Kim YJ, Lee SJ, Kim JW, et al. : Evaluation model of growth and development in pediatric dentistry. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 33:173-180, 2006.
2. Fishman LS : Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod*, 49:181-189, 1979.
3. Chertkow S, Fatti P : The relationship between tooth mineralization and early radiographic evidence of the ulnar sesamoid. *The Angle Orthodontist*, 49:282-288, 1979.
4. Hellman M : The phase of development concerned with erupting the permanent teeth. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 29:507-526, 1943.
5. Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE, Jr. : Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res*, 42:1490-1502, 1963.
6. Nolla CM : The development of the permanent

- teeth. *J Dent Child*, 27:254-266, 1960.
7. Demirjian A, Goldstein H, Tanner J : A new system of dental age assessment. *Human Biology*, 211-227, 1973.
 8. Cho SH : A Study on calcification of the roots of the permanent teeth by orthopantomography. *J Korean Dent Assoc*, 11:789-800, 1973.
 9. Park BD : A study on calcification of the roots of the permanent teeth by orthopantomography. *J Korean Dent Assoc*, 12:395-410, 1974.
 10. Choi BJ, Kim EY : A study on the development of permanent teeth using panoramic radiographs. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 23:170-177, 1996.
 11. Ahn SH, Yang KH, Choi NK : The calcification timing of the permanent teeth by Nolla stage. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 27:540-548, 2000.
 12. Association of Korean Professors of Oral and Maxillofacial Radiology: Oral and Maxillofacial Radiology, 4th ed. Narae Publishing, Seoul, 128, 2008.
 13. Garn SM, Lewis AB, Koski K, Polacheck DL : The sex difference in tooth calcification. *Journal of Dental Research*, 37:561-567, 1958.
 14. Garn SM, Lewis AB, Polacheck DL : Variability of tooth formation. *Journal of Dental Research*, 38:135-148, 1959.
 15. Phillips V, van Wyk Kotze T : Dental age related tables for children of various ethnic groups in South Africa. *J Forensic Odontostomatol*, 27:29-44, 2009.
 16. Mappes MS, Harris EF, Behrents RG : An example of regional variation in the tempos of tooth mineralization and hand-wrist ossification. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 101:145-151, 1992.

국문초록

Nolla 방법을 이용한 영구치의 발육 연령 평가

신민경¹ · 송제선¹ · 이제호¹ · 최병재¹ · 김성오¹ · 이효설²

¹연세대학교 치과대학 소아치과학교실

²경희대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

이 연구의 목적은 Nolla 방법에 근거하여 소아 청소년에서 나이와 성별에 따른 영구치의 평균 발육 연령을 평가하기 위한 것이다.

연세대학교 치과대학병원에 내원하여 파노라마 사진을 촬영한 어린이 중 4세에서 15세의 남녀 각각 50명을 대상으로 하여 1,200명의 파노라마 사진을 후향적으로 조사하였다. 3명의 잘 훈련된 조사자가 Nolla 방법에 의하여 상, 하악 영구치의 발육 단계를 평가하였다.

조사자 간 신뢰도(ICC, intra-class correlation coefficient value)는 0.973으로 높은 일치도를 보였다. 조사 결과를 바탕으로 발육 연령의 평균값을 계산하였다. 치관이 완성되는 Nolla 6단계는 남아에서는 상악 중절치부터 제2대구치까지 각각 5.4, 6.4, 6.7, 7.5, 7.8, 4.6, 8.1세에서 나타났고, 하악에서는 4.8, 5.1, 6.0, 6.5, 7.2, 4.5, 8.0세에서 나타났다. 여아에서는 상악에서 5.3, 6.0, 6.3, 7.3, 7.7, 4.8, 8.1세, 하악에서는 4.8, 5.1, 5.9, 6.5, 7.2, 5.0, 7.9세에 치관이 완성되었다.

본 연구를 통하여 우리나라 소아 청소년 환자에서의 영구치의 평균 발육 연령을 평가하였다. 성장 중인 환자의 진단과 치료 계획 수립에 있어 본 연구의 결과가 임상적으로 유용하게 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

주요어: 영구치, 발육 연령, Nolla 방법