

## 다중회귀모형을 이용한 수완부 골성속도의 추정에 관한 연구

김 경 호<sup>1)</sup> · 유 형 석<sup>2)</sup> · 김 석 현<sup>3)</sup> ·

성장의 잠재력에 대한 평가는 개체의 성숙도를 나타내는 여러 생리학적 지표(physiologic indicators)들에 의해 이루어지며 그 중 골성속도(skeletal maturity)는 성적성숙도(sexual maturity)와 신장의 성장변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있으나, 치아발육과의 상관관계에 대해선 논란이 많은 실정이다. 그러나, 최근의 연구에 의하면 하악 견치를 포함한 일부 치아의 발육이 골성속도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다. 이에, 본 연구에서는 7세에서 15세까지의 한국인 남녀 아동 387명의 수완부 방사선 사진과 파노라마 사진을 이용하여 Fishman 방법과 Greulich와 Pyle 방법에 의해 골성속도를 평가하였으며 변형된 Demirjian 방법에 의해 치아의 성숙도를 평가하여, 수완부 방사선 사진의 도움 없이 골성속도를 추정할 수 있는 방법을 구하고자 다중회귀모형을 이용한 수완부 골성속도의 추정에 관한 연구를 시행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 골성속도 지수의 추정을 위한 아래의 다중회귀모형은 84%의 설명력을 나타내며 연대연령, 성별, 하악 견치의 회귀계수는 통계학적 유의성을 보였다.

$$\text{골성속도 지수} = 0.60 \times \text{연대연령} - 1.67 \times \text{성별} + 0.88 \times \text{하악 견치} - 0.05 \times \text{하악 제2대구치} - 10.3$$

2. 골연령의 추정을 위한 아래의 다중회귀모형은 87%의 설명력을 나타내며 연대연령, 성별, 하악 견치의 회귀계수는 통계학적 유의성을 보였다.

$$\text{골연령} = 0.75 \times \text{연대연령} - 0.55 \times \text{성별} + 0.71 \times \text{하악 견치} + 0.09 \times \text{하악 제2대구치} - 5.77$$

(성별: 남자=1, 여자=0, 하악 견치, 제2대구치 : 각 발육단계별 평균연령)

(주요단어 : 골성속도, 골성속도 지수, 골연령, 치아 성숙도, 다중회귀모형)

### I. 서 론

교정치료의 대상중 성장기 청소년이 차지하는 비중을 고려할 때 두개안면부 성장에 관한 연구는 환자의 치료와 직결된 필수적 부분이라 할 수 있다. Broadbent<sup>7,8)</sup> 이래로 많은 연구자들에 의해 두개안면부 성장에 관한 연구가 행해졌으며 그중 사춘기 최대성장기의 예측에 관한 연구는 예상되는 잠재성장의 양과 방향에 대한 고찰과 더불어 골격성 부조화를 나

타내는 환자를 치료함에 있어 악정형 장치 또는 악기능 장치를 이용할것인지 혹은 악교정 수술을 시행할 것인지와 같은 치료방법의 결정에 많은 도움을 줄 수 있다.

인간의 성장은 생리적 성숙도(physiologic maturity)에 있어서 개인간에 상당한 차이를 나타내며, 연령은 성장기 아동의 성숙도를 평가하는데 있어 큰 의미를 가지지 못한다고 알려져 있다<sup>18)</sup>. 성장의 잠재력에 대한 평가는 개체의 성숙도를 나타내는 여러 생리학적 지표 (physiologic indicator)들에 의해 이루어지며 Björk<sup>23)</sup>와 Bergesen<sup>1)</sup>, Hunter<sup>34)</sup> 등은 신장의 누적 계측치를 이용한 신체성숙도(somatic maturity) 연구를 통해 두개안면의 최대성장기와 사춘기 최대

<sup>1)</sup> 조교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실

<sup>2)</sup> 연구강사, 연세대학교 치과대학 교정학교실

<sup>3)</sup> 전공의, 연세대학교 치과대학 교정학교실

성장기(PHV, Peak Height Velocity) 사이에 상관관계가 존재함을 보고하였고, 부정교합 치료시기 선택의 방법으로 신장의 누년적 계측치의 이용을 주장하였다. 그러나, Hagg<sup>29)</sup>와 Buschang<sup>13)</sup> 등은 신장의 누년적 계측치에 의해 사춘기 최대성장기를 판정하는 것이 가장 정확한 방법이나 오랜 기간동안 정기적으로 신장의 성장속도를 측정하여야 할 뿐만 아니라 최대성장기가 지난 후에야 후향적인 방법에 의해서 판단될 수 있다는 단점을 지적하였다.

골성숙도(skeletal maturity)는 근래에 널리 이용되는 방법으로 특정골의 초기 출현과 그 이후에 일어나는 화골과정(ossification event)에 있어 골의 형태와 크기 변화를 관찰하여 개인의 성숙정도를 판단하는 방법으로서 이는 성적성숙도(sexual maturity)와 신장의 성장변화와의 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다<sup>10,21,38)</sup>. Todd<sup>48)</sup>는 균일하게 성장하는 골격의 모든 부위는 그 발육정도에 있어 동일한 성숙정도를 나타낸다고 보고하였고 Garn과 Rohman<sup>22-25)</sup>은 수완부에서의 골성숙도와 주부(elbow), 견부(shoulder), 둔부(hip), 슬부(knee)에서의 평가는 매우 큰 상관관계를 나타낸다고 하였으며 Lamparski<sup>35)</sup>는 수완부와 경추에서의 평가에 차이점이 없음을 보고하였다. 특히, 수완부는 출생과 더불어 성숙의 종료에 이르기까지 화골 현상이 계속 진행되고, 각 골의 화골현상의 개시기와 정도 및 양상이 다르므로 판독이 용이할 뿐만 아니라 방사선 촬영이 간편하여 골성숙도의 측정부위로서 가장 널리 사용되고 있다. Greulich와 Pyle<sup>28)</sup> 등은 태아에서부터 19세까지의 수완부골의 남, 녀 표준도해를 제작하여 개인의 골성숙도를 판단하고자 하였으며, Tanner<sup>45,46)</sup> 등은 'biologically weighted system'을 이용하여 각각의 골의 성숙도를 점수화하여 골성숙 지수를 산출하는 TW1, TW2 방법을 보고하였고 Fishman<sup>17-20)</sup>은 종단적 그리고 횡적 연구를 병행하여 각 수완부골에서의 성숙도를 일정한 순서에 의해 관찰하는 SMI (Skeletal Maturation Indicator)방법을 제시하였다. 골성숙도와 사춘기 성장과의 관계에 관한 연구로 Bjork<sup>2,3)</sup>는 척골의 종자골(ulnar sesamoid)의 출현이 PHV와 관련이 있다고 보고하였으며, Helm<sup>30)</sup>은 2번째 손가락의 근위지골(proximal phalanx of 2nd finger)과 골단(epiphysis)의 넓이가 같아지는 시기가 PHV보다 1-5년 앞서며, 세번째 손가락의 중간지골과 골단의 결합시기(capping of middle phalanx of 3rd finger)는 척골의 종자골의 출현과 동반하며 PHV에 근접한다고 보고

하였다. 또한, Brown<sup>9)</sup>과 Grave<sup>26,27)</sup>는 유구골(hook of hamate)와 두상골(pisiform)의 초기 골화가 적어도 최대성장기 1년 전에 나타난다고 하였다.

그러나, 골성숙도와 신장의 변화, 성적성숙도 사이의 상관관계는 비교적 일치된 견해를 나타내는데 비해 골성숙도와 치아 발육과의 상관관계에 대해선 논란이 많은 실정이다. Robinow<sup>39)</sup>는 치아의 구강내 맹출을 기준으로 구한 치성연령(dental age)과 여러 성숙지표(maturity indicator)와의 연관성에 관한 연구에서 특기할만한 상관관계가 없다고 하였으나, Sierra<sup>42)</sup>와 Onat<sup>38)</sup>는 치아성숙도를 연구하는데 있어 치아 맹출을 이용하는 것은 유치의 조기 탈락이나 만기 잔존 등 여러 국소적 요인에 의해 영향을 많이 받으므로 그 평가에 있어 정확성을 기하기 어렵다고 보고하였다.

Demirjiran<sup>3,14)</sup>, Engstrom<sup>16)</sup> 등은 치근 발육도를 이용하여 치아성숙도를 평가하였으며 Engstrom은 골성숙도와 제3대구치의 치근발육 사이에 밀접한 연관성이 있음을 보고하였다. 반면, Chertkow<sup>11,12)</sup>와 Sierra<sup>42)</sup>는 다른 치아들에 비해 하악 견치의 치근 발육이 골성숙도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하였으나, Sandra와 Buschang<sup>40)</sup>은 하악 견치의 석회화 정도와 골성숙도사이의 관계에 관한 연구에서 미국아동의 경우 Demirjiran<sup>13,14)</sup>법에 의한 하악견치의 'G' stage는 사춘기 최대성장기보다 남자의 경우 1.3년, 여자의 경우 0.4년 앞서 일어난다고 보고하였다. 국내에서는 차<sup>58)</sup>의 치아 석회화 과정과 사춘기 성장에 관한 연구와 양<sup>56)</sup>과 이<sup>57)</sup> 등에 의한 수완부 골성숙도와 치아 석회화의 상호 연관성에 관한 연구가 시행된 바 있으나 연구방법과 연령층 및 표본의 크기에 있어 차이가 있어 그 견해가 다양하다.

이에, 본 저자는 정상교합을 가진 한국인 7세에서 15세 사이의 아동을 대상으로 수완부 방사선사진과 파노라마 사진을 이용하여 골성숙도와 하악 견치와 제2대구치의 석회화 정도를 측정하여 다중회귀분석에 의해 나이, 성별, 치아의 석회화 정도가 골성숙도에 미치는 영향을 평가하였으며, 이를 이용하여 골성숙도 예측에 관해 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 가. 연구대상

본 연구에 이용된 대상은 연세대학교 치과대학 두

표 1. 연구대상의 분포

연령(년)	남자	여자	합계
7-8	19	15	34
8-9	21	14	35
9-10	17	15	32
10-11	22	25	47
11-12	30	25	55
12-13	30	28	58
13-14	23	22	45
14-15	17	25	42
15-16	16	23	39
총계	195	192	387

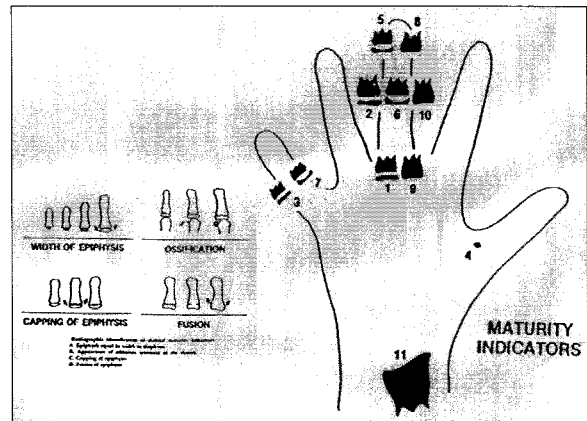


그림 1. Fishman의 골성숙 지수 평가방법 도해

개안면 기형연구소에 소장하고 있는 자료로서 강원도 지역과 서울 지역에 거주하는 교정치료를 받은 경험이 없고, 심신이 건강하며 정상적인 성장 발육을 나타내는 정상교합자를 대상으로 7세에서 15세까지 남녀 아동 387명(표 1)의 수완부 방사선 사진과 파노라마 사진을 이용하였다.

나. 연구방법

1. 골성숙도의 측정

좌측 수완부 방사선 사진을 이용하여 골연령, 골성숙 지수를 구하였다.

(1) 골연령 (Skeletal age)

Greulich와 Pyle<sup>28)</sup>의 수완부 방사선 사진의 표준도해(atlas)를 이용하여 각 개인의 골연령을 구하였다.

(2) 골성숙 지수 (SMI, Skeletal Maturity Index)

Fishman<sup>19)</sup>의 골성숙 평가방법에 따라 첫째, 셋째, 다섯째 수지 및 요골(radius)에서 여섯 부위를 택하여 1에서 11까지의 골성숙 지수를 구하였으며 각 골성숙 지수 판정기준은 다음과 같다(그림 1).

- SMI 1 : 셋째 수지의 근위지절의 골단과 골간의 폭이 같은 경우
- SMI 2 : 셋째 수지의 중간지절의 골단과 골간의 폭이 같은 경우
- SMI 3 : 다섯째 수지의 중간지절의 골단과 골간의 폭이 같은 경우
- SMI 4 : 척골의 종자골의 출현

- SMI 5 : 셋째 수지의 원위지절 골단의 등근 측면 가장자리가 편평해지며 골간부를 향해 침단화(pointing)하는 캡현상(capping)을 보임
- SMI 6 : 셋째 수지의 중간지절 골단의 등근 측면 가장자리가 편평해지며 골간부를 향해 침단화하는 캡현상을 보임
- SMI 7 : 다섯째 수지의 중간지절 골단의 등근 측면 가장자리가 편평해지며 골간부를 향해 침단화하는 캡현상을 보임
- SMI 8 : 셋째 수지의 원위지절의 골단과 골간의 결합
- SMI 9 : 셋째 수지의 근위지절의 골단과 골간의 결합
- SMI 10 : 다섯째 수지의 중간지절의 골단과 골간의 결합
- SMI 11 : 요골

2. 치아의 성숙도 측정

파노라마사진을 이용하여 하악 좌측 견치와 제2대구치의 석회화 정도를 변형된 Demirjian법<sup>14,53)</sup>에 의해 판별하였으며 각 단계의 판정기준은 다음과 같다(그림 2).

- stage C : 교합면의 법랑질 형성은 완료되고 상아질 형성을 시작한다. 치수관은 굴곡되나 치수각은 보이지 않는다.
- stage D : 치관의 형성이 백악법랑경계까지 완료되며 치근의 형성시작
- stage D-1 : 대구치 - 이개부위의 초기 골화가 시작된다. 치수관은 굴곡을 보인다.
- stage E : 견치 - 치수각의 분화가 시작된다. 치관의 크기가 치근보다 크다.

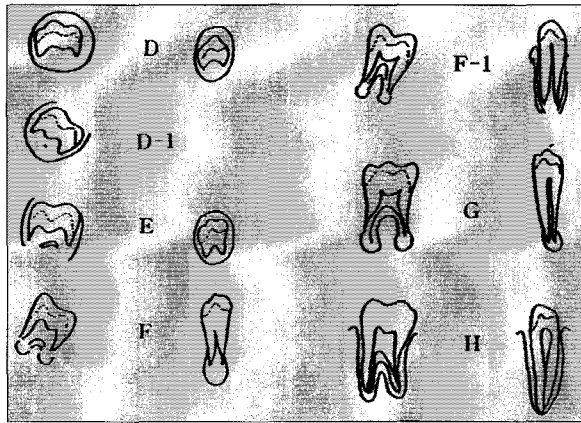


그림 2. 변형된 Denirijiran 법에 의한 치아 성숙도 판별 도해

표 2-1. 연대연령으로 비교한 골연령의 기술통계량

골연령	표본수	최소	최대	평균	표준편차
3	4	7	8	7.14	0.50
4	8	7	8	7.13	0.35
5	20	7	9	7.54	0.80
6	29	7	10	8.24	0.83
7	26	7	11	9.04	1.15
8	29	7	11	9.28	1.13
9	32	7	11	9.53	1.38
10	37	7	13	10.26	1.50
11	38	8	13	10.84	1.27
12	32	10	13	12.02	1.03
13	46	10	14	12.34	1.29
14	25	10	15	13.06	1.30
15	22	12	15	13.84	0.77
16	19	12	15	14.34	0.81
17	16	13	15	14.64	0.62
18	18	14	15	14.91	0.38

표 2-1. 연대연령으로 비교한 골연령의 기술통계량

SMI	표본수	최소	최대	평균	표준편차
1	9	7	12	8.90	1.66
2	34	8	13	9.88	1.36
3	42	8	13	10.37	1.56
4	26	9	14	11.33	1.12
5	24	9	14	11.66	1.15
6	30	10	14	11.90	1.90
7	62	8	15	12.59	1.62
8	21	10	15	13.07	1.50
9	17	10	15	13.52	1.46
10	20	12	15	14.60	0.77
11	36	12	15	14.52	0.74

대구치 - 이개부의 증가된 골화를 보인다.  
 치수각의 분화가 시작되나 뚜렷한 치근의  
 형성은 보이지 않는다.

stage F : 견치 - 치근의 크기가 치관보다 크거나 같  
 고 완성된 치근길이의 2/3보다는 작다.

대구치 - 잘 발달된 이개부와 뚜렷한 치근  
 의 형성을 보인다.

치관의 길이가 치근보다 크다.

stage F-1 : 견치 - 치근의 크기가 완성된 치근길이  
 의 2/3보다 크다.

근관벽은 평행하지 않으며 치근단 부위  
 는 삼각형 모양으로 개방되어 있다.

대구치 - 치근의 크기가 치관보다 크  
 거나 같다.

stage G : 견치 - 치근의 길이는 완성되며 근관벽은  
 평행해지나 치근단은 뚜렷이 개방되어 있  
 다.

대구치 - 근관벽이 평행해지나 치근단은  
 아직 부분적으로 개방 되어 있다.

stage G-1 : 견치 - 치근단이 아직 부분적으로 개방  
 되어 있다.

stage H : 치근단이 완전히 폐쇄되고 치근막이 전체  
 적으로 균일하다.

다. 통계처리

1. 골연령, 골성숙 지수, 하악 견치, 제2대구치의 발  
 육단계등 연구에 이용된 측정변수를 성별과 연대연  
 령에 기준하여 기술통계량을 구하였으며 Mann-  
 Whitney test를 시행하여 남, 여간의 유의차를 조사  
 하였다.

2. Spearman correlation analysis를 이용하여 골연  
 령, 골성숙 지수, 연대연령, 성별, 하악 견치와 제2대  
 구치의 발육정도들의 상호 상관분석을 시행하여 각  
 측정변수들 사이의 상관관계를 조사하였다.

3. 상관성 연구를 토대로 설정한 골연령과 골성숙  
 지수 추정을 위한 회귀모형을 다중회귀분석 (Mul-  
 tiple Regression Analysis)을 이용하여 검증하였다.

III. 연구결과

1. Fishman 분류에 의한 골성숙 지수와 Greulich와  
 Pyle의 표준도해를 기준으로 비교한 골연령의 기  
 술통계량은 표 2-1, 2-2와 같다.

표 3-1. 골성숙 지수의 남, 녀 평균연대연령 및 유의차 검증

성별/SMI	1*	2*	3	4*	5	
남	9.80	10.75	10.91	12.33	12.85	
여	8.00	9.00	9.82	10.33	10.47	
성별/SMI	6	7*	8*	9	10*	11
남	13.04	13.67	13.92	14.33	14.50	14.50
여	10.75	11.50	12.22	12.71	14.07	14.53

\* : P<0.05

표 3-2. 골연령의 남, 녀 평균연대연령 및 유의차 검증

성별/골연령	3	4	5*	6	7	8	9	10
남	7.14	7.25	8.08	8.33	9.00	9.22	9.67	10.62
여	0.00	7.00	7.00	8.14	9.09	9.33	9.40	9.90
성별/골연령	11	12	13	14*	15	16	17	18
남	11.14	12.29	12.63	13.57	14.00	14.67	14.56	15.00
여	10.53	11.75	12.05	12.55	13.67	14.00	14.71	14.82

\* : P<0.05

표 4. 하악 견치와 제 2대구치의 발육단계별 평균연령 및 유의차 검증

성별/견치	D	E	F	F-1	G*	G-1	H	
남	7.00	8.23	9.95	11.58	13.27	13.90	14.30	
여	7.00	7.90	9.40	10.96	12.23	13.56	14.53	
평균	7.00	8.06	9.68	11.27	12.75	13.73	14.41	
성별/제2대구치	D	D-1	E	F	F-1	G	G-1	H
남	8.33	9.55	10.08	11.07	11.68	13.44	14.29	14.80
여	8.41	8.55	9.43	10.35	11.55	13.37	14.50	14.68
평균	8.37	9.05	9.75	10.71	11.62	13.40	14.39	14.74

\* : P<0.05

2. 골성숙 지수의 남, 녀 비교(표 3-1)에서는 모든 구간에서 여자의 평균연령이 남자보다 작게 나타났으며, 특히 SMI 1, 2, 4, 7, 8, 10에서는 통계학적 유의차를 나타냈다.
3. 골연령의 남, 녀 비교(표 3-2)에서는 모든 구간에서 여자의 평균 연령이 남자보다 작게 나타났으며, 골연령 5, 10, 14에서 통계학적 유의차를 보였다.
4. 하악 견치와 제2대구치의 발육단계별 평균연령(표 4)을 구하였으며 하악 견치의 G stage는 남,녀간

통계학적 유의차를 나타냈다.

5. 골성숙 지수, 연대연령, 하악 견치와 제2대구치의 발육단계를 변수로 시행한 상관분석(표 5-1)에서는 모든 관계에서 통계학적 유의차를 나타내었으며, 골성숙 지수는 연대연령, 하악 견치, 제 2대구치 발육과는 순상관관계를 보였다.
6. 골연령, 연대연령, 하악 견치와 제2대구치의 발육 단계를 변수로 시행한 상관분석(표 5-2)에서도 위 5의 결과와 동일하게 모든 관계에서 통계학적 유의

표 5-1. 골성속 지수, 연대연령, 하악견치, 하악 제2대구치의 상관관계

	SMI	연대연령	하악견치	하악제2대구치
SMI		0.841*	0.890*	0.825*
연대연령			0.877*	0.883*
하악 견치				0.902*
하악제2대구치				

\* : P<0.05

표 5-2. 골연령, 연대연령, 하악견치, 하악 제2대구치의 상관관계

	골연령	연대연령	하악견치	하악제2대구치
골연령		0.900*	0.901*	0.864*
연대연령			0.877*	0.883*
하악 견치				0.902*
하악제2대구치				

\* : P<0.05

표 6-1. SAS를 이용한 모형의 적합도에 대한 분산분석표

Y <sub>i</sub>	F value	Prob>F	R-square	Adj R-sq
골성속지수	4441	0.0001	0.839	0.837
골연령	562	0.0001	0.869	0.868

표 6-2. SAS를 이용한 회귀계수의 추정 및 검정

Y <sub>i</sub> =골성속 지수	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	INTERCEPT
추정값	0.6	-1.67	0.88	-0.05	-10.3
Prob >  T	0.0001	0.0001	0.0001	0.5760	0.0001
표준오차	0.079	0.177	0.098	0.097	0.4770

Y <sub>i</sub> =골연령	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	INTERCEPT
추정값	0.75	-0.55	0.71	0.09	-5.7700
Prob >  T	0.0001	0.0001	0.0001	0.3078	0.0001
표준오차	0.072	0.162	0.089	0.088	0.435

표 6-3. 독립변수의 분산 확대인자 분석표

Variable	INTERCEPT	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
DF	1	1	1	1	1
VIF	0	5.69	1.10	6.84	6.71

차를 나타내며 골연령은 연대연령, 하악 견치, 제2대구치 발육과는 순상관계를 보였다.

7. 골성속도 추정을 위해 설정한 다중 선형회귀모형은 다음과 같다.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \epsilon_i$$

Y<sub>i</sub> : 골성속 지수 혹은 골연령,

X<sub>1i</sub> : 연대연령, X<sub>2i</sub> : 성별

X<sub>3i</sub> : 하악 견치의 발육단계,

X<sub>4i</sub> : 하악 제2대구치의 발육단계

β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>, β<sub>3</sub>, β<sub>4</sub> : 각 독립변수의 회귀계수,

α : Intercept, ε<sub>i</sub> : 오차항

(1) 회귀모형의 적합도에 대한 검정

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$$

H<sub>1</sub> : β<sub>i</sub>는 모두가 0은 아니다. (i = 1, 2, 3, 4)

Statistical Analysis System(SAS)를 이용한 모형의 적합도에 관한 분산분석표는 아래의 표 6-1과 같다.

F 검정통계량으로부터 계산된 유의확률값이 0.0001로 유의수준 0.01에서 기각역에 속하므로 귀무가설을 기각하며, 사용된 독립변수가 종속변수를 설명하는데 도움을 준다고 판단할수 있다. 수정 결정계수(Adj R-sq)는 Y<sub>i</sub>가 골성속 지수인 경우 0.837, Y<sub>i</sub>가 골연령인 경우는 0.869를 나타내었다.

(2) 회귀계수의 유의성 검정

$$H_0 : \beta_i = 0$$

H<sub>1</sub> : β<sub>i</sub>는 0 이 아니다. (i = 1, 2, 3, 4)

회귀계수의 추정 및 유의성 검정의 결과는 다음의 표 6-2와 같다.

t 검정통계량으로부터 계산된 X<sub>1i</sub>, X<sub>2i</sub>, X<sub>3i</sub>의 회귀계수의 유의확률값이 유의수준 0.01에서 기각역에 속하므로 귀무가설을 기각하며 이들 세 독립변수를 서로 통제하더라도 골성속 지표 (Y<sub>i</sub>)와는 유의한 관련성이 있음을 알 수 있다. 그러나, X<sub>4i</sub>의 경우는 Y<sub>i</sub>가 골성속 지수의 경우 유의확률값이 0.576, Y<sub>i</sub>가 골연령의 경우 0.308로서 유의수준 0.01에서 귀무가설을 채택하며 골성속 지수, 골연령과는 유의한 관련성이 없음을 알수 있다.

(3) 독립변수의 분산확대인자 (Variance of Inflation Function)

분산확대인자는 어떤 독립변수가 나머지 독립변수에 설명되는 정도를 나타내는 지표로서 만약 이 값이 10보다 크면 독립변수는 다중공산성에 의한 문제가 있다고 판단된다. 아래의 표 6-3에 의하면 사용된 독립변수의 분산확대인자값이 모두 10보다 작으므로 위의 회귀모형에서 다중공산성은 없는 것으로 판단된다.

(4) 골성속도 추정을 위한 완성된 회귀모형

$$\begin{aligned} \text{골성속도 지수} &= 0.60 \times \text{연대연령} - 1.67 \times \text{성별} \\ &+ 0.88 \times \text{하악견치} - 0.05 \times \text{하악 제2대구치} - 10.3 \\ \text{골연령} &= 0.75 \times \text{연대연령} - 0.55 \times \text{성별} + 0.71 \\ &\times \text{하악견치} + 0.09 \times \text{하악 제2대구치} - 5.77. \end{aligned}$$

(성별: 남자=1, 여자=0., 하악 견치, 제2대구치 : 각 발육단계별 평균연령)

IV. 총괄 및 고찰

골성속도는 교정임상에서 흔히 이용되는 성숙지표 중의 하나로서 신체성속도, 성적 성속도와 밀접한 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다. Simmons와 Greulich<sup>43)</sup> 등은 초경(menarche)이 연대연령보다는 골성속도와 더 밀접한 관계를 보인다고 보고하였으며 Flory<sup>21)</sup>, Buehl<sup>10)</sup>, Onat<sup>38)</sup> 등은 척골의 종자골의 출현과 초경의 시기가 매우 밀접한 관계를 나타낸다고 하였다. 또한 Houston<sup>32,33)</sup>, Marshal<sup>36,37)</sup> 등은 PHV가 골연령과 척골의 종자골의 출현 모두와 밀접한 관계를 보이며 초경과 PHV 사이에도 큰 상관관계를 나타낸다고 보고하였다. Björk<sup>2)</sup>의 경우 척골의 종자골의 출현과 PHV 사이에는 1년의 시간차가 존재하며, 제 3 수지 중간지절 골단의 캡현상이 PHV와 밀접한 연관이 있다고 보고하였다. Hagg와 Taranger<sup>29)</sup>는 PHV가 요골이나 척골의 종자골 보다는 제 3 수지의 발육과 더 밀접한 연관이 있다고 하였으며 이는 Bowden<sup>45)</sup>, Helm<sup>30)</sup> 등이 보고한 제 3 수지의 캡현상과 PHV의 시기가 거의 동일하다는 연구와도 일치하는 결과이다.

이와 같은 사춘기 성장과 연관된 수완부 방사선 사진상에서의 변화는 Fishman<sup>19)</sup>의 SMI 분류 중 stage

6에 해당하는 것으로 Fishman이 보고한 남자는 SMI 6에서 여자는 SMI 5에서 PHV에 도달한다는 연구와도 유사한 결과이다. Singer<sup>44)</sup>의 경우는 수완부 각 부위골의 변화를 사춘기 성장속도에 기준하여 6단계로 나누어 분류하였으며 stage 4에서 최대의 성장속도를 나타내며 이는 척골의 종자골의 출현과 제 3 수지 중간지절 골단의 캡현상을 보이는 시기로 정의하였다. Greulich와 Pyle<sup>28)</sup>에 의하면 이와 같은 골격변화는 표준도해에서 남자의 경우 골연령 13.5세, 여자의 경우 11세에 해당하는 시기이다. 국내에서 시행된 사춘기 성장과 수완부골 성숙단계에 관한 연구에서도 위와 유사한 결과를 보고하였으며<sup>49,50,52)</sup> 사춘기 최대성장기는 박<sup>55)</sup>의 경우 남자는 SMI 5-6, 여자는 SMI 6-7에서 일어난다고 하였으며, 김<sup>51)</sup>은 남자는 SMI 4, 여자는 이보다 6개월 늦게 발생한다고 하였고, 또 김<sup>54)</sup>은 남자는 SMI 5-6, 6-7에서 같은 정도로 발생하는 반면 여자는 SMI 6-7에서 가장 많이 발생한다고 보고하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 PHV의 시기의 추정에 있어 연구에 따라 다소의 차이를 보이나 골성속과 성적성숙이 PHV와 서로 매우 밀접한 연관성을 나타낸다는 점에는 공통된 의견을 나타내는 것으로 사료되며 이는 교정임상가에 있어 악정형력을 이용한 치료의 시기 선택과 치료방법의 선정에 중요한 고려사항으로 작용한다.

그러나 개인의 성숙정도를 판별하는데 있어 계속적인 신장의 검사와 수완부 방사선의 주기적인 관찰은 많은 노력과 시간을 요하는 것으로 일반적인 교정임상에 널리 보급되지 못한 것이 현실이다. 이와같은 단점은 치아발육과 다른 성장지표들, 예를 들어 골성속도와 신체성속도, 성적성속도와의 상관성 연구를 통해 보완될 수 있으리라 여겨지며 많은 연구자들이 이에 대한 연구를 시행하였다. Demirjiran, Buschang<sup>13)</sup> 등은 치아의 발육과 다른 성장지표들과의 상관관계는 매우 미약하며 이와같은 결과는 아마도 발생학적으로 치아는 외배엽성인데 반해 골격, 신장, 성기관 등은 중배엽성에 속하는 조직이므로 서로 다른 조절기전에 의해 통제된다고 주장하였다. 그러나 이러한 낮은 상관관계는 연구대상의 연령층의 확대와 수완부골의 여러 골화부위들을 이용하여 골성속도를 평가하고 치아발육을 평가하는 기준에 있어서도 좀 더 세분화된 평가지침을 가지고 분류할 경우 그 상관관계는 향상될 수 있으리라 여겨진다.

본 연구에서는 연구대상을 7세에서 15세사이의 성장기 청소년으로 하였으며 Eklof<sup>15)</sup>, Greulich<sup>28)</sup>, Bo-

wden<sup>45)</sup> 등이 기술 한 바있는 골의 경화시기에 있어 남,녀간 차이를 고려하여 연구대상수의 설정에 있어서 가능한 동일 연대연령에서는 남, 녀간의 비를 일치시키고자 하였다. 하지만 개인의 성장은 연대연령에 있어 상당한 변이를 보이므로 실제 골성숙척도의 각 단계에서 남,녀간 비교를 시행하고자 한 경우에는 구간에 따라 연구대상수에 있어 남, 녀간에 상당한 차이를 나타내어 유의성 검정의 제한요인으로 작용하였다. 연구에 사용된 치열부위의 선정에 있어서는 상악의 구치는 여러 구조물들과 중복되어 판별이 용이하지 않으므로 제외하였으며 전치와 제1대구치는 이미 치근단의 폐쇄가 상당히 진행된 경우가 대부분이므로 제외하였다.

하악 견치는 Sandra<sup>40)</sup>와 Cherkow<sup>12)</sup> 등에 의해 다른 치아들에 비해 비교적 연관성이 높게 나타난다고 하였고, 하악 제2대구치도 일부 연구자들에 의해 연관성이 보고된 바 있어<sup>56,57)</sup> 본 연구에서는 이들 두 치아를 대상으로 다중회귀분석을 시행하여 수완부 방사선 사진 없이도 골성숙도를 추정할 수 있는 방법으로 개인의 연령과 성별, 하악 견치, 제2대구치의 발육 단계를 이용하는 모형을 만들고자 하였다. 회귀모델의 설정과 검증에 이르는 각 과정에 대한 고찰은 아래와 같다.

### 1. 골연령, 골성숙 지수와 연대연령과의 상관관계

본 연구에서 구한 골성숙 지수와 골연령의 평균(표 2-1, 2-2)의 경우 각 지표의 인접 단계간의 유의성 검정을 시행하지는 않았지만 표준편차가 인접 구간의 평균 차이보다 큰 경우가 많이 나타났다. 이와 같은 결과는 개인의 골성숙도는 연대연령에 있어 상당한 변이를 보이므로 단순히 특정 골성숙단계를 평균 연대연령만으로 추정하는 것은 상당한 오류를 범할 수 있다는 연구와 일치하는 결과로 사료된다. 또한, 각 구간에서의 평균연령은 연구대상의 연령분포와 연구수에 의해 영향을 많이 받음으로 연구자 간에 다소 차이를 보이며, 본 연구의 경우는 모든 연구대상이 7세에서 부터 15세사이에 속하므로 7세와 15세가 평균 연령의 제한요인으로 작용하였다. 하지만 골연령과 골성숙 지수의 변화에 따른 평균 연대연령의 변화추이를 살펴보면 골성숙도가 증가함에 따라 평균연령도 지속적인 증가양상을 보임을 알 수 있다. 이는 연대연령이 상당한 변이를 보이기는 하지만 골성숙도와 밀접한 연관을 가지는 변수임을 추정할 수 있다.

스피어만 분석(Spearman correlation analysis)을 통한 골성숙 지수와 골연령의 연대연령과의 상관관계(표 5-1, 5-2)를 살펴보면 골성숙 지수는 0.841, 골연령은 0.9의 높은 상관계수를 나타내며 이들 모두 통계학적 유의성을 나타내었다. 이와 같은 결과는 앞서서의 추정과 일치하는 결과로서 두 변수간의 선형적 강도가 매우 큼을 알 수 있으며 골성숙 지수에 비해 골연령의 연대연령과의 상관관계가 더 높음을 나타낸다.

### 2. 골성숙 지표의 성별에 따른 유의성 검증

골연령과 골성숙 지수의 각 단계별 평균 연대연령(표 3-1, 3-2)에서는 모든 단계에서 여자가 남자보다 작은 수치를 보였다. 이는 성장기의 골성숙도에 있어 여자가 남자보다 앞선다는 여러 연구와도 일치하는 결과로 생각된다<sup>28,36)</sup>. 그러나 Mann-Whitney test를 통한 유의성 검증에서는 골성숙 지수의 경우 SMI 1, 2, 4, 7, 8, 10에서 골연령의 경우는 5, 10, 14세에서만 이 남,녀간 통계학적 유의차( $p < 0.05$ )를 보였다. 이와같은 결과는 위에서 언급한 바 있는 각 단계별 연구대상 수와 남, 녀간의 분포에 있어서의 상당한 변이가 그 기여요인으로 작용하였으리라 사료된다.

### 3. 치아 발육단계와 연대연령, 골성숙과의 상관관계

기존의 Demirjiran 방법에 의해 치아발육을 평가한 예비연구에서 stage E, F, G 사이의 간격을 좀 더 세밀하게 구분해야 할 필요성이 제기되어 Demirjiran 방법을 변형한 새로운 평가법을 고안하였다.

Mann-Whitney test (표 4) 결과 성별에 따른 유의차는 하악 견치의 stage G에서만 관찰되었으며, 하악 견치와 하악 제2대구치의 골성숙 지수와와의 상관계수(표 5-1)는 각각 0.89와 0.825를 나타내며 통계학적 유의성( $p < 0.05$ )을 보였다. 골연령의 경우는 하악 견치와는 0.901을 하악 제2대구치와는 0.864의 상관계수를 보이면서 통계학적 유의성을 나타냈다.

이와같은 결과는 연구에 채택된 치아의 발육이 골성숙 지수, 골연령과 매우 강한 선형적 강도를 가짐을 나타내며 특히, 하악 견치의 발육이 하악 제2대구치에 비해 골성숙도와 좀 더 밀접한 관계를 가짐을 알 수 있다.



4. 골성속 지수와 골연령 추정을 위한 다중회귀모형

골성속 지수와 골연령을 종속변수로 하는 두개의 다중회귀모형을 연대연령, 성별, 하악 견치, 제2대구치의 4개의 독립변수를 이용하여 설정하였다. 회귀모형 설정의 예비연구로서 독립변수와 종속변수의 상관분석을 위해 피어슨 상관분석과 스피어만 상관분석을 시행하였으며 이에 대한 고찰은 앞서 살펴본 바 있다. 회귀모형의 적합도에 대한 검정(goodness of fit test)은 F-검정(표 6-1)을 이용하였다. 골연령과 골성속 지수에 관한 모형 모두에서 검정통계량으로부터 계산된 유의확률값이 0.001보다 작으므로 귀무가설을 기각하여 골연령과 골성속 지수는 연대연령, 성별, 하악 견치와 제2대구치의 발육단계에 의해 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

또한, 결정계수(R-square)가 골연령의 경우 0.839로서 골연령은 4개의 독립변수에 의해 83.9% 설명될 수 있음을 나타내고 골성속 지수의 경우는 0.869로서 86.9% 설명될 수 있음을 보였다. 일반적으로 결정계수는 독립변수의 수가 많아지면 증가하는 속성을 가지고 있어 종속변수를 설명하는데 설명력이 낮은 독립변수가 추가되더라도 결정계수는 증가하게 된다. 그에 반해 수정 결정계수(Adj R-sq)는 독립변수의 수가 많아진다고 해서 그 값이 증가하는 것이 아니며 오히려 불필요한 독립변수가 추가되면 그 값이 작아지는 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 수정 결정계수와 결정계수의 차이가 극히 미미한 것으로 보아 모형 설정에 있어 독립변수의 수가 적절히 조절되었으며 모형의 설명력도 매우 큰 값을 보임을 알 수 있다.

상관분석에서 독립변수 간의 상관관계가 비교적 큰 값을 보여 회귀분석의 유의성 검정의 제한요인으로 작용하는 다중공산성(multicollinearity)의 발생 가능성이 있으나 표 6-3의 각 독립변수의 분산확대인자(Variance Inflation Function)를 살펴보면 모든 값이 10 이하로 다중공산성의 문제는 없는 것으로 나타났다.

성별의 경우 명목변수임으로 1개의 가변수(dummy variable)를 만들어야 하나 남자의 경우는 1, 여자는 0의 값을 갖는 2개의 수준이므로 성별 변수 자체가 가변수가 될 수 있어 그대로 이용하였다. 하악 견치와 제2대구치의 경우 명목변수임으로 회귀분석을 시행하기 위해서는 각 발육단계의 구간(scale)의 설정이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 각 발육단계의 평균연령을(표 4)을 각 발육단계별 수치로 활용하였으

며, 이로 인해 하악 견치와 하악 제2대구치의 분산확대인자가 영향 받았으리라 사료된다.

회귀계수의 유의성에 대한 검정(표 6-2)에서는 t-검정 통계량 값이 연대연령, 성별, 하악 견치의 경우는 모두 유의확률이 0.0001로서 통계학적 유의성을 나타내었으나 하악 제2대구치의 경우에는 유의확률이 0.5760과 0.3078로 나타나 하악 제2대구치의 회귀계수는 종속변수의 추정에 있어 유의성이 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 그 회귀계수값이 0.0968과 0.090으로 극히 적은 값이며 수정 결정계수가 매우 큰 값을 고려하면 하악 제2대구치의 발육단계는 골연령과 골성속 지수의 추정에 있어 혼란요인으로 작용하리라고는 생각되지 않는다. 각 회귀계수값은 다른 독립변수들을 통제한 상태에서의 기울기를 표시함으로 골성속 지수를 위해 추정된 회귀식(골성속 지수 =  $0.60 \times$  연대연령 -  $1.67 \times$  성별 +  $0.88 \times$  하악견치 -  $0.05 \times$  하악 제2대구치 - 10.3)에서는 성별, 하악 견치와 제2대구치를 통제한 상태에서 연대연령이 증가함에 따라 골성속 지수가 0.60씩 증가함을 보이며, 성별에 따라 골성속 지수가 1.67만큼 영향을 받음을 나타낸다.

이상에서 살펴본 바와 같이 골연령과 골성속 지수를 83.9%와 86.9%의 설명력을 가지면서 추정할 수 있는 다중회귀모형은 골성속도 측정에 있어 새로운 방법의 고안이라는 면에서 그 의의를 찾을 수 있으리라 여겨지며, 연구대상의 확대를 동반한 앞으로의 계속적인 연구를 통해 골성속도 추정의 정확도를 더욱 증가시킬 수 있으리라 여겨진다.

V. 결 론

저자는 7세에서 15세까지의 한국인 남녀 아동 387명의 수완부 방사선 사진과 파노라마 사진을 이용하여 Fishman 방법과 Greulich와 Pyle 방법에 의해 골성속도를 평가하였으며 변형된 Demirjiran 방법에 의해 치아의 성숙도를 평가하여, 다중회귀모형을 이용한 수완부 골성속도의 추정에 관한 연구를 시행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 골성속 지수의 추정을 위한 아래의 다중회귀모형은 84%의 설명력을 나타내며 연대연령, 성별, 하악 견치의 회귀계수는 통계학적 유의성을 보였다.

$$\text{골성속 지수} = 0.60 \times \text{연대연령} - 1.67 \times \text{성별}$$

+ 0.88 × 하악 견치 - 0.05 × 하악 제2대구치 - 10.3  
(성별: 남자=1, 여자=0., 하악 견치, 제2대구치 : 각 발  
육단계별 평균연령)

2. 골연령의 추정을 위한 아래의 다중회귀모형은  
87%의 설명력을 나타내며 연대연령, 성별, 하악견치  
의 회귀계수는 통계학적 유의성을 보였다.

골연령 = 0.75 × 연대연령 - 0.55 × 성별 + 0.71  
× 하악 견치 + 0.09 × 하악 제2대구치 - 5.77  
성별: 남자=1, 여자=0., 하악 견치, 제2대구치 : 각 발  
육단계별 평균연령)

참 고 문 헌

1. Bergeson, E.O. : The adolescent facial growth spurt ; its prediction and relation to skeletal maturation, *Angle Orthod.*, 42 : 319-336, 1972.
2. Bjork, A. : Timing of interceptive orthodontic measures of maturation, 8th Congress Trans.Eur. Orthod. Soc., 61-74, 1972.
3. Bjork, A. and Helm, S. : Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height, *Angle Orthod.*, 37 : 134-143, 1967.
4. Bowden, B.D. : Sesamoin bone appearance as an indicator of adolescence. *Aust. Orthod. J.*, 26 : 242-248, 1971.
5. : Epiphyseal changes in the hand wrist area of indicators of adolescent stage. *Aust Orthod J.*, 87-104, 1976.
6. Brent, H. : Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am. J. Orthod.*, 107 : 58-66, 1995.
7. Broadbent, B.H. : A new X-ray technique and its application to orthodontia, *Angle Orthod.*, 1 : 45-66, 1931.
8. Broadbent, B.H., Golden, W.H. : Bolton standards of dentofacial growth. C.V. Mosby Co., Saint Louis, 1975.
9. Brown, T., Barret, M.H. : Facial growth and skeletal maturation at adolescence. *Tanalaagebladet*.
10. Buehl, C., Pyle, I. : The use of the age at first appearance of three ossification centers in determining the skeletal status of children. *J. Pediatr.*, 21 : 335-342, 1942.
11. Chertkow, S. : Tooth mineralization as an indicators of pubertal growth spurt, *Am. J. Orthod.*, 77 : 79-91, 1980.
12. Chertkow, S, Fatti, P. : The relationship between tooth mineralization and early evidence of the ulnar sesamoid. *Angle Orthod.*, 49 : 282-288, 1979.
13. Demirjian, A., Buschang, P.H. : Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental and sexual maturity. *Am. J. Orthod.*, 88 : 433-438, 1985.
14. Demirjian, A., Goldstein, H., Tanner J.M. : A new system of dental age assessment. *Human Biol.*, 45 : 211-227,

- 1973.
15. Eklof, O. : A new method for assessment of skeletal maturity. *Ann Radiol.*, 10 : 330, 1967.
16. Engstrom, E. : Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronologic age. *Angle Orth.*, 53 : 97-106, 1983.
17. Fishman, L.S. : A longitudinal cephalometric study of the normal craniofacial profile, utilizing a proportional analysis of skeletal, soft tissue and dental structures. *International Dental J.*, 19 : 351-379, 1969.
18. : Chronological age versus skeletal age, an evaluation of cranio-facial growth. *Angle Orthod.*, 49 : 181-189, 1979.
19. : Radiological evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films, *Angle Orthod.*, 52 : 89-112, 1982.
20. : Maturation patterns and prediction during adolescence. *Angle Orthod.*, 57 : 178-193, 1987.
21. Flory, C.D. : Osseous development in the hand as an index of skeletal development. *Monogr Soc Res Child Dev I(3)* : 141, 1936.
22. Garn, S.M., Rohmann, C.G. : Variability in the order of ossification of the bony centers of the hand-wrist. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 18 : 219-230, 1960.
23. : The adductor sesamoid of the thumb. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 20 : 297-302, 1962.
24. : Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am. J. Orthod.*, 82 : 299-309, 1982.
25. Garn, S.M., Rohmann, C.G., Silverman, F.N. : Radiographic standards for postnatal ossification and tooth calcification. *Med Radiogr Photogr.*, 43 : 45-46, 1967.
26. Grave, K.C., Brown, T. : Hand and head roentgenographs on one film. *Aust. Dent. J.*, 17 : 331-332, 1972.
27. : Carpal radiolgraph in orthodontic treatment. *Am. J. Orthod.*, 75 : 27-45, 1979.
28. Greulich, W.W., Pyle, S.I. : Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford:Stanford University Press 1959
29. Hagg, U., Taranger, J. : Skeletal stages of the hand and wrist as Indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.*, 38 : 187-200, 1980.
30. Helm, S., Siersbaek-Nielsen, S. : Skelatal matuation of the hand in relation to maximum pubertal growth spurt in body height, *Dan. Dent. J.* 75 : 1223-1234, 1971.
31. Helosio, R.L. : Skeletal age assessment using the first, second, and third finger of the hand. *Am. J. Orthod.*, 92 : 492-498, 1987.
- 32 Houston, W.J.B. : Relationship between skelatal maturity estimated from hand wrist radiographs and the timming of the adolescent growth spurt. *Eur J Orthod.*, 2 : 81-93, 1980.
33. Houston, W.J.B., Miller, J.C. : Prediction of the timing of

- the adolescent growth spurt from ossification events in hand-wrist films. *Br. J. Orthod.*, 6 : 145-152, 1979.
34. Hunter, C.J. : The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod.*, 36 : 44-54, 1966.
  35. Lamparski, D. : age assessment utilizing cervical vertebrae. Pittsburgh, University of Pittsburgh. 1972.
  36. Marshall, W.A. : Interrelationship of skeletal maturation, sexual development and somatic growth in man, *Ann Hum Biol.*, 1 : 29-40, 1974.
  37. Marshall, W.A., Tanner, J.M. : Growth and physiological development during adolescence. *Annu Rev Med* 19 : 283-300, 1968.
  38. Onat, T., Numan-Cebeci, E. : Sesamoid bones of the hand : relationships to growth, skeletal and sexual development in girls. *Hum Biol* 48 : 659-676, 1976.
  39. Robinow, M., Richards, T.W. : The eruption of deciduous teeth. *Growth*, 6 : 127-31, 1961.
  40. Sandra, C., Peter, H. Buschang, J.H. : Relationship between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *Am. J. Orthod.*, 103 : 262-268, 1993.
  41. Seymour, C. : Tooth mineralization as an indicator of the pubertal growth spurt. *Am. J. Orthod.*, 77 : 79-91, 1980.
  42. Sierra, A.M. : Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *Angle Ortho.*, 57 : 194-298, 1987.
  43. Simmons, K., Greulich, W.W. : Menarcheal age and the height, weight, and skeletal age of girls aged 7 to 17 years. *J Pediatr* 22 : 518-548, 1943.
  44. Singer, J. : Physiologic timing of orthodontic treatment, *Angle Orthod.*, 50 : 4, 322-333, 1979.
  45. Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Healy, M.J.R., Goldstein, H. : Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height, (TW2 method). New York:Academic Press, 1975.
  46. Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Marubini, E. : The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann. Hum. Biol.*, 3 : 109-129, 1976.
  47. Taranger, J., Hagg, U. : The timing and duration of adolescent growth, *Acta Orthod. Scand.* 38 : 57-67, 1980.
  48. Todd, T.W. : Atlas of skeletal maturation. (Part I), London, 1937.
  49. 김석훈, 정규림 : 정상교합자와 부정교합자의 골성숙도 차이에 관한 연구. *대한치과교정학회지*, 20 : 111-121, 1990.
  50. 김선미 : 정상교합자의 악골성장과 수완부골 성숙단계에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 23 : 9-17, 1996.
  51. 김여미 : 골격성 III급 부정교합자의 두개안면부 성장과 수완부 골성숙 단계에 관한 연구, *서울치대 논문집*, 16 : 305-325, 1987.
  52. 김중기 : 모지척측종자골의 출현에 관한 방사선학적 연구. *대한치과교정 학회지*, 6 : 7-15, 1976.
  53. 김진태 : 영구치 치배형성에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 5 : 7-11, 1965.
  54. 김형일 : 부정교합자의 사춘기 성장과 수완부 골성숙단계에 관한 5년적 연구. *대한치과교정학회지*, 19:123-135, 1989.
  55. 박진성 : 정상교합자의 사춘기 성장과 수완부 골성숙단계에 관한 연구. *대한치과교정학회지*, 5 : 197-211, 1985.
  56. 양규호 : 한국인 아동의 사춘기 성장과 수완부골 성숙 단계, 치아 석회화 도에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 19 : 16-29, 1992.
  57. 이미라, 이상호 : 한국인 사춘기 성장기에서의 수완부 골성숙도와 치아 발육에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 19 : 215-228, 1992.
  58. 차경석, 서정훈 : 정상교합자의 치아석회화 과정과 사춘기 성장에 관한 연구. *서울치대논문집*, 11 : 327-339, 1987.

-ABSTRACT-

### Study on estimating skeletal maturity of hand-wrist using multiple regression model

Kyung-Ho Kim, Hyung-Seog Yu, Suk-Hyun Kim

*Department of Orthodontics, College of dental medicine, Yonsei University*

The evaluation of growth potency can be done with many physiologic indicators. It has been well known that skeletal maturity has a close relation with both sexual maturity and somatic maturity, but the correlation between skeletal maturity and dental maturity was believed to be less certain. But, recent studies show that specific teeth,

including lower canines, present close correlations with skeletal maturity. So, in this study, we studied hand-wrist X-ray films and orthopantomograms of 387 Korean boys and girls aged from 7 to 15; the purpose was to determine skeletal and dental maturity, and to find out a new method to estimate individual skeletal maturity using multiple-regression model, without the help of hand-wrist X-ray film.

As a result of this study, followings were observed.

1. The following multiple-regression model can estimate skeletal maturity index (SMI) with 84% of accuracy, and regression coefficient of chronologic age, sex and lower canine show statistical significance.

$$\text{SMI} = 0.60 \times \text{chronologic age} - 1.67 \times \text{sex}^{**} + 0.88 \times \text{lower canine}^* - 0.05 \times \text{lower 2nd molar}^* - 10.3$$

\* : mean age corresponding each developing atage,

\*\* : male = 1, femal = 0

2. The following multiple-regression model can estimate skeletal age with 87% of accuracy, and regression coefficient of chronologic age, sex and lower canine show statistical significance.

$$\text{Skeletal age} = 0.75 \times \text{chronologic age} - 0.55 \times \text{sex}^{**} + 0.71 \times \text{lower canine}^* - 0.09 \times \text{lower 2nd molar}^* - 5.77$$

\* : mean age corresponding each developing atage,

\*\* : male = 1, femal = 0

KOREA. J. ORTHOD. 1997 ; 27 : 853-864

※ **Key words** : Skeletal maturity, Skeletal age, Dental maturity, Multiple regression model