

하악골 성장 지표로서 경추골 성숙도의 유용성

최봉선 · 최남기 · 김선미 · 양규호 · 정성수

전남대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 및 치의학 연구소 및 2단계 BK21 사업단

국문초록

하악골 성장을 평가하는 데 경추골 성숙도가 수완부골 성숙도만큼 유용한가 규명하고자 본 연구를 시행하였다. 정상교합을 가진 만 8세~만 16세 여성 292명을 연구대상으로 하여 진단석고모형, 측모두부규격방사선사진, 그리고 수완부방사선사진을 이용하여 경추 및 수완부의 골성숙도를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연령 증가에 따라 경추 및 수완부의 골성숙도가 일정하게 증가하였다.
 2. 경추골 성숙도가 증가할수록 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me이 일정하게 증가하였다.
 3. 수완부골 성숙도가 증가할수록 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn이 일정하게 증가 하였다.
 4. 경추골 성숙도 3단계와 4단계 사이에서 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn이 크게 증가하였고, 수완부골 성숙도 6단계와 7단계 사이에서 Go-Me, S-Gn이 크게 증가 하였다.
 5. Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me은 경추 및 수완부 골성숙도와 각각 유의 한 상관성을 보였다.
- 이상의 결과는 하악골 성장을 평가하는 데에 경추골 성숙도가 수완부골 성숙도처럼 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다.

주요어 : 경추골 성숙도, 수완부골 성숙도, 하악골 성장

I. 서 론

두개 안면부는 그 성장 양상이 복잡하여 부위별로 성장속도, 성장량, 성장방향 등이 다르다. 골격성 부정교합은 성장의 양상에 따라 치료 방법이 다르기 때문에 효과적인 치료를 위해 성장에 대한 정확한 이해가 필수적이다¹⁻⁴. 신체의 최대 성장기에 부정교합이 더욱 심해지므로 골격성 부정교합의 적절한 치료를 위해서는 이 시기에 성장을 억제 또는 촉진하는 것이 치료에 효과적이다^{5,6}. 두개 안면부 가운데 하악골의 성장이 두개저와 상

악골보다 중요시되는데 두개저와 상악골은 하악골보다 비교적 초기에 성장이 완료되며 이 때 주로 하악골에 의해 안면의 수직적 성장이 이루어지고 하악골의 위치와 형태에 의해 악골의 수평적 부조화가 초래된다⁷.

두개 안면부의 성장을 평가하는 방법으로 연령, 신장, 체중, 골성숙도, 치아 성숙도, 2차 성징 등이 사용될 수 있다. 최근에는 골성숙도를 이용한 방법이 두개 안면부의 성장을 측정하는 지표가 되었다⁸⁻¹¹. 골성숙도는 특정골의 초기 출현과 그 이후에 일어나는 화골과정에 골의 형태와 변화를 관찰하여 개인의 성장 정도를 판단하는 방법으로서 성적 성숙도와 신장의 변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 골성숙도 평가는 화골과정을 용이하게 관찰할 수 있는 수완부, 경추, 팔굽 부위, 무릎 부위, 발목 부위 등에서 이루어지는데 그 중에서도 특히 수완부의 화골상태가 가장 많이 이용된다.

수완부는 성숙 종료에 이르기까지 화골현상이 계속 진행되고

교신저자 : 양 규 호

광주광역시 동구 학동 8번지

전남대학교병원 소아치과학교실

Tel: 82-62-220-5476

E-mail: hellopedo@hanmail.net

다양한 골변화 양상을 보여 주며 시기별로 화골현상이 비교적 뚜렷이 구별되기 때문이다^{12,13}. 1937년 Todd¹⁴에 의해 수완부 화골상태의 측정방법이 구체적으로 제시되었다. 1970년대에 이르러 Todd의 연구를 계승한 Greulich와 Pyle¹⁵의 연구를 바탕으로 하여 미국보건통계국에서 미국인 수완부의 골격성숙표준치를 설정하기에 이르렀다. 그 후 1979년 Singer¹⁶가 수완부의 골성숙도를 갈고리뼈(hamate bone)와 콩알뼈(pisiform bone)의 골화까지 포함한 새로운 분류법을 제시하였으며, 1982년 Fishman¹⁷은 안면부 성장은 수완부 방사선사진의 성장 단계 변화와 일치함을 보고 11단계의 수완부골 성숙도 즉 skeletal maturity indicators(SMI)가 제안되어 임상에서 널리 이용되고 있다.

수완부 다음으로 많은 연구가 되고 있는 경추는 안면성장과 연관되며 연령이 증가하면서 전방으로 만곡이 증가하고 각 경추 사이의 간격이 좁아지며 추체(vertebra)의 변연이 뚜렷해진다¹⁸. Lamparski¹⁹는 경추를 이용하여 골령을 평가하여 cervical vertebrae maturation stages(CVS)를 제안하였고 성장을 평가하는 데 수완부만큼 적절함을 보고하였으며 측모두부규격방사선사진에 경추가 관찰되므로 필요 이상의 방사선 노출을 줄일 수 있는 장점이 있다고 보고하였다. 또한 O'Reilly와 Yanniello²⁰는 하악의 성장이 경추의 골령과 높은 상관관계가 있음을 발표하였고 국내에서도 경추와 수완부와의 상관성에 관한 연구가 보고되었다^{21,22}.

그러나 경추가 수완부와 높은 상관성이 있다는 연구가 있음에도 불구하고 현재까지는 수완부보다 어느 정도 더 우수한 결과를 가져오는지 하악골 성장 계측항목별로 서로 비교우위 분석한 연구는 부족하였다. 이러한 이유로 임상에서는 아직도 전부터 사용해 오던 수완부를 하악골 성장을 평가하는 데 많이 이용하고 있다. 이에 저자는 경추가 수완부만큼 하악골 성장을 평가하는 데 유용한지 규명하고자 하악골 성장기에 있는 동일인에 대해 같은 날에 촬영한 측모두부규격방사선사진과 수완부 방사선사진을 분석하여 하악골 성장을 평가하는 계측항목별로 경추골 성숙도와 수완부골 성숙도를 비교하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

2003년부터 2006년까지 전남대학교병원 소아치과에 내원한 만 8세부터 만 16세 사이의 여자 초등학생 및 고등학생으로서 전신질환이 없고 발육상태가 양호하며 비교적 정상교합을 가지고 있는 292명을 연구대상으로 하였다. 남자가 아닌 여자를 연구대상으로 한 이유는 사춘기 최대 성장기를 비교분석한 연구가 여자를 대상으로 한 것이 많고 남자에 비해 성장이 멈추는 시기가 더 빠르므로 자료수집에 있어서 수월하기 때문이다. 연구대상자의 연령별 분포는 Table 1과 같다.

Table 1. Age Distribution

Age	Distribution
8	32
9	42
10	41
11	35
12	41
13	32
14	29
15	21
16	19
Total	292

2. 연구방법

가. 하악골 성장평가

하악골의 성장을 평가하기 위하여 측모두부규격방사선사진에서 여섯 군데의 계측점을 정하고 이 계측점을 연결한 선으로 다섯 가지의 계측항목을 정하였다. 여섯 군데의 계측점은 S, N, Gn, Ar, Go, Me으로서, S는 안장(sella turcica)의 중심점, N은 이마코봉합(frontonasal suture)에서 가장 앞쪽으로 나온 점, Gn은 턱앞점(Pog)과 턱아랫점(Me)에 의해 형성된 각을 이등분한 점, Ar은 머리뼈아래바닥면(inferior cranial base surface)과 아래턱뼈관절융기(mandibular condyle)의 아랫면이 만나는 점, Go는 아래턱각(jaw angle)에서 가장 아래에 있고 뒤에 있으면서 바깥쪽 방향으로 나와 있는 점, Me은 아래턱의 결합부위에서 가장 아래에 있는 점으로 하였다. 이 여섯 군데의 계측점을 이용하여 다섯 가지 항목, 즉 아래턱각의 높이(ramus height), 아래턱 몸통의 길이(mandibular body length), 얼굴깊이(facial depth), 얼굴길이(facial length), 앞쪽 얼굴높이(anterior facial height)를 측정하였다. 이 때 아래턱각의 길이는 Ar와 Go을 연결한 선의 길이, 아래턱 몸통의 길이는 Go과 Me을 연결한 선, 얼굴깊이는 N과 Go의 연결선, 얼굴길이는 S와 Gn을 연결한 선, 앞쪽 얼굴높이는 N과 Me의 연결선의 길이로 하였다(Fig. 1).

나. 경추골 성숙도 평가

경추골 성숙도는 Lamparski¹⁹가 고안한 분류법으로 평가하였다. 즉, 측모두부규격방사선사진으로 촬영한 제2경추부터 제6경추까지 경추 몸통의 형태를 관찰하여 제1단계부터 제6단계로 분류하였다(Fig. 2).

다. 수완부골 성숙도 평가

수완부골 성숙도는 Fishman¹⁷이 고안한 방법으로 분류하였다. 즉, 경추골 방사선사진을 얻은 같은 날 촬영된 동일 환자의 수완부 골형태를 골단의 폭과 골간의 폭이 같아지는 단계, 골화

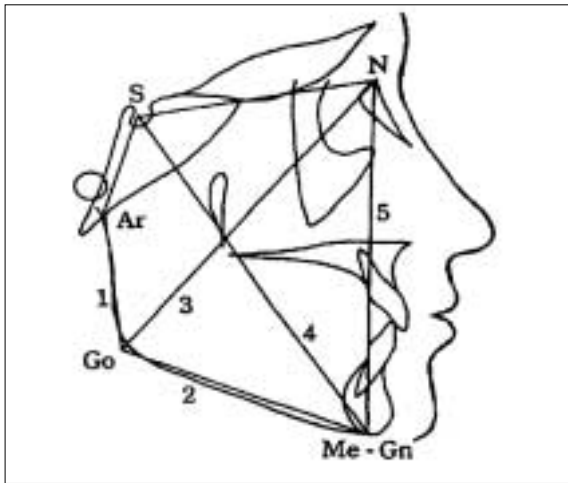


Fig. 1. Landmarks and Measurements.

Landmarks

- S :The center of sella turcica(Sella).
- N :The most anterior point of the frontonasal suture(Nasion).
- Gn :A bony point by bisecting line of angle which formed by Pog and Me on the contour of chin(Gnathion).
- Ar :The point of intersection of the inferior cranial base surface and the posterior surface of the mandibular condyle(Articulare).
- Go :The point on the jaw angle which is the most inferiorly, posteriorly, and outwardly direction(Gonion).
- Me :The most inferior point on the symphyseal outline(Menton).

Measurements

1. Ar-Go(Ramus height) : Distance between Ar and Go.
2. Go-Me(Mandibular body length) : Distance between Go and Me.
3. N-Go(Facial depth) : Distance between N and Go.
4. S-Gn(Facial length) : Distance between S and Gn.
5. N-Me(Ant. facial height) : Distance between N and Me.

단계, 골단의 모자형성단계, 골단의 융합단계 등으로 관찰하여 제1단계부터 제11단계로 분류하였다(Fig. 3).

라. 통계학적 분석

연구대상자 가운데 50명의 동일한 측모두부규격방사선사진과 수완부방사선사진을 무작위로 골라 1주 후 재검사하여 경추 및 수완부의 골성속도를 다시 측정하였다. 이 때 저자의 처음 검사와 재검사 사이의 측정오차를 Dahlberg²³⁾식을 이용하여 계산하였다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum D^2}{2N}}$$

S : 측정오차 D : 일치하지 않은 정도 N : 연구대상자 수

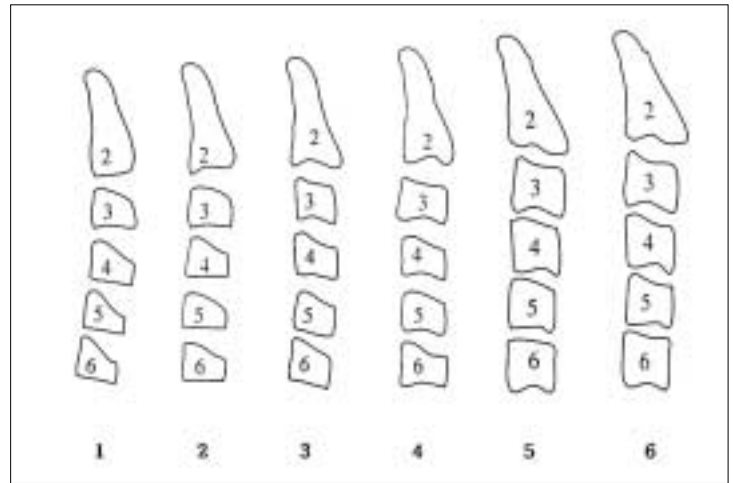


Fig. 2. Maturation stages of cervical vertebra.

Developmental Stages

- CVS 1 : All inferior borders of the bodies are flat. The superior borders are strongly tapered from posterior to anterior.
- CVS 2 : A concavity has developed in the inferior border of the 2nd vertebra. The anterior vertical heights of the bodies have increased.
- CVS 3 : A concavity has developed in the inferior border of the 3rd vertebra. The other inferior borders are still flat.
- CVS 4 : All bodies are now rectangular in shape. The concavity of the 3rd vertebra has increased, and a distinct concavity has developed on the 4th vertebra. Concavity on the 5th and the 6th are just beginning to form.
- CVS 5 : The bodies have become nearly square in shape, and the spaces between the bodies are visibly smaller. Concavities are well defined on all bodies.
- CVS 6 : All bodies have increased more vertically than horizontally. All concavities have deepened.

또한 측정신뢰도는 Kendall's tau-b를 이용하여 Intraclass correlation coefficient로 조사하였다.

분류된 자료를 SPSS 통계프로그램을 이용하여 경추 및 수완부의 골성속도에 해당되는 평균연령 및 평균과 표준편차를 구하였다. 하악골 성장 계측항목과 경추 및 수완부의 골성속도와 상관관계를 알아보려고 Spearman's correlation coefficient를 이용하여 분석하고 각 계측항목별로 두 골성속도가 유의한 차이가 있는지를 알아보려고 Multivariate analysis of variance를 이용하여 검정하였다.

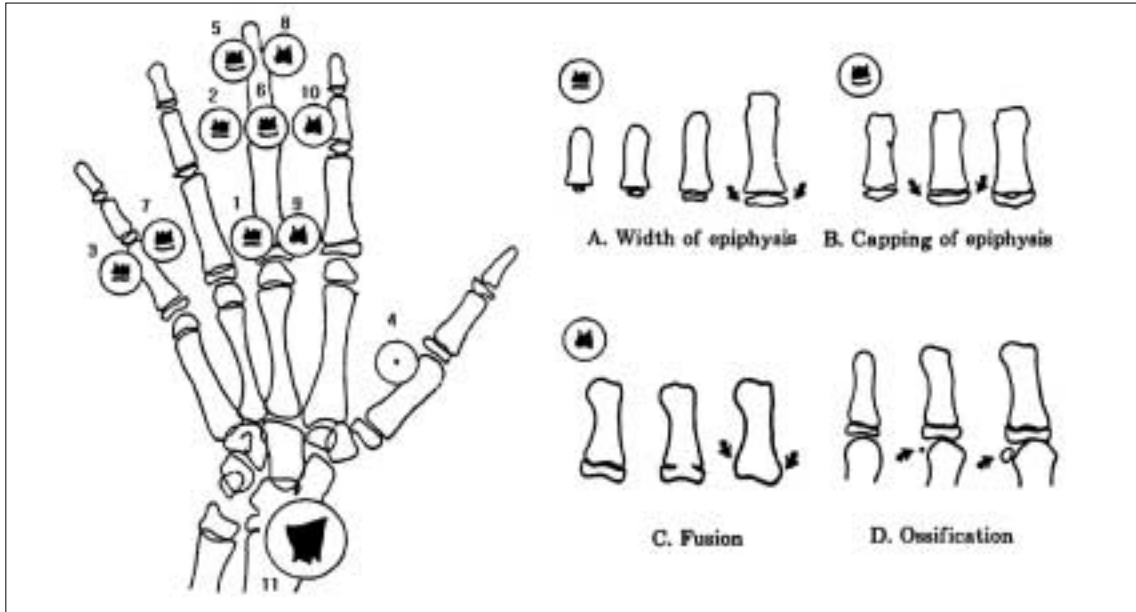


Fig. 3. Maturation stages of hand-wrist area.

- SMI 1 : Epiphysis at the proximal phalanx of the middle finger is as wide as the diaphysis.
- SMI 2 : Epiphysis at the middle phalanx of the middle finger is as wide as the diaphysis.
- SMI 3 : Epiphysis at the middle phalanx of the fifth finger has the same width as the diaphysis.
- SMI 4 : Ossification of adductor sesamoid of thumb is visible.
- SMI 5 : Diaphysis is covered by the cap-shaped epiphysis at the distal phalanx of middle finger.
- SMI 6 : Diaphysis is covered by the cap-shaped epiphysis at the middle phalanx of middle finger.
- SMI 7 : apping of epiphysis at the middle phalanx of the fifth finger is visible.
- SMI 8 : Fusion of epiphysis and diaphysis at the distal phalanx of the middle finger is visible.
- SMI 9 : Fusion of epiphysis and diaphysis at the proximal phalanx of the middle finger is visible.
- SMI 10 : Visible fusion of epiphysis and diaphysis at the middle phalanx of the middle finger.
- SMI 11 : Complete fusion of epiphysis and diaphysis of radius.

Ⅲ. 연구성적

경추골 성숙도 재검사에서 50명 중 2명이 처음 결과와 다르게 나왔고 수완부골 성숙도 재검사에서 5명에서 다른 결과를 나타내었다. 오차범위는 모두 1단계의 오차를 보였다. Dahlber²³⁾ 식에 의한 경추골 성숙도의 측정오차는 0.14이고 수완부골 성숙도의 측정오차는 0.22이었고, 측정신뢰도를 intra-class correlation coefficient로 구한 결과 경추골 성숙도에서는 0.96이고 수완부골 성숙도에서는 0.98이었다($p < 0.01$) (Table 2). 연령에 따라 경추 및 수완부의 골성숙도는 일정하게 증가하였다(Fig. 4).

Table 2. Reproducibility error

	CVS	SMI
S	0.14	0.22
ICC	0.96**	0.98**

S: Test error by Dahlberg's formulae

ICC: Intraclass correlation coefficient by Kendall's tau-b

** $p < 0.01$

Table 3은 각 경추골 성숙도에 해당되는 하악골 계측항목 (Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me)의 평균과 표준편차를 보인다. 모든 계측항목의 측정값은 경추골 성숙도가 증가함에 따라 일정하게 증가하였다. 또한 수완부골 성숙도가 증가함에 따라

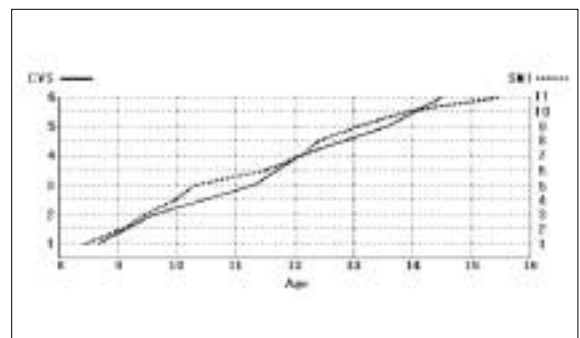


Fig. 4. Cervical vertebrae and hand-wrist maturation stages increased with age. CVS : Cervical Vertebrae maturation Stages. SMI : Skeletal Maturity Indicators.

Table 3. Mean measurements at each CVS (mm)

CVS	Ar-Go*		Go-Me*		N-Go*		S-Gn*		N-Me*	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1	42	4	68	4	111	5	119	6	113	6
2	43	3	69	4	113	5	121	7	117	5
3	43	5	71	3	115	6	123	7	120	5
4	46	4	74	5	118	5	131	7	122	5
5	49	4	76	4	120	5	136	6	125	6
6	50	3	77	5	122	5	139	6	128	5

* measurements increased linearly

Table 4. Mean measurements at each SMI (mm)

CVS	Ar-Go*		Go-Me*		N-Go*		S-Gn*		N-Me*	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1	41	4	68	4	110	6	120	5	113	5
2	41	3	69	5	111	8	120	10	114	7
3	42	3	69	4	113	5	121	6	117	7
4	42	5	70	3	115	5	121	6	118	5
5	43	5	71	3	115	7	124	9	119	7
6	45	5	72	5	116	6	126	9	121	5
7	47	4	74	5	117	6	131	7	122	6
8	47	3?	75	4	118	6	134	6	125	5
9	48	4	76	5	119	5	135	8	124	6
10	48	3	76	4	119	6	137	7	126	7
11	51	3	77	3	122	5	137	4	127	5

* measurements increased linearly

Table 5. Correlation between bone maturity and cephalometric measurements

	CVS	SMI
Ar-Go	0.66**	0.58**
Go-Me	0.63**	0.62**
N-Go	0.57**	0.52**
S-Gn	0.74**	0.70**
N-Me	0.62**	0.56**

** p < 0.01

Table 6. Statistical evaluation on the differences between bone maturities assessed by CVS and SMI (Multivariate analysis of variance)

	Ar-Go	Go-Me	N-Go	S-Gn	N-Me
f-value	1.15	1.46	2.56**	1.18	1.54
p-value	0.32	0.12	0.00**	0.29	0.09

** p < 0.01

따라 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn이 일정하게 증가하였고 N-Me에서는 SMI 8단계와 9단계 사이를 제외하고 일정하게 증가하였다(Table 4). 경추골 성숙도에서는 계측항목 중 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn은 3단계와 4단계 사이에서 크게 증가하였고 수완부골 성숙도에서는 Go-Me, S-Gn은 6단계와 7단계 사이에서 크게 증가하였다.

하악골 계측항목에서 경추 및 수완부의 골성숙도와 상관관계를 조사한 바 양자 모두 강한 상관성을 나타내었다($r = 0.52 \sim 0.74, p < 0.01$)(Table 5). 다섯 계측항목 중 Ar-Go, Go-Me, S-Gn, N-Me에서 두 골성숙도간에 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.01$)(Table 6).

IV. 고 찰

경추를 이용한 악골과의 연관성에 관한 연구보고들은 그 신뢰성이 아직 미흡한 실정이다. 측두두부규격방사선사진에서 대부분 경추의 측면 형태를 관찰할 수 있으며 이 형태적 특성은 사춘기 성장 기간 동안 명백한 양상으로 변화하게 된다^{24,25}. 1972년 Lamparski¹⁹)는 골성숙도를 평가하는 데 경추는 임상적으로 수완부처럼 신뢰할 수 있다고 하여 10~15세 남녀를 대상으로 6단계의 경추골 성숙도를 제시하였다. 최근에는 경추와 수완부의 상관성, 경추와 하악골과의 상관성, 그리고 새로운 경추골 성숙도에 대한 더 세밀한 연구들이 보고되었다²⁶⁻³¹).

본 연구에서는 하악골 성장을 평가하는 데 경추골 성숙도가 수완부골 성숙도만큼 유용한가 조사하였다. 동일인에 대해 같은 날에 찍은 측모두부규격방사선사진과 수완부방사선사진을 평가하여 경추 및 수완부골 성숙도를 함께 조사한 후 하악골 성장을 나타내는 계측항목(Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me)에서 두 골성숙도를 비교 연구하였다. 안면성장을 나타내는 여러 가지 계측항목 가운데 하악골 성장을 평가하는 데 가장 신빙성이 있는 것으로 여겨지는 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me를 대상으로 경추골 성숙도와 수완부골 성숙도를 비교하였다.

저자의 측정오차를 알기 위해 연구대상자 292명 중에서 50명의 측모두부규격방사선사진과 수완부방사선사진을 처음 검사에서 1주 후 무작위로 재검사하였다. Dahlberg²³⁾식으로 계산한 결과 경추골 성숙도의 측정오차는 0.14이고 수완부골 성숙도의 측정오차는 0.22이었다(Table 2). 골성숙도를 평가할 때 방사선사진의 선명도에 따라 저자의 주관적인 면이 많이 작용한다. 이를 최소화하기 위해 가능한 한 선명도가 높은 방사선사진을 가진 사람을 연구대상자로 택함으로써 재검사 오차수치를 비교적 줄였다. 수완부골 성숙도에서 측정오차가 많이 나온 이유는 11단계이므로 6단계의 경추골 성숙도보다 더 세분화됐기 때문으로 사료된다. 즉 수완부골 성숙도는 각 단계 사이에 계측치의 변화가 더 작아 경추골 성숙도에서 나타난 계측항목의 일정한 크기 변화는 기대하기 어렵다(Table 3, 4). 또한 저자의 측정신뢰도를 평가하기 위해 Kendall's tau-b로 일치도 검정을 하여 intraclass correlation coefficient를 구하였다(Table 2). 그 결과 경추골 성숙도에서는 0.96이고 수완부골 성숙도에서는 0.98로 약간 더 높았다($p < 0.01$). Flores-Mir 등³⁰⁾은 경추 및 수완부골 성숙도의 상호연관성 연구에서 연구자의 신뢰도를 intraclass correlation coefficient로 구한 결과 경추골 성숙도에서는 0.89이고 수완부골 성숙도에서는 0.99이라고 하여 수완부가 더 높은 신뢰도를 보였다고 보고하였다. 이는 일반적으로 측모두부 방사선규격사진이 수완부방사선사진보다 선명도가 낮은 경우가 더 많아서인 것으로 추정되는데 저자는 이를 감안하여 측모두부규격방사선사진을 선명할 때 선명도가 높은 방사선 사진이 있는 연구대상자를 택함으로써 경추골 성숙도의 측정신뢰도를 높였다.

경추 및 수완부의 골성숙도별로 평균연령을 조사한 결과 골성숙도는 연령과 상관을 보였다(Fig. 4). 경추골 성숙도가 1단계 증가하면 연령은 0.83세에서 1.61세까지 증가하였다. 수완부골 성숙도 또한 1단계 증가하면 연령은 0.23세에서 1.53세까지 증가하였다. 김 등³²⁾은 여자의 경우 경추골 성숙도의 각 단계 사이가 0.82세에서 1.86세이고 수완부골 성숙도에서는 0.27세에서 1.76세라고 보고하여 본 연구의 각 단계별 연령 차이와 비슷하였다. Šidlauskas 등³³⁾은 수완부골 성숙도별로 연령증가폭에 대한 연구에서 조기 성숙자와 지연 성숙자 모두 SMI 10단계와 11단계 사이에서 연령증가폭이 타 구간보다 비교적 크고 SMI 2단계와 3단계 사이에서 적다고 보고하였는데,

본 연구에서도 SMI 10단계와 11단계 사이에서는 1.53세로 증가폭이 가장 크고 SMI 2단계와 3단계 사이에서는 0.33세로 비교적 작았다.

골성숙도의 각 구간들이 비슷한 연령증가폭을 가져야 하악골 성장속도를 보다 정확히 평가할 수 있다. 연령폭이 다른 구간보다 긴 구간에서 하악골 길이가 많이 증가한다고 해도 성장속도가 빠른 구간이라 할 수 없고 연령폭이 서로 비슷한 구간들 사이에 하악골 길이가 많이 증가한 구간이 성장속도가 빠르다고 할 수 있기 때문이다. Fishman¹⁷⁾이 제한한 수완부골 성숙도가 이 부분에서 단계별로 비슷한 연령폭을 갖도록 보완할 필요가 있다고 생각한다.

경추골 성숙도가 증가할수록 모든 하악골 계측항목(Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me)은 일정하게 증가하였다(Table 3). N-Me에서 SMI 8단계와 9단계 사이를 제외하고는 수완부골 성숙도에서도 일정하게 증가하였다(Table 4). 하악골 계측항목과 골성숙도를 비교한 연구들에서도 골성숙도가 증가할수록 계측항목이 일부 구간을 제외하고는 일정한 증가를 보고하였다³⁴⁻³⁷⁾. 이 연구들은 신체의 골격들이 매우 유사하게 성장하고 있음을 보여준다.

경추골 성숙도 3단계와 4단계 사이에서 계측항목 중 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn의 하악골 길이가 크게 증가하였다. 수완부골 성숙도 6단계와 7단계 사이에서 Go-Me, S-Gn이 크게 증가하였다. 이 결과는 경추골 성숙도에서는 3단계와 4단계 사이에서, 수완부골 성숙도에서는 6단계와 7단계 사이에서 하악골 최대 성장기임을 시사하였다. 여자의 경우, 최대 성장기는 수완부골 성숙도를 사용하는 경우는 Fishman¹⁷⁾은 SMI 5단계에서, 빅³⁸⁾은 SMI 6~7단계에서, 김과 서³⁹⁾는 SMI 4단계보다 6개월이 늦게 발생한다고 보고하였으며, 김과 이⁴⁰⁾는 SMI 6~7단계에서 가장 많이 발생한다고 하였다. 또한 경추골 성숙도를 이용한 연구에서는 O'Reilly와 Yaniello²⁰⁾은 CVS 3~4단계에서, Garcia-Fernandez 등⁴¹⁾도 CVS 3~4단계에서, 배 등⁴²⁾은 주로 3~4단계이지만 일부 계측항목에서만 4~5단계라고 보고하였다. 이 기간에서의 여자 연령은 경추골 성숙도에서는 11.24세에서 12.08세이고 수완부골 성숙도에서는 11.58세에서 12.18세이었다.

일정하게 증가한 계측항목(Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn)과 비록 일정하지는 않지만 8~9단계 사이에서만 미소한 감소한 N-Mn까지 포함해서 경추 및 수완부의 골성숙도와의 상관관계를 비모수적인 방법인 Spearman's correlation analysis로 조사하였다(Table 5). 그 결과 모든 계측항목에서 하악골 성장은 두 골성숙도와 강한 상관성을 나타내었다($r = 0.52 \sim 0.74$, $p < 0.01$). 다섯 계측항목 중 Ar-Go, Go-Me, S-Gn, N-Me에서 두 골성숙도간에 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.01$)(Table 6). Mitani와 Sato⁴³⁾는 일본인 여자의 하악체 길이 성장을 연령별로 경추 및 수완부의 길이 성장과 비교한 결과만 12세 이하의 경우는 수완부가 경추보다 하악체 길이 성장과 상관성이 더 높고 만 13세 이상의 경우는 경추가 수완부보다

더 높다고 보고하였다. 이는 하악골 성장은 시기별로도 매우 복잡하여 다양한 골성속도로 평가해야 함을 의미한다. 두 골성속도에서 하악골 수평 성장을 의미하는 Go-Me, S-Gn이 비교적 상관관계가 높았는데 이는 하악체의 길이 증가가 골성속도와 상관관계가 높다는 Johnston 등⁴⁴⁾의 연구와 일치한다. 이 결과는 하악골 성장은 계측항목별로 성장 방향이 수직, 수평 등 복잡하고 성장 가속도 시점도 약간씩 다르므로 이를 계측항목별로 정확히 평가하기 위해서는 수완부만으로 한정하지 않고 경추를 비롯한 신체의 다양한 부위의 골성속도를 이용해야 한다는 것을 나타낸다.

본 연구결과는 경추골 성속도가 수완부골 성속도처럼 하악골 성장을 평가하는 데 유용하다는 것을 시사한다. 다만 경추골 성속도는 6단계이고 수완부골 성속도는 11단계인 점에서 경추골 성속도가 임상에서 적용이 되기 위해서는 단계별로 더 세분화가 되어야 하고 다른 다수의 수완부골 성속도와도 비교 연구가 필요하며 향후 남녀를 포함한 누년적 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

하악골 성장을 평가하는 데 경추골 성속도가 수완부골 성속도만큼 유용한가 구명하고자 정상교합을 가진 만 8세~만 16세 여성 292명을 대상으로 진단석고모형, 측모두부규격방사선사진, 그리고 수완부방사선사진을 이용하여 경추 및 수완부의 골성속도를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연령 증가에 따라 경추 및 수완부의 골성속도가 일정하게 증가하였다.
2. 경추골 성속도가 증가할수록 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me이 일정하게 증가하였다.
3. 수완부골 성속도가 증가할수록 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn이 일정하게 증가하였다.
4. 경추골 성속도 3단계와 4단계 사이에서 Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn이 크게 증가하였고, 수완부골 성속도 6단계와 7단계 사이에서 Go-Me, S-Gn이 크게 증가하였다.
5. Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me은 경추 및 수완부 골성속도와 각각 유의한 상관성을 보였다.

이상의 결과는 하악골 성장을 평가하는 데 경추골 성속도는 수완부골 성속도처럼 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다.

참고문헌

1. Bishara SE, Jamison JE, Peterson LC, et al. : Longitudinal changes in standing height and mandibular parameters between the age of 8 and 17 years. *Am J Orthod*, 80:115-135, 1981.
2. Burstone CJ : Process of maturation and growth prediction. *Am J Orthod*, 49:907-919, 1963.

3. Pancherz H, Hgg U : Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. *Am J Orthod*, 88:273-287, 1985.
4. Grave KC, Brown T : Carpal radiographs in orthodontic treatment. *Am J Orthod*, 75:27-45, 1979.
5. Tofani M : Mandibular growth at puberty. *Am J Orthod* 62:176-195, 1972.
6. Fishman LS : Chronologic versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod*, 49:181-187, 1979.
7. Schudy FF : Vertical growth vs anteroposterior growth as related to function and treatment. *Angle Orthod*, 34:75-94, 1964.
8. Hunter CJ : The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod*, 36:44-53, 1966.
9. Green LJ : The interrelationships among height, weight and chronological, dental and skeletal ages. *Angle Orthod*, 31:189-193, 1961.
10. Pike JB : A serial investigation of facial and statural growth in seven to twelve year old children. *Angle Orthod*, 38:63-73, 1968.
11. Singh IJ, Savara BS, Newman MT : Growth in the skeletal and nonskeletal components of head width from 9-14 years of age. *Human Biol*, 39:182-191, 1967.
12. Pileski RA, Woodside DG, James GA : Relationship of the ulnar sesamoid bone and maximum mandibular growth velocity. *Angle Orthod*, 43:162-169, 1973.
13. Stuart HC, Pyle SI : Onsets, complications and spans of ossification in the 29 bone growth centers of the hand and wrist. *Pediatrics*, 29:237-248, 1962.
14. Todd TW : Atlas of skeletal maturation (Part I. Hand). St. Louis C. V. Mosby Co, 1937.
15. Greulich WW, Pyle SI : Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford Univ Press, 1959.
16. Singer J : Physiologic timing of orthodontic treatment. *Angle Orthod*, 50:322-333, 1980.
17. Fishman LS : Radiographic evaluation of skeletal maturation. *Angle Orthod*, 52:81-112, 1982.
18. Benchi RW : Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face and denture behavior. *Am J Orthod*, 49:183-214, 1963.
19. Lamparski DG : Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae[Master's thesis]. Univ of

- Pittsburgh, School of Dental Medicine, 1972.
20. O'Reilly MT, Yanniello GJ : Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae - A longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod*, 58:179-184, 1988.
 21. 이창섭, 이상호 : 수완부 골성숙에 따른 경추의 화골형태에 대한 두부방사선계측학적 연구. *대한소아치과학회지*, 19:198-214, 1992.
 22. 한국재, 이상호 : 성장기 아동에서 경추의 화골형태와 두개안면부 성장변화에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 20:576-588, 1993.
 23. Dahlberg G : *Statistical Methods for Medical and Biological Students*. London : George Allen and Unwin Ltd, 122-132, 1948.
 24. Bick E, Copel J : Longitudinal growth of the human vertebrae. *J Bone Surg*, 32:803-813, 1950.
 25. Knutsson F : Growth and differentiation of the post-natal vertebrae. *Acta Radiol*, 55:401-405, 1961.
 26. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA : Thin-plate spine analysis of mandibular growth. *Angle Orthod*, 71:83-89, 2001.
 27. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA : An improved version of the cervical vertebral maturation method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*, 72:316-323, 2002.
 28. Chen F, Terada K, Hanada K : A new method of predicting mandibular length increment on the basis of cervical vertebrae. *Angle Orthod*, 74:630-634, 2004.
 29. Kucukkeles N, Acar A, Biren S, et al. : Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent*, 24:47-52, 1999.
 30. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, et al. : Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod*, 76:1-5, 2006.
 31. Gandini P, Mancini M, Andreani F : A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod*, 76:984-989, 2006.
 32. 김경호, 성장진, 박소연 : 경추골과 수완부골 방사선 사진을 이용한 골성숙도 평가. *대한치과교정학회지*, 28:285-295, 1998.
 33. Šidlauskas A, Žilinskaitė L, Švalkauskienė V : Mandibular pubertal growth spurt prediction, Method based on the hand-wrist radiographs *Stomatologija. Baltic Dental and Maxillofacial J*, 7:16-20, 2005.
 34. Hamada Y, Chatani K, Udono T, et al. : A longitudinal study on hand and wrist skeletal maturation chimpanzees, with emphasis on growth in linear dimensions. *Primates*, 44:259-271, 2003.
 35. Chen YJ, Chen SK, Yao JCC, et al. : The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod*, 74:155-161, 2004.
 36. Arat M, Köklü A, Özdiler E, et al. : Craniofacial growth and skeletal maturation, a mixed longitudinal study. *Eur J Orthod*, 23:355-361, 2001.
 37. Sinclair PM, Little RM : Dentofacial maturation of untreated normals. *Am J Orthod*, 88:146-156, 1985.
 38. 박진성 : 정상교합자의 사춘기성장과 수완부 골성숙단계에 관한 5년적 연구. *대한치과교정학회지*, 5:197-211, 1985.
 39. 김여미, 서정훈 : 골격성 Ⅲ급 부정교합자의 두개안면부 성장과 수완부 골성숙 단계에 관한 연구. *서울치대논문집*, 11:305-325, 1987.
 40. 김형일, 이동주 : 부정교합자의 사춘기 성장과 수완부 골성숙도에 관한 5년적 연구. *대한치과교정학회지*, 19:123-135, 1989.
 41. Garcia-Fernandez P, Torre T, Flores L, et al. : The cervical vertebra as maturational indicators. *J Clin Orthod*, 32:221-225, 1998.
 42. 배진희, 박효상, 성재현 : 경추골 성숙지표와 하악골 성장. *대한치과교정학회지*, 27:481-492, 1997.
 43. Mitani H, Sato K : Comparison of mandibular growth with other variables during puberty. *Angle Orthod*, 62:217-22, 1992.
 44. Johnston FF, Hufham HD, Moreschi AF, et al. : Skeletal maturation and cephalofacial development. *Angle Orthod*, 35:1-11, 1965.

Abstract

USEFULNESS OF CERVICAL VERTEBRAE MATURATION STAGE AS A MANDIBULAR MATURATION INDICATOR

Bong-Sun Choi, Nam-Ki Choi, Sun-Mi Kim, Kyu-Ho Yang, Sung-Su Chung

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chonnam National University and
Dental Research Institute and Second stage of BK21*

This study was to investigate if cervical vertebrae maturation stages are as useful as hand-wrist maturation stages in evaluating the mandibular growth. The subject consisted of 292 girls aged from 8 to 16 years with normal occlusion. They were classified according to diagnosis by using studycast, lateral cephalogram, and hand-wrist X-ray film.

The results were as follow:

1. Cervical vertebrae and hand-wrist maturation stages increased with age.
2. All mandibular measurements (Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me) increased linearly with cervical vertebrae maturation stages.
3. Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn increased linearly with hand-wrist maturation stages.
4. Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn increased relatively rapidly between cervical vertebrae maturation stages 3 and 4. Go-Me and S-Gn increased relatively rapidly between hand-wrist maturation stages 6 and 7.
5. Ar-Go, Go-Me, N-Go, S-Gn, N-Me had high correlations with cervical vertebrae maturation stages as well as hand-wrist maturation stages.

These results suggest that cervical vertebrae maturation stages are reliable on evaluating the mandibular growth.

Key words : Cervical vertebrae maturation stages, Hand-wrist maturation stages, Mandibular growth