

치아 석회화 단계와 골 성숙도 단계간의 상관관계에 대한 연구

강동균 · 김태완 · 김영진 · 남순현 · 김현정

경북대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

본 연구는 성장 중인 부정교합 환자의 진단이나 치료계획의 수립, 치료방법 및 시기, 예후 등을 결정하는데 중요한 판단 지침이 되는 치아 석회화 단계와 경추 및 수완부골 성숙도간의 연관성을 규명하여 개인의 보다 정확하고 효율적인 사춘기 성장 정도를 평가하기 위해 시행하였다. 전신 질환이 없고 교정 치료 경험이 없는 7-16세의 여아 154명, 남아 179명, 총 333명의 파노라마 방사선사진, 측모 두부규격 방사선사진, 수완부 방사선사진을 분석하여 평가하였다. 연구 결과, 파노라마 방사선사진의 치아 석회화 단계를 통하여 사춘기 성장 정도를 평가하는 것은 부정교합 환자의 진단 및 치료계획을 수립하는데 임상적으로 유용한 정보를 제공할 것으로 판단되었다.

주요어 : 사춘기 성장, 치아 석회화 단계, 수완부골 성숙도, 경추골 성숙도

1. 서 론

성장 중인 부정교합 환자의 치료에 있어서 개인의 성장 정도에 대한 정확한 평가는 적절한 치료시기의 선택 및 장기적인 치료계획을 수립하는 데 매우 중요하다¹⁻⁴⁾. 즉, 두개 안면부의 성장량을 예측 평가하는 것은 골격성 부정교합과 악안면 부조화의 치료 시 필수적이라 할 수 있다. 그리고 성장에 대한 고려는 치료 결과 및 치료예후의 결정에도 중요한 의미를 지니며 악정형력의 적용, 악 기능 교정 장치의 치료, 발치 여부, 악 교정 수술 등의 임상적 결정에 기초가 되어야한다⁵⁻⁷⁾. 또한, 부정교합 환자 중 성장기 어린이가 차지하는 높은 비율을 고려하면 성장 발육의 평가와 예측은 더욱 중요하다고 할 수 있다.

이러한 성장 발육을 평가하는 방법으로는 크게 역 연령과 발육 연령으로 나눌 수 있다. 먼저, 역 연령은 생물학적 나이를 의미하는데 동일한 연령이라도 개인에 따라 다양한 신체 성숙도

를 나타내므로 개인의 성장 발육 평가 지표로는 부적당하다^{2,6,8)}. 반면, 발육 연령은 개인의 성숙도를 평가하기 위한 생물학적 지표로서 성장의 개체성, 변이성을 반영할 수 있는 평가 방법이다. 신장이나 체중을 이용한 신체 성숙도 평가, 치아의 발육을 평가하는 치아 성숙도 평가, 수완부나 경추골의 성숙도를 평가하는 골 성숙도 평가, 이차성징의 출현을 고려하는 성적 성숙도 평가 등이 해당된다⁸⁻¹⁰⁾.

신장과 안면의 최대 성장기는 오랫동안 다수의 문헌에서 높은 상관관계를 가진다고 보고 되어 왔다. Singh¹¹⁾, Pike¹²⁾, Bergersen¹³⁾은 신장과 안면골격의 최대 성장기가 일치한다고 하였으며 Nanda¹⁴⁾, Bambha와 Natta¹⁵⁾, Fishman⁶⁾은 안면의 최대 성장기가 신장에 비해 6~12개월 늦게 나타난다고 보고하였다. 신장을 이용한 평가 방법은 가장 정확하고 변이성이 적지만¹³⁾, 성장량의 증가가 너무 작아 성장기 동안 주기적인 계측에 의해서만 확인이 가능하고 최대 성장기가 지난 후에야 파악이 가능하다는 한계가 있다¹⁶⁾.

골 성숙도 평가 방법은 특정 골의 초기 출현과 그 후에 일어나는 골 석회화 변화에 있어 골의 형태와 크기를 관찰하는 것으로 다른 평가 방법에 비하여 성장과정의 요소들과 더욱 밀접한 관계를 보여주기 때문에 성장기 어린이의 신체 발달 척도로 가장 많이 이용된다¹⁷⁾. 또한, 이 평가 방법은 성장에 따른 골 석회

교신저자 : 김 현 정

대구광역시 중구 삼덕 2가 50번지

경북대학교병원 소아치과

Tel : 053-420-5961

E-mail : jungkim@mail.knu.ac.kr

화 정도의 변화가 모든 사람에게서 거의 일정하며 재현성이 매우 우수하다는 장점이 있다¹⁸⁾.

수완부는 골 성숙도 평가에서 가장 많이 이용되는 부위인데 수완부골에서는 출생 시부터 성숙의 종료 시까지 화골 현상이 계속 진행되고 수완부를 구성하는 각 골은 각기 화골 현상의 개시기, 정도 및 양상이 다르므로 성숙도 평가에 유용하기 때문이다^{5,17,19,20)}. 또한, 판독이 용이하고 방사선사진 촬영이 간편하고 재현성이 매우 우수하여 골 성숙도 측정 부위로 널리 사용되고 있다^{10,21,22)}. 이러한 수완부골 성숙 단계에 대해서 여러 문헌상에서 많은 지침들이 기술되어 왔다. 1937년 Todd²³⁾는 수완부 방사선사진의 임상적 응용을 제시하였으며, Greulich와 Pyle¹⁸⁾은 수완부의 표준 골령을 위한 표준 도해를 작성하였다. 그 후, Tanner 등²⁴⁾은 각각의 골 성숙도를 점수화하여 골 성숙 지수를 산출하는 TW1 & TW2 방법을 제시하였고, Grave과 Brown²²⁾은 수완부의 아홉 부위에서 일어나는 골화 순서에 따라 14단계로 분류하였다. 1982년 Fishman⁶⁾은 종적과 횡적 연구를 통해 SMI(Skeletal maturity indicators) 방법을 제시하였다.

경추골 성숙도 평가 방법은 측모 두부규격 방사선사진에서 대부분 제 2, 3, 4번 경추의 측면 형태를 관찰하는 것으로 수완부골 성숙도와 비교하여 믿을만하고 높은 상관관계가 있을 뿐 아니라 추가적인 방사선 노출을 피할 수 있는 장점이 있다. 1972년 Lamparski²⁵⁾는 수완부골과 경추골의 평가에 차이점이 없음을 보고하였고, O'Reilly와 Yaniello²⁶⁾는 2~6번 경추의 변화에 따라 6단계의 표준화된 지표를 제시하였다. Hassel과 Farman²⁰⁾은 수완부골과 경추골 성숙도의 높은 상관관계를 보고하며 골 성숙 단계를 6단계로 분류하는 CVMI(cervical vertebrae maturation index)를 제시하였으며, 최근 Baccetti 등²⁷⁾은 2, 3, 4번 경추의 성숙도에 따라 5단계로 나눈 CVMS(Cervical vertebral maturation stages)를 제시하였다.

치아의 성숙도를 평가하는 방법은 역 연령과 함께 가장 먼저 이용된 지표이지만 치아의 발육은 개인적 변이가 큰 특징이 있다^{9,28,29)}. 평가 방법으로는 치아 맹출도에 따른 방법과 치아 석회화 과정에 따르는 방법이 있다. 이 중 치아의 맹출도를 이용하는 것은 치아 맹출 순서와 시기가 다양하며 국소적인 요소들의 영향을 많이 받으므로 정확한 평가가 어렵다고 보고 되어 있다^{8,30,31)}. 즉, 치아 맹출도에 따른 평가 방법은 골격 성장과의 상관관계가 비교적 낮고 변이를 야기할 수 있는 많은 외인성 요소로 인해 적합하지 못한 반면, 치아의 석회화 과정은 주위 환경에 의한 영향이 적기 때문에 치아의 성숙도를 평가하는 방법으로 보다 적합하다³²⁾. 치아의 석회화 정도에 따른 표준화된 방법은 Dermijian 등³³⁾에 의한 방법과 Nolla³⁴⁾에 의한 분류법이 대표적이다.

치아 석회화 단계와 골 성숙도간의 상관관계에 대해서는 상반되는 여러 보고가 있었는데, Lauterstein³⁵⁾, Sierra³⁶⁾, Chertkow³⁷⁾, Engström 등³⁸⁾은 높은 상관관계를 보고한 반면 Acheson³⁹⁾, Green³¹⁾, Dermijian 등¹⁰⁾은 낮은 상관관계를 보고

하였다. 이는 보다 정확한 개인의 성장 정도를 예측하기 위한 치아 성숙도와 골 성숙도의 평가 기준이 논란의 여지가 있음을 의미한다. 만약 골 성숙도를 대신하여 치아의 석회화 단계로써 환자의 성장을 평가할 수 있다면 부가적인 방사선사진이 필요 없게 되어 환자에 대한 방사선 노출을 감소시킬 수 있고 통상적인 치료과정에서 보다 쉽게 성장 상태를 평가할 수 있게 된다.

골 성숙도와 치아 석회화 단계가 높은 상관관계를 가진다면 교정 진단 뿐 아니라 일상적 치과 치료 시에도 촬영하는 파노라마 방사선사진으로 성장에 대한 유효한 정보를 얻을 수 있으리라 기대하였다. 즉, 본 연구의 목적은 골 성숙도와 비교연구를 통하여 치아 석회화 단계를 이용한 성장 평가 방법이 유효성을 가지는가에 대해 알아보려 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

경북대학교 치과 진료처에 2004년 1월에서 2007년 2월 사이에 내원한 성장기 어린이로 교정 진단을 위해 동일한 날짜에 파노라마 방사선사진, 측모 두부규격 방사선사진과 수완부 방사선사진을 촬영한 환아를 연구 대상으로 하였다.

- 성장 발육에 영향을 미칠 수 있는 선천적 기형이 없으며 전신 건강이 양호한 한국 어린이
 - 이전의 교정 치료 경험이 없고, 영구치 발거 경험이 없는 환아
 - 매복이나 전위 등이 없는 정상 치아를 가진 환아
 - 과거에 안면이나 수부에 외상 경험이 없는 환아
- 위의 조건을 만족하는 7세에서 16세 사이의 여아 154명, 남아 179명, 총 333명을 연구 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 치아의 석회화 단계 분석

파노라마 방사선사진 상에서 환자의 하악 좌측 견치, 제 1소구치, 제 2소구치, 제 2대구치의 석회화 단계를 Dermijian 등³³⁾이 기술한 방법에 따라 평가하였다(Fig. 1). 상악 치아의 경우 파노라마 방사선사진 상 중첩으로 인해 정확한 평가가 어려워 제외하였고, 하악 전치부와 제 1대구치의 경우 이미 치근단이 완성된 경우가 대부분이어서 평가에서 제외하였다.

2) 수완부골 성숙도 평가

수완부 방사선사진 상에서 Fishman⁶⁾이 제시한 SMI(Skeletal maturity indicators) 11단계 중 SMI 1, 2, 4, 6, 8, 10으로 평가하였다(Fig. 2).

3) 경추골 성숙도 평가

측모 두부규격 방사선사진 상에서 제 2, 3, 4번 경추의 성장

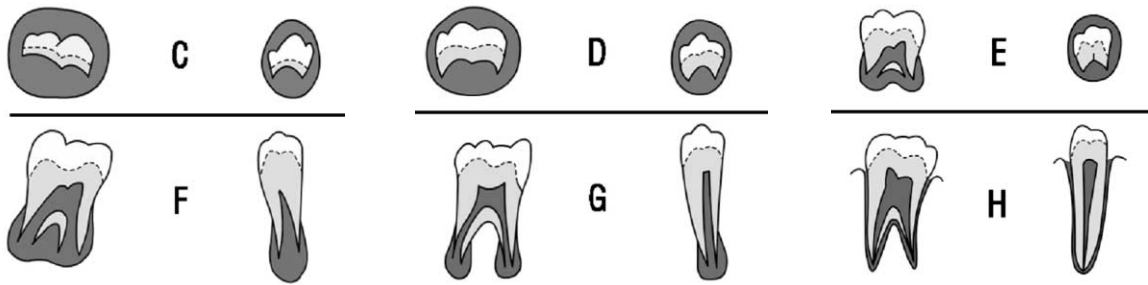
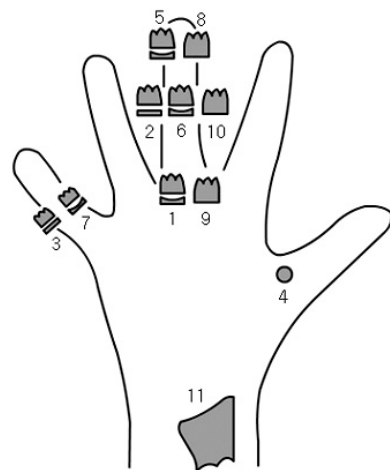


Fig. 1. The stages of tooth calcification (From Dermijian, 1978³⁹).

- C stage : Enamel formation is complete at the occlusal surface. Dentinal deposition has commenced. The outlines of the pulp chamber are curved.
- D stage : Crown formation is complete to the cemento-enamel junction. The pulp chamber in the uniradicular teeth is curved, being concave toward the cervical region. In the molars the pulp chamber has a trapezoid form. The pulp horns are beginning to differentiate. Root formation is seen.
- E stage : The walls of the pulp chamber are straight and the pulp horns are more differentiated. The root length is less than the crown height. In molars the radicular bifurcation is visible.
- F stage : The walls of the pulp chamber now form an isosceles triangle. The apex ends in a funnel shape. The root length is equal to or greater than the crown height. In molars the bifurcation has developed sufficiently to give the roots a distinct outline with funnel shaped endings.
- G stage : The walls of the root canal are now parallel and its apical end is still partially open (distal root in molars).
- H stage : The apical end of the root canal is completely closed (distal root in molars). The periodontal membrane has a uniform width around the root and the apex.



Width of epiphysis as wide as diaphysis

1. Third finger – proximal phalanx
2. Third finger – middle phalanx
3. Fifth finger – middle phalanx

Ossification

4. Adductor sesamoid of thumb

Capping of epiphysis

5. Third finger – distal phalanx
6. Third finger – middle phalanx
7. Fifth finger – middle phalanx

Fusion of epiphysis and diaphysis

8. Third finger – distal phalanx
9. Third finger – proximal phalanx
10. Third finger – middle phalanx

11. Radius

Fig. 2. Skeletal maturity indicators (From Fishman, 1982⁶).

- PP₃ (SMI 1) : the proximal phalanx of the third finger, the epiphysis equals its diaphysis
- MP₃ (SMI 2) : the middle phalanx of the third finger, the epiphysis equals its diaphysis
- S (SMI 4) : the first mineralization of the ulnar sesamoid bone
- MP_{3cap} (SMI 6) : the middle phalanx of the third finger, the epiphysis caps its diaphysis
- DP_{3μ} (SMI 8) : the distal phalanx of the third finger, complete epiphyseal union
- MP_{3μ} (SMI 10) : the middle phalanx of the third finger, complete epiphyseal union

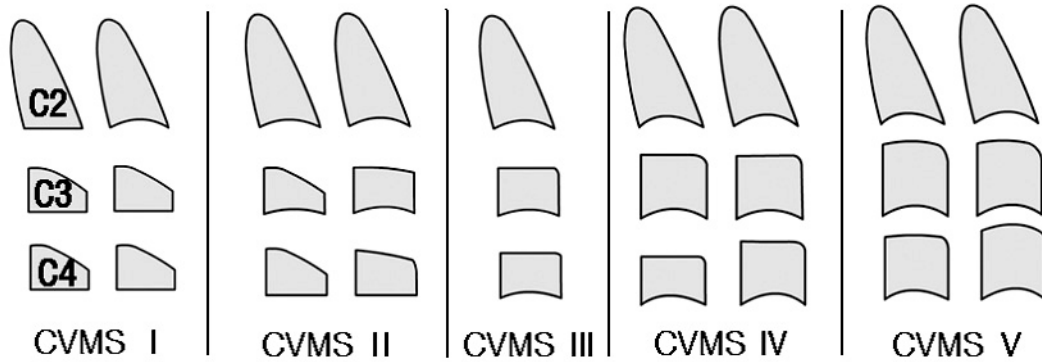


Fig. 3. Cervical vertebral maturation stages (From Baccetti, et al. 2002²⁷⁾).

- CVMS I : The lower borders of all the three vertebrae are flat, with the possible exception of a concavity at the lower border of C2 in almost half of the cases. The bodies of both C3 and C4 are trapezoid in shape (the superior border of the vertebral body is tapered from posterior to anterior). The peak in mandibular growth will occur not earlier than one year after this stage.
- CVMS II : Concavities at the lower borders of both C2 and C3 are present. The bodies of C3 and C4 may be either trapezoid or rectangular horizontal in shape. The peak in the mandibular growth will occur within one year after this stage.
- CVMS III : Concavities at the lower borders of C2, C3, and C4 now are present. The bodies of both C3 and C4 are rectangular horizontal in shape. The peak in mandibular growth has occurred within one or two years before this stage.
- CVMS IV : The concavities at the lower borders of C2, C3, and C4 still are present. At least one of the bodies of C3 and C4 is squared in shape. If not squared, the body of the other cervical vertebra still is rectangular horizontal. The peak in mandibular growth has occurred not later than one year before this stage.
- CVMS V : The concavities at the lower borders of C2, C3, and C4 still are evident. At least one of the bodies of C3 and C4 is rectangular vertical in shape. If not rectangular vertical, the body of the other cervical vertebra is squared. The peak in mandibular growth has occurred not later than two years before this stage.

양상에 따라 5단계로 분류한 Baccetti 등²⁷⁾이 제시한 CVMS(Cervical Vertebral Maturation Stages) 평가 방법을 이용하였다(Fig. 3).

3. 평가 방법

3명의 평가자(교정과 의사 2명, 소아치과 의사 1명)에 의해 시행되었으며 일치하지 않는 항목에 대해서는 토의를 거쳐 의견 일치를 보았다. 평가자의 재현성 검증을 위해 한 달의 간격을 두고 20명을 무작위로 선정하여 재평가를 하였다.

4. 통계 분석

- SPSS statistical package : 경추골 및 수완부골 성숙 단계별 평균 연령과 표준편차를 구하고 남녀별 유의성을 분석하였다.
- The Spearman rank order correlation coefficient : 치아 석회화 단계, 수완부골 성숙도, 경추골 성숙도간의 상관관계를 분석하였다.

- 골 성숙도(수완부골, 경추골) 단계별 각 치아의 석회화 단계의 분포도를 조사하였다.

- Kappa value : 평가자의 재현성을 검정하였다.

III. 연구 성적

1. 연구 대상의 연령 분포

이번 연구 대상자의 연령 분포는 Table 1과 같다.

2. 골 성숙도 단계별 역 연령의 분포

Table 2는 골 성숙도 단계별 남녀의 인원과 평균 역 연령을 보여준다. Table 2-1의 수완부골 결과에서는 모든 단계에서 여아가 남아에 비해 작게 나타났으며 통계적 유의성도 모든 단계에서 존재하였다. 경추골 결과에서도 마지막 단계인 CVMS V 단계를 제외하고 모든 단계에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. CVMS V 단계에서도 통계적으로 유의하진 않지만 여아에서 약 9개월 앞서 나타났다(Table 2).

Table 1. Number of subjects used in this study

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	총합
Female	26	20	17	14	20	20	16	6	12	3	154
male	24	21	25	24	29	20	17	8	7	4	179

Table 2-1. Distribution of chronological ages for all subjects grouped by SMI

Maturation stages	Sex	Number of subjects	Chronological age Mean ± SD (mon.)	Difference (mon.)	P-value
PP3	F	33	93.76 ± 6.16	6.36	0.0009
	M	60	100.12 ± 11.64		
MP3	F	26	107.69 ± 11.73	21.91	<.0001
	M	60	129.60 ± 11.18		
S	F	18	120.88 ± 13.84	22.06	<.0001
	M	16	142.94 ± 11.67		
MP3cap	F	26	142.88 ± 13.85	17.89	<.0001
	M	22	160.77 ± 11.57		
DP3μ	F	15	155.13 ± 16.95	17.43	0.0200
	M	9	172.56 ± 15.58		
MP3μ	F	36	168.56 ± 16.40	11.77	0.0336
	M	12	180.33 ± 15.27		

Table 2-2. Distribution of chronological ages for all subjects grouped by CVMS

Maturation stages	Sex	Number of subjects	Chronological age Mean ± SD (mon.)	Difference (mon.)	P-value
CVMS I	F	54	99.04 ± 11.00	8.15	0.0015
	M	74	107.19 ± 17.27		
CVMS II	F	20	116.85 ± 13.85	13.91	0.0021
	M	51	130.76 ± 17.41		
CVMS III	F	27	140.78 ± 14.71	10.65	0.0088
	M	30	151.43 ± 14.87		
CVMS IV	F	32	158.16 ± 16.41	13.51	0.0060
	M	18	171.67 ± 15.08		
CVMS V	F	21	172.76 ± 15.78	8.91	0.2523
	M	6	181.67 ± 18.74		

3. 수완부골 성숙도와 치아 석회화 단계사이의 상관관계

수완부골 성숙도와 치아 석회화 단계사이의 상관관계는 남녀 모두에서 높은 수치를 보였다. 여아의 경우 하악 견치는 0.877, 하악 제 1소구치 0.901, 하악 제 2소구치는 0.891, 하악 제 2대구치 0.918의 결과를 보였고, 남아의 경우 하악 견치는 0.865, 하악 제 1소구치 0.894, 하악 제 2소구치는 0.902, 하악 제 2대구치 0.905의 결과를 보였다. 남녀 모두 동일하게 하악 제 2대구치에서 가장 높은 상관관계를 나타내었다(Table 3).

4. 수완부골 성숙도 단계별 각 치아의 석회화 단계의 분포도 조사

1. PP3 단계

PP3 단계에서는 남녀 모두 하악 견치와 하악 제 1소구치는 대부분 E 단계 이상의 치아 석회화도를 보였고 하악 제 2대구치는 대부분 D 단계를 나타내었다(Fig. 4).

2. MP3 단계

MP3 단계에서는 여아의 경우 하악 견치 F 단계가 88.46%, 하악 제 1 소구치 F 단계 76.92%로 높게 나타났으며, 남아의

Table 3. Correlation coefficients between SMI and dental calcification stages

Tooth	Correlation Coefficients			
	Female		Male	
	<i>r</i>	Significance	<i>r</i>	Significance
Canine	.877	***	.865	***
First premolar	.901	***	.894	***
Second premolar	.891	***	.902	***
Second molar	.918	***	.905	***

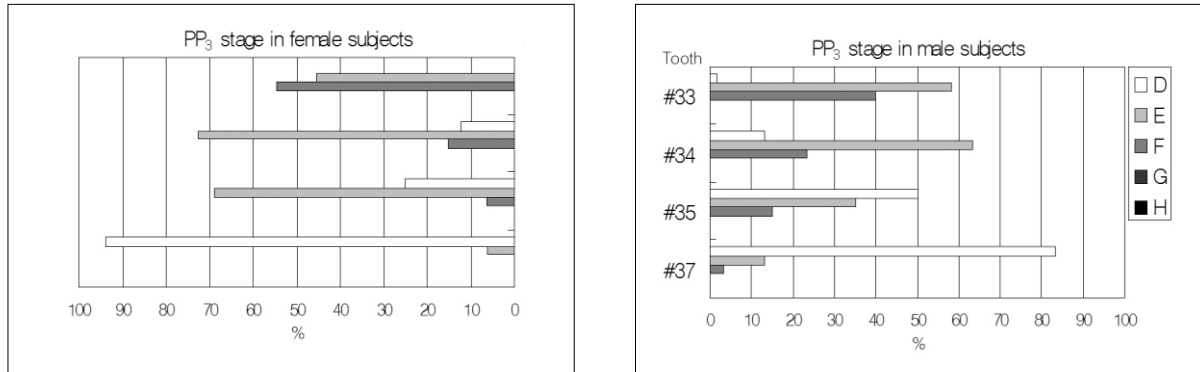


Fig. 4. Percentage distribution of calcification stages at the PP₃ stage.

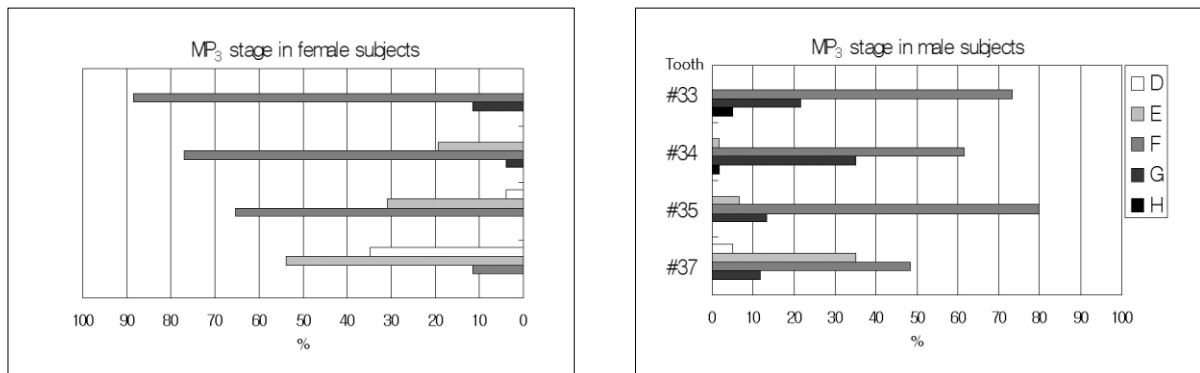


Fig. 5. Percentage distribution of calcification stages at the MP₃ stage.

경우는 하악 견치, 하악 제 1, 2소구치는 대부분 F 단계 이상의 석회화도를 보였다(Fig. 5).

3. S 단계

S 단계에서는 여아는 하악 견치, 하악 제 1소구치는 F 단계 이상의 석회화도를 보였고 하악 제 2소구치의 F 단계가 70.59%로 가장 높은 분포를 보였다. 남아는 대체적으로 분산된 분포를 보였다(Fig. 6).

4. MP3cap 단계

MP3cap 단계에서는 남녀 모두 하악 견치의 70% 이상이 이미 치근 완성 단계를 보였으며 하악 제 2대구치의 G 단계가 여아 53.85%, 남아 81.82%로 높게 분포하였다(Fig. 7).

5. DP3μ 단계

DP3μ 단계에서는 여아의 경우 하악 제 2대구치의 G 단계가 86.69%로 높게 분포하였으며 남아는 대상 치아 대부분이 치근 완료 단계를 나타내었다(Fig. 8).

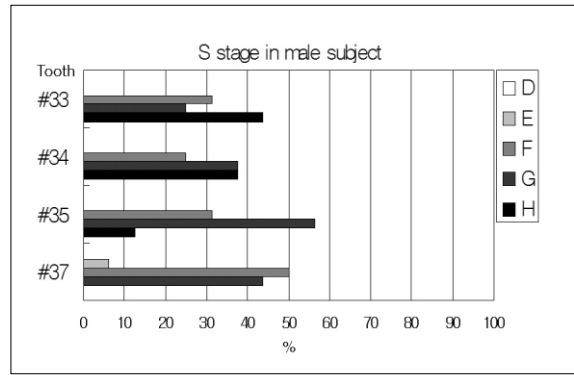
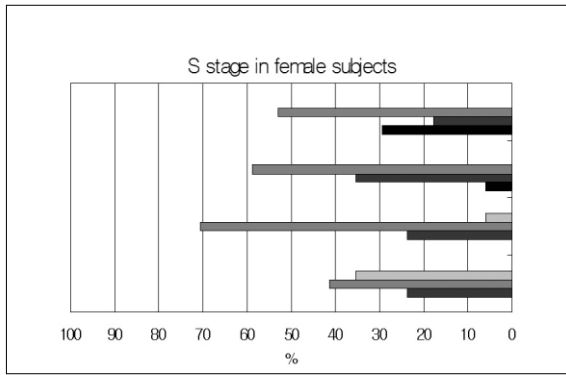


Fig. 6. Percentage distribution of calcification stages at the S stage.

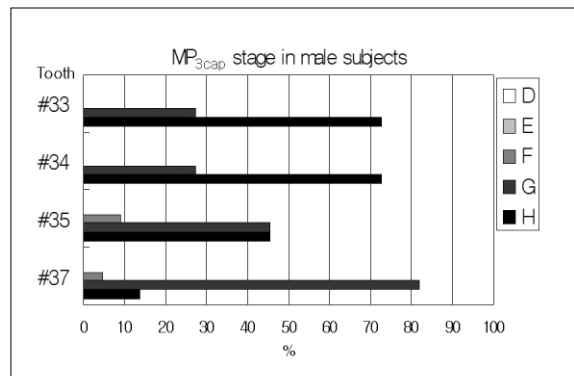
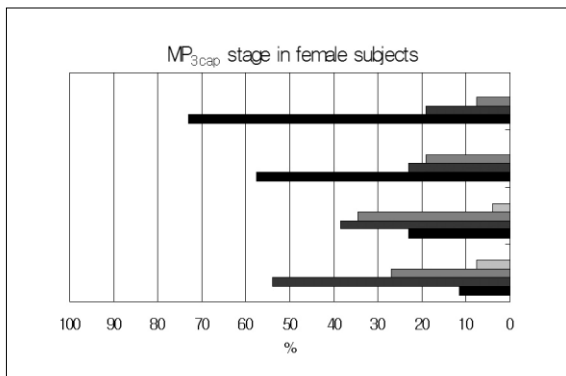


Fig. 7. Distribution of calcification stages at the MP_{3cap} stage.

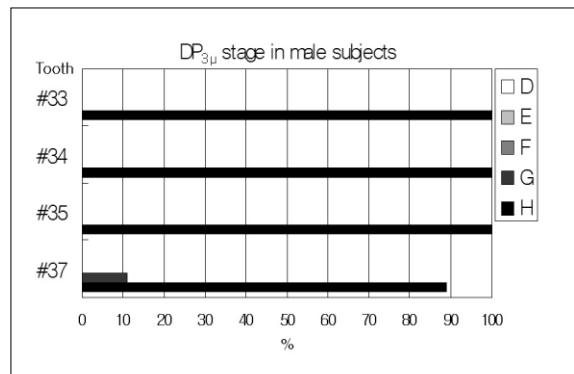
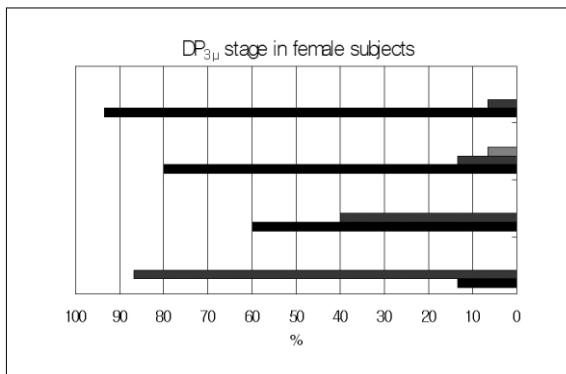


Fig. 8. Distribution of calcification stages at the DP_{3μ} stage.

6. MP_{3μ} 단계

MP_{3μ} 단계에서는 대부분의 대상 치아가 치근 완성 단계의 석회화도를 나타내었다(Fig. 9).

5. 경추골 성숙도와 치아 석회화 단계사이의 상관관계

경추골 성숙도와 치아 석회화 단계사이의 상관관계 또한 모든 치아에서 비교적 높은 상관관계를 보였지만, 수완부골에 비해 수치가 다소 낮았으며 특히 남아의 결과에서 좀더 낮은 수치

를 보였다. 여아의 경우 하악 제 2대구치(0.897), 남아의 경우 하악 제 1소구치(0.782)에서 가장 높은 상관관계를 보였다 (Table 4).

6. 경추골 성숙도 단계별 각 치아의 석회화 단계의 분포도 조사

Fig. 10~14은 경추골 성숙도 단계에 따른 각 치아 석회화 단계의 분포도를 도표로 나타내었다.

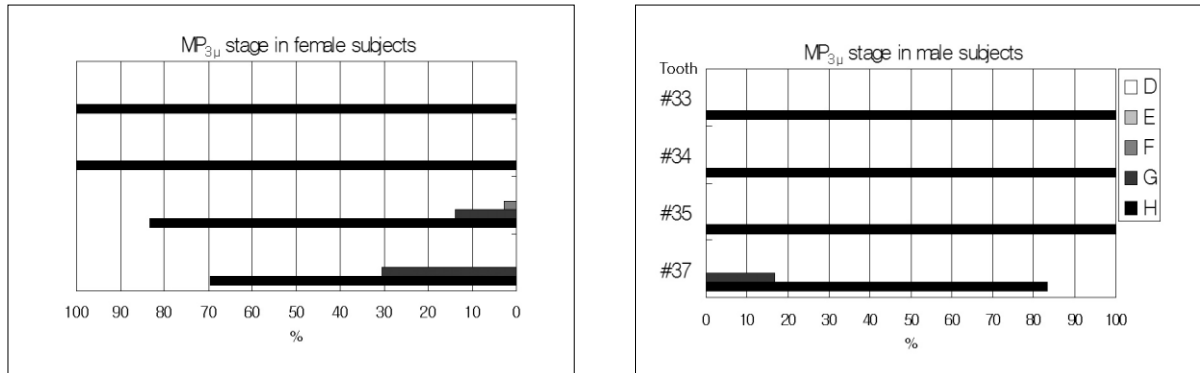


Fig. 9. Distribution of calcification stages at the MP_{3μ} stage.

Table 4. Correlation coefficients between CVMS and dental calcification stages

Tooth	Correlation Coefficients			
	Female		Male	
	r	Significance	r	Significance
Canine	.864	***	.773	***
First premolar	.869	***	.782	***
Second premolar	.854	***	.763	***
Second molar	.897	***	.778	***

1. CVMS I 단계 (Fig. 10)

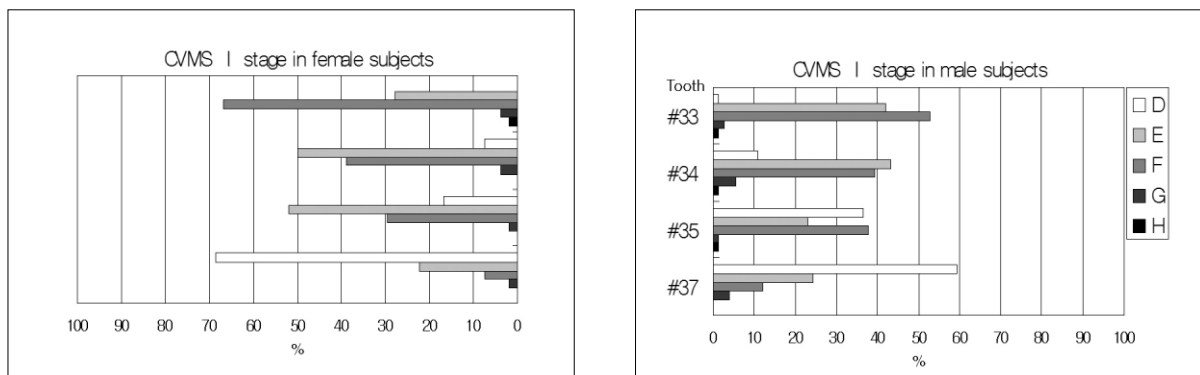


Fig. 10. Distribution of calcification stages at the CVMS I stage.

2. CVMS II 단계 (Fig. 11)

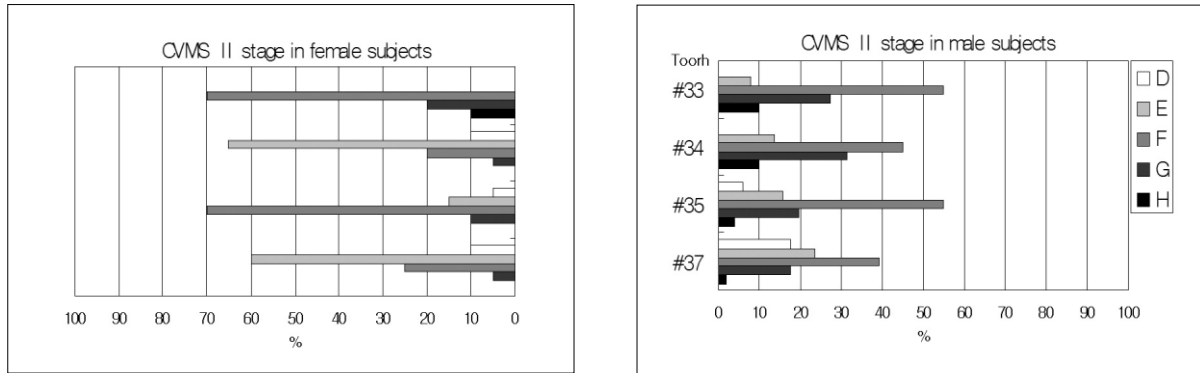


Fig. 11. Distribution of calcification stages at the CVMS II stage.

3. CVMS III 단계 (Fig. 12)

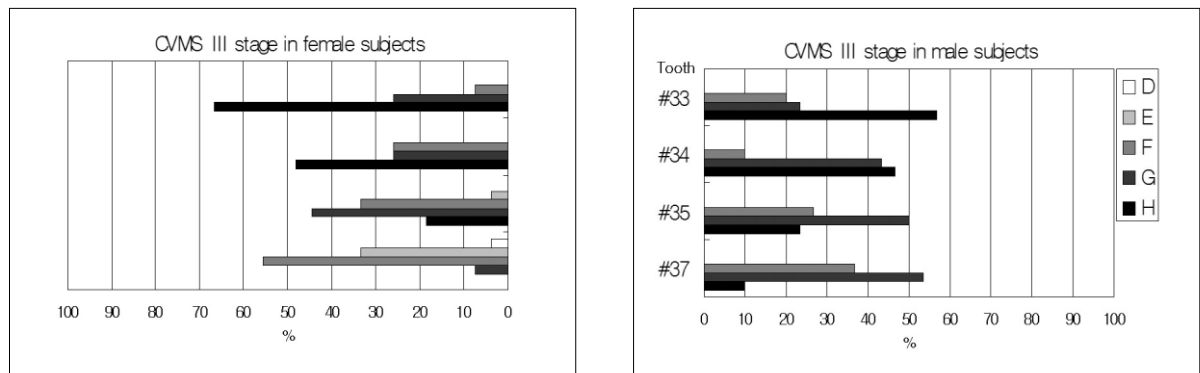


Fig. 12. Distribution of calcification stages at the CVMS III stage.

4. CVMS IV 단계 (Fig. 13)

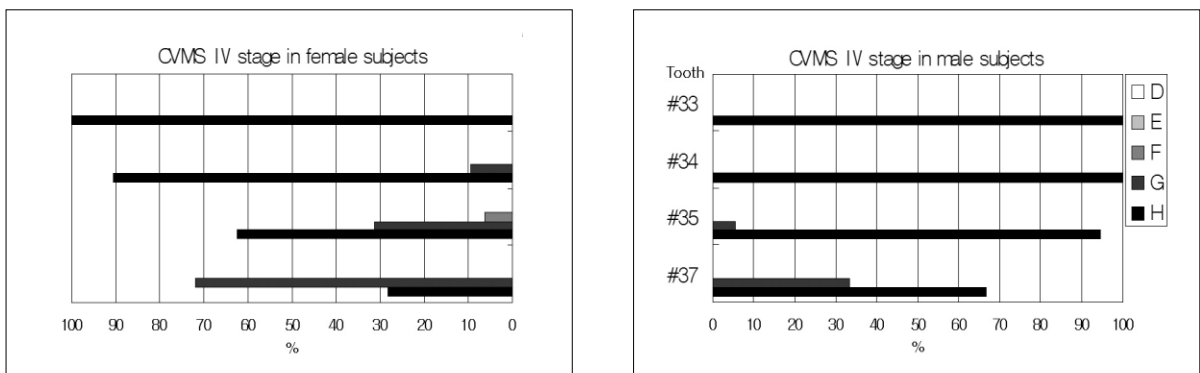


Fig. 13. Distribution of calcification stages at the CVMS IV stage.

5. CVMS V 단계 (Fig. 14)

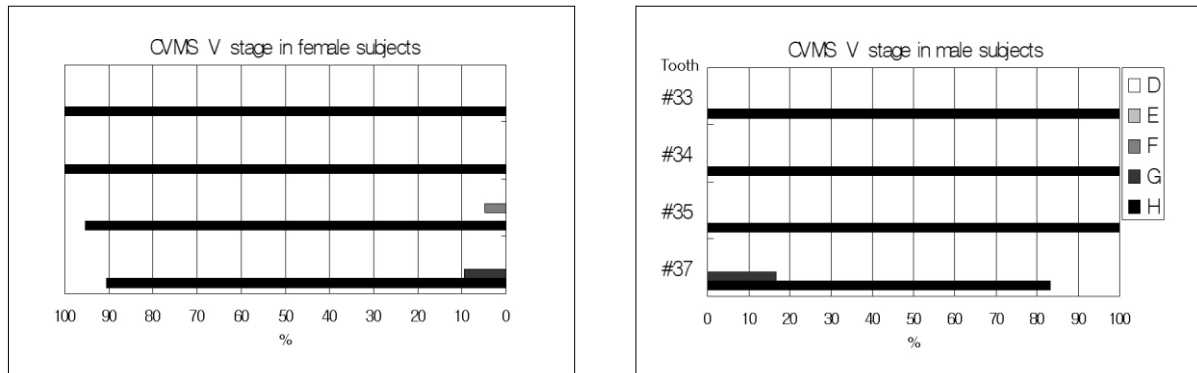


Fig. 14. Distribution of calcification stages at the CVMS V stage.

7. 수완부골 성숙도와 경추골 성숙도의 상관관계

경추골과 수완부골 성숙도간의 상관관계는 여아 0.925, 남아 0.821로 남녀 모두 높은 상관관계를 나타내었다(Table 5).

8. 평가자의 재현성 검증

평가자의 재현성 검증은 0.94-1.00으로 전반적으로 재현성이 아주 높았으며 경추골 성숙도(0.94-0.95)가 치아의 석회화 단계(0.97-1.00)와 수완부골 성숙도 평가(0.98) 보다 다소 낮은 수치를 보였다(Table 6).

Table 5. Correlation coefficients between SMI and CVMS

Correlation Coefficients				
Female		Male		
r	Significance	r	Significance	
0.925	***	0.821	***	

Table 6. Reproducibility of the assessment

	#33	#34	#35	#37	SMI	CVMS
Observer A	1.00	0.98	0.97	1.00	0.98	0.94
Observer B	1.00	1.00	0.98	0.97	0.98	0.94
Observer C	0.97	0.98	1.00	0.97	0.98	0.95

Ⅳ. 고 찰

성장기 어린이의 교정 치료 시 양호한 치료결과를 얻기 위해서는 최대 성장 시기를 정확히 예측하여 치료시기를 결정하고 치료계획을 수립하는 것이 필요하다¹⁻⁴⁾. 사춘기 성장은 인종과 성별 그리고 각 개인마다 그 개시기, 기간, 최대 성장기에 있어 많은 차이가 존재하므로 역 연령 자체만으로 평가하는 것은 많은 문제점을 지니고 있다^{9,22,40)}. 따라서 사춘기 성장의 평가에는 신체 성숙도, 골 성숙도, 치아 성숙도, 성적 성숙도 평가 등의 다양한 방법들이 시도되어 왔다. 본 연구는 7-16세의 성장기 어린이를 대상으로 성장 평가의 여러 가지 방법 중 치아 석회화 단계와 경추골 및 수완부골의 골 성숙도간의 상관관계를 평가하였다.

먼저 본 연구에서 이용한 평가 방법 중 수완부골 성숙도 평가 방법인 Fishman⁶⁾이 제시한 SMI는 수완부골의 여섯 부위에서 11단계로 구분되어 있으며 성장 발육 평가에 가장 널리 이용되는 방법으로 평가가 매우 용이하고 재현성이 높은 장점이 있다. SMI의 11단계는 경추골 성숙도의 5단계 및 치아 석회화 단계의 6단계와 수적으로 많은 차이를 보였기 때문에 임상적으로 중요한 의미를 지니는 PP₃, MP₃, S, MP_{3cap}, DP_{3μ}, MP_{3μ}의 6 단계를 선택하여 평가하였다. 각 평가 단계의 임상적 의미를 살펴보면 PP₃는 성장 가속화 시작하기 전 단계이며 sesamoid 골의 골화 단계는 최대 성장 시점보다 약 1년 먼저 나타나고, MP_{3cap} 단계는 최대 성장 시점과 일치하며 MP_{3μ} 단계는 거의 성장이 완료되었음을 의미한다.

경추골 성숙도는 Baccetti 등²⁷⁾이 제시한 2, 3, 4번 경추의 변화에 따른 CVMS를 이용하여 평가하였다. 첫 번째 단계인 CVMS I 단계는 성장이 시작되는 시기이며, CVMS II 단계는 성장 가속화 시작 단계로 1년 이내에 최대 성장 시기가 일어남을 의미하며, CVMS III 단계는 최대 성장기가 이 시기의 1년 이내에 일어났음을 의미한다. 그리고 CVMS IV 단계는 성장 감속화시기를, CVMS V 단계는 성장이 완료되었음을 의미한다. 이 평가 방법에서 사용되는 2, 3, 4번 경추는 측모 두부규격 방사선사진에서 모두 확인이 가능하고 객관화된 지표를 제시하여 평가가 용이한 방법이다.

Dermijian³³⁾은 치배에서 석회화가 시작되는 시기부터 치근단이 폐쇄되는 시기까지 8단계로 구분하였고, Nolla³⁴⁾는 치아의 발육 단계를 미석회화기부터 근단 폐쇄기까지 10단계로 구분하여 치아 석회화 정도에 따른 치아성숙도를 평가하였다. 본 연구에서는 치아 석회화 단계의 평가 방법으로 Dermijian이 제시한 방법을 이용하였는데, 그 이유는 평가 항목이 치관에 대한 상대적인 길이를 이용하여 치근 길이의 비율과 형태를 기준으로 한 명확한 세부항목으로 구성되어있기 때문이다. 그러므로 발육중인 치아의 상이 축소되거나 확대되어도 평가의 신뢰도에 영향을 미치지 않는 장점이 있다. 치아 석회화 단계의 평가는 파노라마 방사선사진을 이용하여 하악 견치와 하악 제 1소구치, 하악 제 2소구치, 하악 제 2대구치를 평가하였다. 파노라마

방사선사진은 교정 진단 뿐 아니라 성장기 어린이의 치과진료 시 일반적인 촬영법으로 널리 사용되고 있으며 본 연구에서는 교정 진단을 위해 촬영한 파노라마 방사선사진을 이용하였다. 전치부와 제 1대구치의 경우 이른 시기에 발육이 완료되기 때문에 평가에서 제외하였고, 상악 치아의 경우 파노라마 방사선 사진 상 여러 해부학적 구조물의 중첩에 의해 정확한 평가가 어려워 제외하였다. 그리고 제 3대구치의 경우 선천적 결손이 많고 발육의 변이가 심하여 평가 대상에서 제외하였다.

골 성숙을 의미하는 경화부위들이 출현하는 시기에 있어서 남녀 성별 차이가 있음이 보고 되어 왔으며, 초기 골 성숙 단계에서는 여아가 남아보다 2년 이상 빠른 성숙을 보이고 성장 완료 기에는 그 차이가 줄어드는 것으로 알려져 있다⁴¹⁻⁴⁴⁾. 본 연구에서도 수완부골 성숙도에서는 모든 단계에서 통계적으로 남녀가 유의한 차이를 보였으며, 경추골 성숙도에서는 마지막 단계인 CVMS V 단계를 제외한 모든 단계에서 통계적으로 유의하게 여아가 남아 보다 빠른 골 성숙을 보였다. 그 양상은 이전의 연구와 동일하게 사춘기 성장이 활발한 시기에서 많은 차이를 보이다가 성장 감속기에서 그 차이가 감소되었다.

수완부골 성숙도와 경추골 성숙도의 상관관계 분석에서도 이전의 연구와 유사하게 높은 상관성을 나타내었다. 이는 경추골 성숙도는 수완부골 성숙도처럼 악골의 성장 평가에 유용하다고 것을 의미한다. 특히 최근 발표된 CVMS를 이용한 경추골 성숙도 평가는 이전의 방법보다 객관화된 지표를 제시하여 보다 용이하게 적용할 수 있어 임상적으로 큰 유효성을 지니리라 판단된다.

본 연구에서 치아 석회화 단계와 수완부골 성숙도 사이의 상관관계를 검정한 결과 평가 대상이 된 모든 치아에서 높은 상관관계를 보였다. 남녀 모두 수완부골 성숙도와 하악 제 2대구치의 석회화 단계가 가장 높은 상관관계를 보였는데, 이는 견치와 높은 상관관계를 보인 이전의 연구^{36,37)}와는 차이가 있었으며 이는 하악 제 2대구치가 하악 견치나 하악 소구치보다 다소 늦게 석회화가 이루어지기 때문으로 사료된다. 그리고 경추골 성숙도 또한 치아의 석회화 단계와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 하지만 수완부골에 비해서는 다소 낮은 상관관계를 나타내었다. 이 또한 경추골 성숙도가 수완부골 성숙도 보다 좀 더 느리게 이루어져 치아 석회화 단계와 시기적으로 더 큰 차이를 보이기 때문인 것으로 생각된다.

치아 석회화 단계와 골 성숙도 단계의 관계를 좀 더 명확히 알기 위해 수완부골 성숙도 단계별 치아 석회화 단계의 분포도를 분석하였다. 전반적으로 동일한 골 성숙도에서 여아가 남아보다 이른 치아 석회화 단계를 나타내었다. 사춘기 성장 가속화 시작 단계인 MP₃ 단계에서는 여아의 경우 하악 견치와 하악 제 1소구치가 대부분 F 단계 이상의 석회화 단계를 보였으며, 남아의 경우 하악 견치, 하악 제 1, 2소구치가 F 단계 이상의 석회화 단계를 나타내었다. 즉 남녀 모두 하악 견치 F 단계 이후에 사춘기 성장이 시작될 것으로 생각된다. 그리고 사춘기 최대 성장 시점의 약 1년 전인 S 단계에서는 여아의 경우 하악 제 2

대구치가 대부분 E 단계나 F 단계의 석회화 단계를 보였으며, 남아는 하악 제 2대구치가 대부분 F 단계나 G 단계에 분포하였다. 이 결과의 의미를 살펴보면 교정 치료 시 악 정형적 효과를 얻기 위해서는 S 단계 이전에 치료를 고려해야 하는데, 파노라마 방사선사진 상에서 하악 제 2대구치의 석회화 단계가 여아는 F 단계, 남아는 G 단계에 도달하기 이전에는 교정 치료 시작을 고려해야함을 의미한다. 최대 성장 시점과 일치하는

MP3cap 단계에서는 남녀 모두 하악 견치와 하악 제 1소구치가 비교적 높은 비율로 치근단 완성 단계를 보였으며, 특히 남아에서 하악 제 2대구치 G 단계의 비율이 매우 높게 나타났다. 이 시기 이후는 최대 성장 시기가 지남으로 인해서 악골 성장에 의한 악 정형적 효과는 기대하기 힘들고, 대부분 치아 이동에 의한 교정치료가 이루어지게 된다.

수완부골 성숙도, 경추골 성숙도, 치아 석회화 단계의 분포를

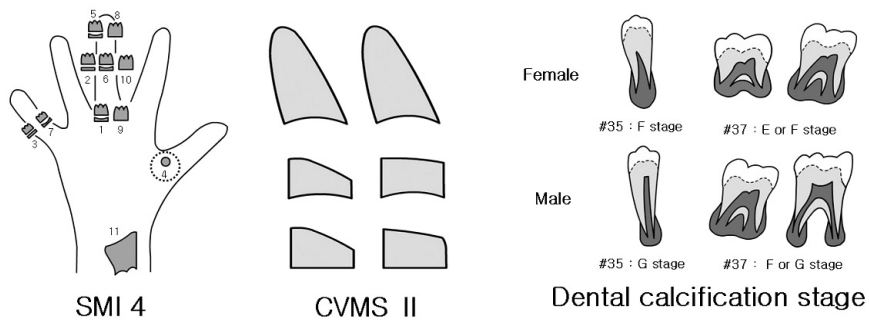


Fig. 15. Schematic diagram between skeletal maturity and dental calcification stage at 1-year before maximum growth period.

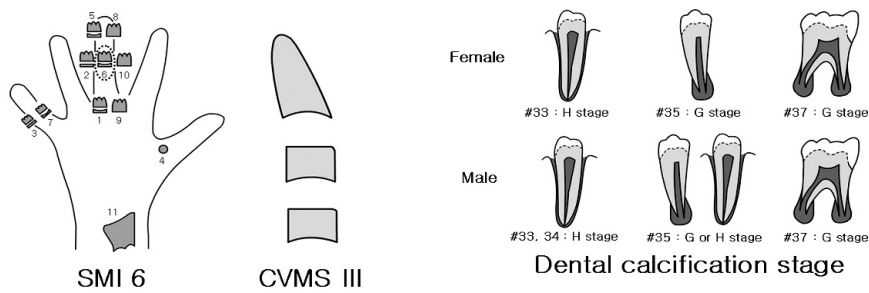


Fig. 16. Schematic diagram between skeletal maturity and dental calcification stage at the maximum growth period.

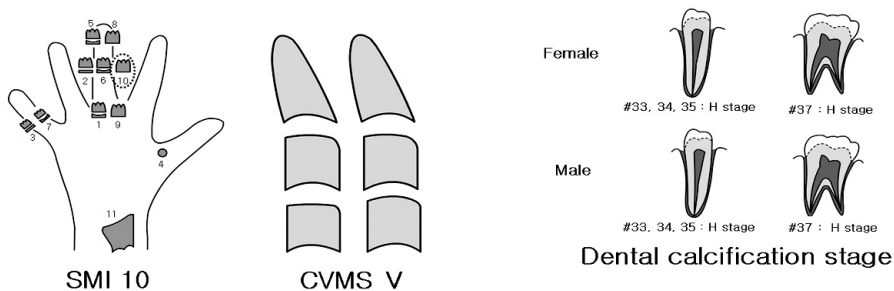


Fig. 17. Schematic diagram between skeletal maturity and dental calcification stage at growth completion period.

분석하여 임상적으로 중요한 의미를 지니는 성장 시점의 표준화된 지표를 제시해 볼 수 있다(Fig.15~17). 최대 성장 1년 전과 일치하는 sesamoid 골이 출현하는 SMI 4(S) 단계는 CVMS II 단계와 유사하다. 이 시기의 치아 석회화 단계에 있어서 여아는 하악 제 2소구치가 F 단계, 하악 제 2대구치는 E 또는 F 단계의 석회화도를 나타내었고, 남아의 경우는 하악 제 2소구치가 G 단계를 보이고 하악 제 2대구치는 대부분 F 또는 G 단계의 석회화도를 보였다(Fig. 15). 최대 성장 시점인 SMI 6(MP_{3cap}) 단계에서 여아의 경우는 하악 견치가 이미 성장이 완료되었으며 하악 제 2소구치와 하악 제 2대구치는 G 단계가 비교적 높게 분포하였고, 남아는 하악 견치와 하악 제 1소구치가 치근단 완성 단계에 도달하며 하악 제 2대구치는 G 단계의 석회화도를 나타내었다(Fig. 16). 대부분의 성장이 완료된 SMI 10(MP_{3μ}) 단계에서는 경추골은 CVMS V 단계와 일치하며 남녀 모두 하악 견치, 하악 제 1, 2소구치 및 하악 제 2대구치가 대부분 치근단 완성이 이루어졌다(Fig. 17). 치아 석회화 단계를 이용한 성장의 평가 방법은 골 성숙도에 비해 표준화된 지표의 제시가 힘들고 치아의 성장이 골의 성장에 비해 빠르게 진행되어 완료되기 때문에 성장 평가에서 정확한 판단의 기준으로 적용하기에는 한계가 존재한다. 하지만 본 연구에서 치아 석회화 단계와 골 성숙도 단계간의 상관관계와 분포도를 분석해 본 결과, 파노라마 방사선사진을 이용한 치아 석회화 단계 평가 방법이 성장에 대한 유용한 임상적 정보를 제공할 수 있으리라 판단된다.

평가 항목의 재현성을 검증하기 위해 연구 대상자 중 20명을 성별과 역 연령을 고려한 후 무작위로 선정하여 첫 평가에서 1달 후 재평가를 실시하였다. Kappa value를 이용한 검증에서 0.94-1.00으로 전반적으로 높은 재현성을 보였다. 경추골 성숙도가 치아의 석회화 단계와 수완부골 성숙도 평가보다 다소 낮은 수치를 보였는데, 이는 측모 두부규격 방사선사진이 수완부 방사선사진이나 파노라마 방사선사진보다 선명도가 낮고 경추골의 중첩으로 인해서 하연의 오목함의 평가에서 모호한 경우가 있었기 때문으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 성장 중인 부정교합 환자의 진단이나 치료계획의 수립, 치료방법 및 시기, 예후 등을 결정하는데 중요한 판단의 지침이 되는 치아 석회화 단계와 경추 및 수완부골 성숙도의 상호간의 연관성을 규명하여 개인의 보다 정확하고 효율적인 사춘기 성장 정도를 평가하기 위해 시행하였다. 전신 질환이 없고 교정 치료 경험이 없는 7-16세의 여아 154명, 남아 179명, 총 333명의 파노라마 방사선사진, 측모 두부규격 방사선사진, 수완부 방사선사진을 분석하여 평가함으로써 다음의 결론을 얻었다.

1. 여아가 남아보다 빠른 골 성숙을 보이며 사춘기 성장이 활발한 시기에서 큰 차이를 보이다가 성장 감속기에서 그 차

이가 감소된다.

2. 남녀 모두에서 수완부골 성숙도와 경추골 성숙도 사이에 높은 상관관계 존재하였다.
3. 남녀 모두에서 하악 견치, 하악 제 1소구치, 하악 제 2소구치, 하악 제 2대구치의 석회화 단계는 수완부골과 경추골 성숙도와 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다.
4. 남녀 모두 하악 제 2대구치가 수완부골 성숙도와 가장 높은 상관관계를 보였다.
5. 골 성숙도(수완부골, 경추골) 단계별 각 치아의 석회화 단계의 분포도를 조사하였다.

이상을 종합해 볼 때, 파노라마 방사선사진의 치아 석회화 단계를 통하여 사춘기 성장 정도를 평가하는 것은 부정교합 환자의 진단 및 치료계획을 수립하는데 임상적으로 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Bishara SE, Jamison JE, Peterson LC, et al. : Longitudinal changes in standing height and mandibular parameters between the ages 8 and 17 years. *Am J Orthod*, 80:115-135, 1981.
2. Fishman LS : Maturation patterns and prediction during adolescence. *Angle Orthod*, 57:178-193, 1987.
3. Pancherz H, Hägg U : Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. An analysis of 70 consecutive cases treated with the Herbst appliance. *Am J Orthod*, 88:273-287, 1985.
4. Singer J : Physiologic timing of orthodontic treatment. *Angle Orthod*, 50:322-333, 1980.
5. Moore RN, Moyer BA, Dubois LM : Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 98:33-40, 1990.
6. Fishman LS : Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod*, 52:88-112, 1982.
7. Björk A : A timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation. *Trans Eur Orthod Soc*, 48:61-74, 1972.
8. Johnston FE, Hufham HP, Moreschi AF, et al. : Skeletal maturation and cephalofacial development. *Angle Orthod*, 35:1-11, 1965
9. Björk A, Helm S : Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. *Angle Orthod*, 37:134-143, 1967.
10. Dermijian A, Buschang PH, Tanguay R, et al. : Interrelationships among measures of somatic,

- skeletal, dental and sexual maturity. *Am J Orthod*, 88:433-448, 1985.
11. Singh IJ, Savara BS, Newman MT : Growth in the skeletal and non-skeletal components of head width from 9 to 14 years of age. *Hum Biol*, 39:182-191, 1967.
 12. Pike JB : A serial investigation of facial and statural growth in seven to twelve year of children. *Angle Orthod*, 38:68-73, 1968.
 13. Bergersen EO : The male adolescent growth spurt : its prediction and relation to skeletal maturation. *Angle Orthod*, 42:319-338, 1972.
 14. Nanda RS : The rates of growth of several components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod*, 41:658-673, 1955.
 15. Bambha JK, Van Natta P : Longitudinal study of facial growth in relation to skeletal maturation during adolescence. *Am J Orthod*, 49:481-493, 1963.
 16. Hägg U, Taranger J : Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod*, 82:299-309, 1982.
 17. Leite HR, O' Reilly MT, Close JM : Skeletal age assessment using the first, second, and third fingers of the hand. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 92:492-498, 1987.
 18. Greulich WW, Pyle SI, : *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*. 2nd ed Stanford University press Stanford, 1959.
 19. Chapman SM : Ossification of the adductor sesamoid and the adolescent growth spurt. *Angle Orthod*, 42: 236-244, 1972.
 20. Hassel B, Farman AG : Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 107:58-66, 1995.
 21. Graber TM : *Current Orthodontic Concepts and Techniques*. WB Saunders company, Philadelphia, 1-55, 1969.
 22. Grave KC, Brown T : Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod*, 69:611-619, 1976.
 23. Todd TW : *Atlas of Skeletal Maturation*. London, 1937.
 24. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, et al. : *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height(TW2 method)*. Academic Press, New York, 1975.
 25. Lamparski DG : Skeletal assessment utilizing cervical vertebrae. Master of dental thesis, Univ of Pittsburgh, School of Dental Medicine, 1972.
 26. O' Reilly MT, Yaniello GJ : Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. : A longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod*, 58:179-184, 1988.
 27. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, et al. : An improved version of the cervical vertebral maturation(CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*, 72:316-323, 2002.
 28. Lamons FF, Gray SW : A study of relationship between tooth eruption age, skeletal development age, and chronologic age in sixth-one Atlanta children. *Am J Orthod*, 44:687-691, 1958.
 29. Lewis AB, Garn SM : The relationship between tooth formation and other maturation factors. *Angle Orthod*, 37:124-143, 1967.
 30. Gray SW, Lamons FF : Skeletal development and tooth eruption in Atlanta. *Am J Orthod*, 45:272-277, 1959.
 31. Green LJ : The interrelationships among height, weight and chronological, dental and skeletal ages. *Angle Orthod*, 31:189-193, 1961.
 32. Graber TM : *Orthodontics, Principle and Practice*. W.B. Saunders Philadelphia, 255-393, 1966.
 33. Dermijian A, Goldstein H, Tanner JM : A new system of dental age assessment. *Hum Biol*, 45:211-227, 1973.
 34. Nolla CM : The development of the permanent teeth. *J Dent Child*, 27:254-263, 1960.
 35. Lauterstein AM : A cross-sectional study in dental development and skeletal age. *J Am Dent Assoc*, 62:161-167, 1961.
 36. Sierra AM : Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *Angle Orthod*, 57:194-208, 1987.
 37. Chertkow S : Tooth mineralization as an indicator of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod*, 77:79-91, 1980.
 38. Engström C, Engström H, Sagne S : Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronological age. *Angle Orthod*, 53:97-106, 1983.
 39. Acheson RM : The Oxford method of assessing skeletal maturity. *Clin Orthop*, 10:19-39, 1957.
 40. Liliequist B, Lundberg M : Skeletal and tooth development. A methodologic investigation. *Acta Radiol*,

- 11:97-112, 1971.
41. Bowden BD : Epiphyseal changes in the hand-wrist area as indicators of adolescent stage. Aust Orthod J, 4:87-104, 1976.
42. Eklöf O, Ringertz H : A method for assessment of skeletal maturity. Ann Radiol, 10:330-336, 1967.
43. 이미라, 이상호 : 한국인 사춘기성 성장기에서의 수완부 골 성숙도와 치아발육에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 19:215-228, 1992.
44. 김선미 : 정상교합자의 악골성장과 수완부골 성숙단계에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 23:9-17, 1996.

Abstract

RELATIONSHIP BETWEEN DENTAL CALCIFICATION STAGES AND SKELETAL MATURITY INDICATORS IN KOREAN INDIVIDUAL

Dong-Gyun Kang, Tae-Wan Kim, Soon-Hyeun Nam, Young-Jin Kim, Hyun-Jung Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kyungpook National University

The purpose of this study was to investigate the relationship between the stages of calcification of various teeth and skeletal maturity stages among Korean individuals. The study subjects consisted 154 female and 179 male ranging from 7 years to 16 years of age. A total of 333 hand-wrist, cephalo-lateral and panoramic radiographs were obtained and analyzed. The tooth development of the mandibular canines, first, second premolars, and second molars were assessed according to the Dermijian's system. Skeletal maturity stages were determined from hand-wrist radiographs by using the SMI system and cephalo-lateral radiographs by using the CVMS, respectively.

The results were as follows.

1. The mean ages of each stage of skeletal maturity were consistently younger in female subjects.
2. There was a high correlation between skeletal maturity of hand-wrist and cervical vertebrae in the both sexes.
3. There was a high correlation between skeletal maturity and dental calcification stage of mandibular canines, first premolar, second premolars, and second molar.
4. The mandibular second molar was tooth showing the highest correlation.
5. Percent distributions of the relationship between calcification stages of individual teeth and stages of skeletal maturity were obtained in both sexes.

In summary, this suggests that tooth calcification stages from panoramic radiographs might be clinically useful as a maturity indicator of the pubertal growth period.

Key words : Pubertal growth, Dental calcification stage, Skeletal maturity of hand-wrist, Skeletal maturity of cervical vertebrae