

## 정모두부방사선사진 촬영시 두부의 수직회전에 따른 투사오차

고 은 회<sup>1)</sup> · 이 기 현<sup>2)</sup> · 황 현 식<sup>3)</sup>

본 연구는 정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전이 방사선사진상의 계측치들에 어느 정도의 투사오차를 야기시키는지 알아보고자 시행되었다.

임상검사를 통하여 두드러진 전후방 골격이상이나 뚜렷한 안면비대칭을 보이지 않는 성인 25명을 대상으로 natural head position 상태를 기준위치(0°)로 정하고 이 위치에 대해 양쪽 ear rod를 연결한 수평축을 중심으로 두부를 상, 하방으로 5°, 10° 씩 회전시킨 상태에서 정모두부방사선사진을 각각 촬영하여 투사도를 작성한 다음 7개의 고정항목, 5개의 폭경항목, 6개의 각도항목을 계측하였다. 각 회전각도에서의 계측치를 비교분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고정계측항목의 투사오차가 폭경이나 각도계측항목에 비해 전반적으로 큰 양상을 나타냈다.
2. 고정계측항목 중 회전축으로부터 먼 계측점간의 거리를 나타내는 항목일수록 투사오차가 컸다.
3. 폭경계측항목 중 비강폭경, 상악폭경, 상악 제1대구치간 폭경은 각 회전각도 간에 통계적 유의차가 없었으나 하악폭경과 하악 제1대구치간 폭경은 통계적으로 유의차가 있었다.
4. 각도계측항목 중 menton의 편위정도를 나타내는 각도는 각 회전각도 간에 통계적 유의차가 없었으나 crista galli와 maxillare를 연결한 선이나 crista galli와 antegonion을 연결한 선과 수평기준선이 이루는 각도는 통계적으로 유의차가 있었다.

이상의 결과는 수직적 두부회전에 의해 정모두부방사선사진상에 투사오차가 발생하므로 유용한 정모두부방사선사진을 얻기 위해서는 촬영시마다 동일한 두부위치를 유지하기 위한 노력이 필요함을 시사하였다.

( 주요 단어 : 정모두부방사선사진, 두부의 수직회전, 투사오차 )

### I . 서 론

1931년 Broadbent<sup>1)</sup>가 두부를 고정시키는 두부고정기(cephalostat)를 고안하여 소개한 이후 측모두부방사선규격사진은 치과교정학 분야에서 진단 및 치료 계획 수립에 유용하게 사용되어 왔고 이에 대한 많은 연구들<sup>2-5)</sup>이 이루어졌다. 최근 비대칭에 대한 관심의 증가와 악교정수술의 발전으로 정모두부방사선사진 역시 환자의 진단과 치료계획 수립 및 치료결과에 평

<sup>1)</sup> 전남대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

<sup>2)</sup> 전남대학교 치의학연구소, 치과대학 교정학교실, 조교수.

<sup>3)</sup> 전남대학교 치의학연구소, 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 이기현

광주시 동구 학동 8번지

전남대학교 치과대학 교정학교실 / 062-220-5486

ortho@altair.chonnam.ac.kr

가나 성장연구 등에 중요한 부분임이 인식되어 이에 대한 많은 연구들<sup>6-8)</sup>이 발표되었고 임상에서의 사용도 증가되고 있다. 그러나 정모두부방사선사진은 사진상에서 해부학적 계측점의 정확한 인지가 어렵고 분석에 관한 정보도 많지 않을 뿐 아니라 시간 간격을 두고 연속적인 정모두부방사선사진을 촬영시 두부고정기를 사용하더라도 피할 수 없는 두부의 수직적 회전으로 인해 매 촬영시마다 두부를 같은 자세로 위치시켜 촬영하기가 어렵다<sup>2)</sup>. 이 때문에 연속 촬영된 방사선 사진의 중첩에 의한 분석 평가가 불가능하므로 정모두부방사선사진은 규격사진으로서의 의미가 상실되어 있는 실정이다<sup>9)</sup>.

두부고정기의 ear rod는 좌우 귀에 위치되므로 수직축을 기준으로 한 두부의 좌우 회전과 전후방축을 중심으로 한 두부회전은 어느 정도 일정한 위치로 고정되는 반면 수평축을 기준으로 한 상하회전 정도는 일정하게 유지할 수 없어 촬영시마다 두부위치가 변하게 된다. 이에 대해 Proffit<sup>2)</sup>은 매 촬영시마다 두부가 상하로 회전되더라도 측모두부방사선상에는 큰 영향을 미치지 않으나 정모두부방사선사진에서는 각 사진마다 나타나는 상의 왜곡이 심하며, 투사도 작성시 계측점의 정확한 인지가 어려워 측모두부방사선사진에 비해 정모두부방사선사진 계측치의 재현성이 낮다고 언급하였다.

측모두부방사선사진 촬영시에는 방사선원의 중앙조사선(central ray)과 두부의 회전축 즉, 좌우 ear rod를 연결한 축이 평행하므로 두부가 상하로 회전되더라도 전체적인 상의 위치만 주로 변화될 뿐 계측점들간의 관계는 크게 변하지 않기 때문에 수평축을 중심으로 두부가 회전하여도 상이 왜곡되지 않지만<sup>10,11)</sup> 정모두부방사선사진에서는 두부의 회전축과 중앙조사선이 수직적 관계에 있으므로 촬영시 수평축을 중심으로 두부가 상하로 회전한다면 필름과 대상 간의 거리가 부위별로 달라져서 매우 큰 왜곡이 유발되는데 이러한 두부의 수직회전으로 인한 상의 왜곡은 성장이나 치료에 의한 변화를 알아보기 위해 시간 간격을 두고 촬영한 정모두부방사선사진의 중첩 분석시 뿐만 아니라 안면비대칭의 정도와 양상의 파악, 안면 골격의 형태나 크기의 판단에도 문제를 초래한다.

Baumrind와 Frantz<sup>12,13)</sup>는 두부방사선사진 계측시 신뢰성에 영향을 미치는 요소를 삼차원 물체가 방사선사진상에서 이차원으로 표현되므로 기준점마다 겹치는 양상과 정도가 달라 특정 해부학적 기준점들을 찾을 때 야기되는 식별오차(errors of identification)

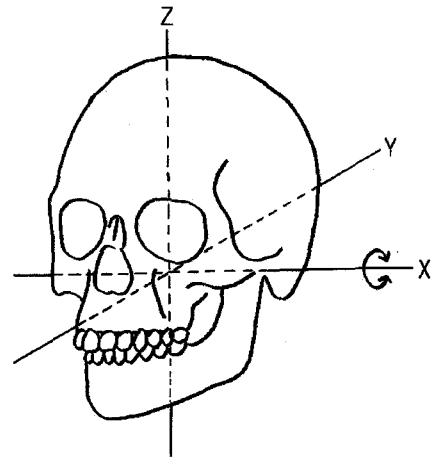


Fig. 1. Axes of rotation. X, transverse axis; Y, posteroanterior axis; Z, vertical axis.

와 방사선사진 촬영시 미세한 초점으로부터 퍼져나가는 방사선원과 피사체, 필름간 다양한 배열관계에 따라 발생하는 투사오차(errors of projection) 2가지로 분류한 바 있다. 두부회전에 따른 정모두부방사선사진상 계측점의 식별오차에 대해 Major 등<sup>14)</sup>이 두부 위치에 따라 계측점들의 식별오차가 변하며 그 변화 양과 정도는 다양하다고 보고하였고, 두부회전에 따른 투사오차는 측모두부방사선사진상 계측치의 변화를 살펴본 후 각도 계측항목이 선계측항목에 비해 투사오차가 작다고 보고한 김 등<sup>15)</sup>의 연구가 있으나 정모두부방사선사진의 이용시 가장 문제가 되고 있는 수평축을 기준으로 한 두부회전에 따른 계측치의 변화에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에 정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전이 계측치들에 어느 정도의 투사오차를 야기시키는 지 알아보고자 수평축을 중심으로 두부를 상하로 회전시켜가며 얻어진 각각의 정모두부방사선사진상 계측치의 차이를 비교하여 교정 치료의 진단과 치료계획의 수립, 치료 경과의 관찰 및 치료 전후의 평가에 도움이 되고자 본 연구를 시행하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 연구대상

임상검사를 통하여 두드러진 전후방 골격이상이나 뚜렷한 안면비대칭을 보이지 않는 성인 31명을 일차

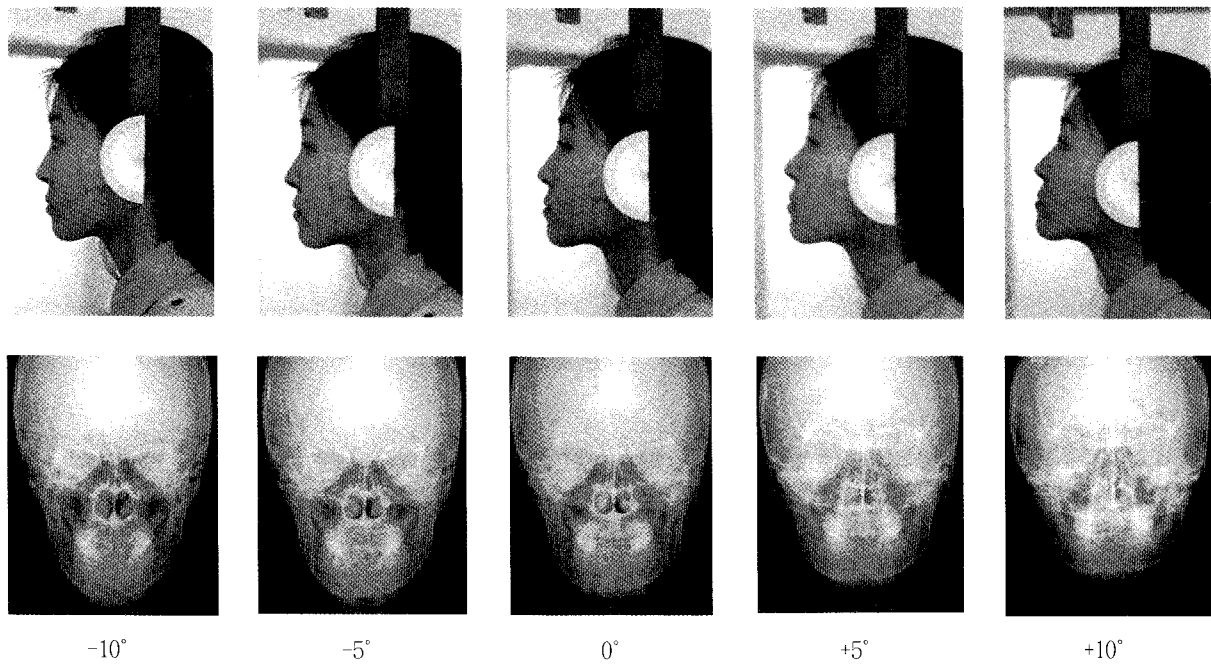


Fig. 2. Posteroanterior cephalograms taken with the head rotation around the transverse (X) axis.

적으로 선발하였다. 이들을 대상으로 측모두부방사선 사진과 정모두부방사선사진을 촬영하여 측모두부방사선사진에서 두드러진 전후방 골격이상을 보이거나 정모두부방사선사진에서 crista galli와 anterior nasal spine을 연결한 선을 기준으로 crista galli와 menton을 연결한 선이 이루는 각의 크기가 2° 이상인 대상자를 제외<sup>16)</sup> 결과 남자 11명과 여자 14명, 총 25명(23세±2개월)이 선발되었다.

## 2. 연구방법

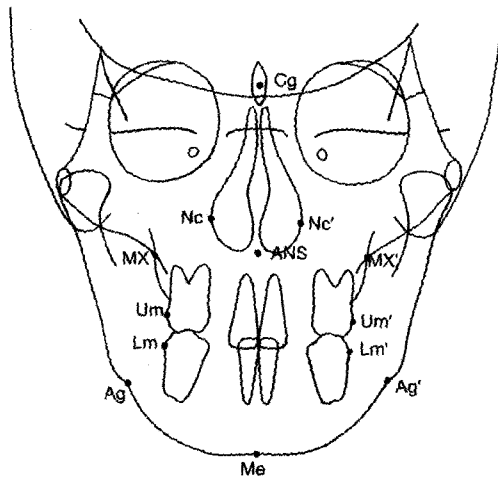
### 가. 정모두부방사선사진 촬영

두부방사선사진 촬영장치(Cranex 3+, SOREdEX Co., Finland)를 사용하여 관전류 10 mA, 관전압 73-75 KVp, 노출 시간 1.2-1.6 초의 조건으로 정모두부방사선사진을 촬영하였다. 정모두부방사선사진 촬영 전 natural head position(NHP)<sup>17,18)</sup>을 기록하기 위하여 본 연구에서는 김과 황<sup>19)</sup>의 Head Posture Aligner를 약간 변형하여 사용하였다. 물방울 수평계를 회전축으로 고정시킨 아크릴 판을 연구 대상자의 볼에 양면 테잎으로 부착한 후, 대상자로부터 1.5 m 정도 떨어진 곳에 거울을 설치하고 가장 자연스럽게 편안한 자세로 거울속의 눈을 바라보게 하여 NHP를 유도하

였다. Head Posture Aligner내의 물방울 수평계를 회전시켜서 물방울이 정중앙에 위치하도록 조절하여 NHP를 기록한 후 ear rod에 각도기를 부착하고 대상자의 볼에 NHP 상태를 표시하여 기준위치인 0°로 정하였다. 그 다음 양 ear rod를 연결한 수평축(X축, Fig. 1)을 중심으로 두부를 상(+), 하(-)방으로 각각 5°, 10°로 회전시켜가며 총 5장의 정모두부방사선사진을 촬영하였다(Fig. 2).

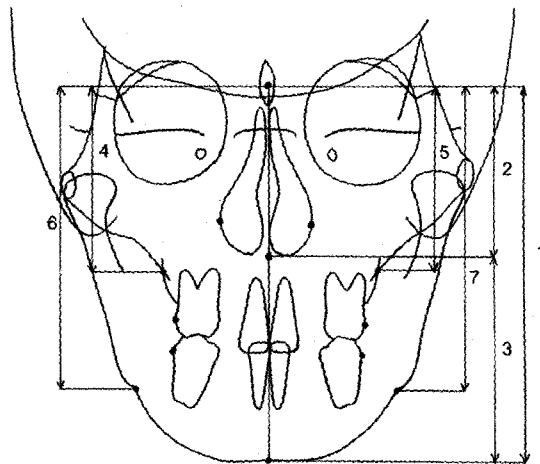
### 나. 투사도 작성 및 자료입력

정모두부방사선사진 위에 0.003인치 두께의 아세테이트 투사지를 부착하고 투사도를 작성하였다. 투사도 상에 Fig. 3과 같은 13개의 계측점을 설정하고 교정용 영상진단 프로그램(Quick Ceph Image Pro™, Quick Ceph Systems, U.S.A.)과 디지털타저를 이용하여 컴퓨터에 입력하였다. 이때 모든 자료의 입력은 동일한 사람이 시행하였다. Crista galli와 anterior nasal spine을 연결한 선을 정중 시상 기준선(midsagittal reference line, MSR)으로, 이에 수직이며 crista galli를 지나는 선을 수평기준선(horizontal reference line, HR)으로 정하고 교정용 영상진단 프로그램을 이용하여 Fig. 4, 5와 같이 7개의 고경계측항목과 5개의 폭경계측항목을 0.1mm 단위로, Fig. 6과 같



- Cg - crista galli
- ANS - anterior nasal spine
- NC - nasal cavity (R)
- NC' - nasal cavity (L)
- Mx - maxillare (R)
- Mx' - maxillare (L)
- Um - upper 1st molar (R)
- Um' - upper 1st molar (L)
- Lm - lower 1st molar (R)
- Lm' - lower 1st molar (L)
- Ag - antegonion (R)
- Ag' - antegonion (L)
- Me - menton

Fig. 3. Anatomic landmarks used in this study.



- 1. Cg-Me : Total Facial Height (TFH)
- 2. Cg-ANS : Upper Facial Height (UFH)
- 3. ANS-Me : Lower Facial Height (LFH)
- 4. HR-Mx : Right Maxillary Height (MxH)
- 5. HR-Mx' : Left Maxillary Height (MxH)
- 6. HR-Ag : Right Ramus Height (RH)
- 7. HR-Ag' : Left Ramus Height (RH)

Fig. 4. Height measurements used in this study.

이 6개의 각도계측항목을 0.1° 단위로 각각 측정하였다. 각도계측항목 중 menton의 변위를 나타내는 계측치인  $\angle$ Cg-Me to MSR과  $\angle$ ANS-Me to MSR은 menton이 연구 대상자의 우측으로 변위된 경우는 -, 좌측으로 변위된 경우는 +로 표시하였다.

다. 통계처리

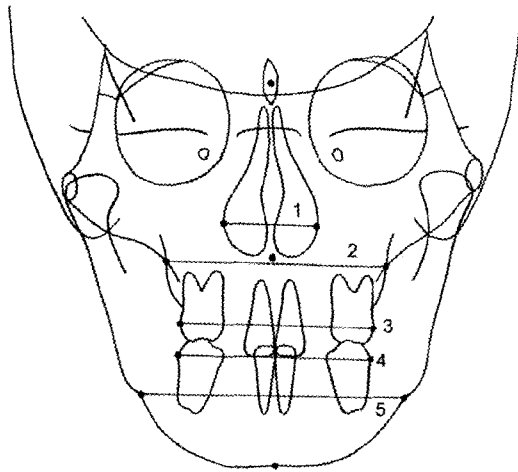
SAS(Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하여 각 회전각도에서 촬영된 정모두부방사선사진상의 각 계측항목의 평균값과 표준편차를 구하고 각 회전각도에서의 계측치를 비교분석하기 위하여 repeated ANOVA test를 시행하였다.

III. 연구성적

1. 수직적 두부회전에 따른 고경계측치의 변화

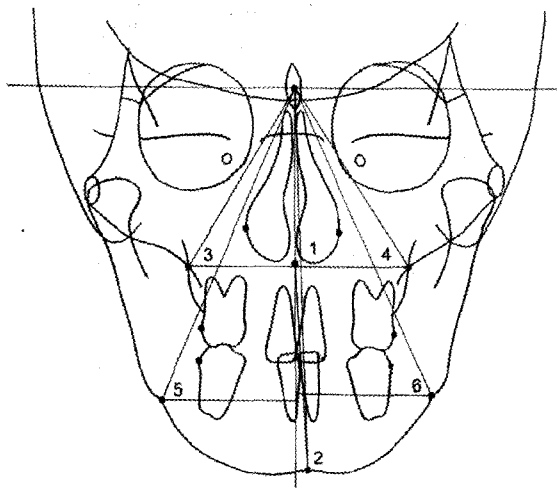
정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전에 따른 고경계측치의 변화를 알아보기 위하여 각 회전각도에서의 계측치의 평균과 표준편차를 구하고 각 회전각도에서의 계측치 간에 repeated ANOVA test를 시행한 결과, 모든 항목에서 통계적 유의차를 보였다 (Table 1).

기준위치(0°)에서의 고경계측치와 각 두부회전각도에서의 고경계측치 간의 차이를 도식화한 결과



1. NC-NC' : Nasal Width (NW)
2. Mx-Mx' : Maxillary Width (MxW)
3. Um-Um' : Intermolar Width of Maxillary First Molars (MxMIW)
4. Lm-Lm' : Intermolar Width of Mandibular First Molars (MnMIW)
5. Ag-Ag' : Mandibular Width (MnW)

Fig. 5. Width measurements used in this study.



1.  $\angle$ Cg-Me to MSR
2.  $\angle$ ANS-Me to MSR
3.  $\angle$ Cg-Mx to HR
4.  $\angle$ Cg-Mx' to HR
5.  $\angle$ Cg-Ag to HR
6.  $\angle$ Cg-Ag' to HR

Fig. 6. Angular measurements used in this study.

Fig. 7과 같은 결과를 얻었다. MxH의 변화량이 가장 작고 RH의 변화량이 가장 컸으며 MxH, UFH, TFH, LFH, RH의 순으로 변화량이 증가하는 경향을 보였다. RH, MxH는 두부를 하방에서 상방으로 회전시켰을 때 점차 증가하는 경향을, LFH, TFH는 점차 감소하는 경향을 보였다.

## 2. 수직적 두부회전에 따른 폭경계측치의 변화

정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전에 따른 폭경계측치의 변화를 알아보기 위하여 각 회전각

도에서의 계측치의 평균과 표준편차를 구하고 각 회전각도에서의 계측치 간에 repeated ANOVA test를 시행한 결과, 5개의 폭경계측항목 중 NW, MxW, MxMIW은 통계적 유의차를 보이지 않았으나 MnMIW와 MnW은 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (Table 2).

기준위치(0°)에서의 폭경계측치와 각 두부회전각도에서의 폭경계측치 간의 차이를 도식화한 결과 Fig. 8과 같은 결과를 얻었다. 폭경계측항목 중 MnW의 변화량이 가장 컸으며 두부를 하방에서 상방으로 회전시켰을 때 점차 감소하는 경향을 보였다.

Table 1. The comparison of mean values of height measurements among each head rotation angles

Variables (mm)	-10°		-5°		0°		+5°		+10°		p
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
TFH	125.6	10.9	126.0	10.5	125.6	9.9	124.3	10.1	121.4	10.3	***
UFH	58.9	5.3	58.5	5.5	58.4	5.1	59.3	5.0	59.2	6.1	**
LFH	66.8	7.1	67.5	6.6	67.3	6.3	65.0	6.7	62.2	6.2	***
MxH (R)	58.4	6.3	59.3	6.6	59.4	5.7	59.9	5.9	59.1	6.8	***
MxH (L)	57.9	7.0	59.0	7.0	59.0	6.5	59.3	6.4	58.4	7.1	***
RH (R)	95.7	9.3	100.1	9.2	102.3	8.5	105.5	8.5	107.1	8.4	***
RH (L)	94.6	9.2	98.7	9.0	101.4	8.6	104.4	8.5	106.2	8.7	***

SD, Standard deviation ; NS, Not significant; \*  $p < 0.05$  ; \*\*  $p < 0.01$  ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

Table 2. The comparison of mean values of width measurements among each head rotation angles

Variables (mm)	-10°		-5°		0°		+5°		+10°		p
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
NW	35.4	2.4	35.0	2.4	35.1	2.4	34.9	2.6	35.2	2.9	NS
MxW	71.0	4.1	70.8	4.3	71.2	3.9	71.4	4.0	71.7	3.9	NS
MxMIW	62.9	3.3	62.7	3.2	62.8	3.3	62.8	3.2	62.7	3.2	NS
MnMIW	60.7	3.2	60.5	3.1	60.4	3.2	60.5	3.1	60.3	3.1	***
MnW	97.5	4.8	96.5	4.7	95.6	4.9	94.8	4.5	93.6	4.6	***

SD, Standard deviation ; NS, Not significant ; \*  $p < 0.05$  ; \*\*  $p < 0.01$  ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

Table 3. The comparison of mean values of angular measurements among each head rotation angles

Variables (°)	-10°		-5°		0°		+5°		+10°		p
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
∠Cg-Me to MSR	-0.3	0.7	-0.2	0.7	-0.2	0.7	0.0	0.7	-0.2	0.9	NS
∠ANS-Me to MSR	-0.5	1.3	-0.4	1.4	-0.3	1.4	0.0	1.4	-0.4	1.8	NS
∠Cg-Mx to HR (R)	58.0	2.9	58.6	2.9	58.6	2.5	58.7	2.7	58.1	3.2	**
∠Cg-Mx to HR (L)	59.0	3.1	59.4	2.8	59.2	2.7	59.2	2.8	58.8	3.2	*
∠Cg-Ag to HR (R)	62.9	2.0	64.1	1.6	64.9	1.5	65.8	1.5	66.3	1.6	***
∠Cg-Ag to HR (L)	62.9	2.6	64.0	2.2	64.7	2.1	65.5	2.0	66.2	2.0	***

SD, Standard deviation ; NS, Not significant ; \*  $p < 0.05$  ; \*\*  $p < 0.01$  ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

3. 수직적 두부회전에 따른 각도계측치의 변화

정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전에 따른 각도계측치의 변화를 알아보기 위하여 각 회전각도에서의 계측치의 평균과 표준편차를 구하고 각 회전각도에서의 계측치 간에 repeated ANOVA test를 시행한 결과, 6개의 각도계측항목 중 ∠Cg-Me to MSR, ∠ANS-Me to MSR은 통계적 유의차를 보이지 않았으나, ∠Cg-Mx to HR와 ∠Cg-Ag to HR은

통계적 유의차를 보였다 (Table 3).

기준위치(0°)에서의 각도계측치와 각 두부회전각도에서의 각도계측치 간의 차이를 도식화한 결과 Fig. 9와 같은 결과를 얻었다. 각도계측항목 중 ∠Cg-Ag to HR의 변화량이 가장 컸고 두부를 하방에서 상방으로 회전시켰을 때 점차 증가하는 경향을 보였다.

통계적으로 유의차를 나타낸 항목 중 고경계측항목은 폭경이나 각도계측항목과는 달리 모든 계측항목에서 통계적 유의차를 보였으며 계측치의 변화도

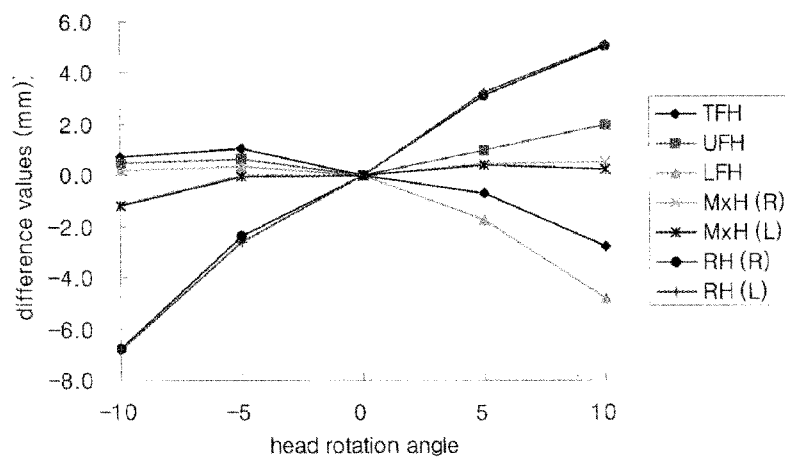


Fig. 7. Changes of height measurements in each rotated position compared to the reference position (0° ).

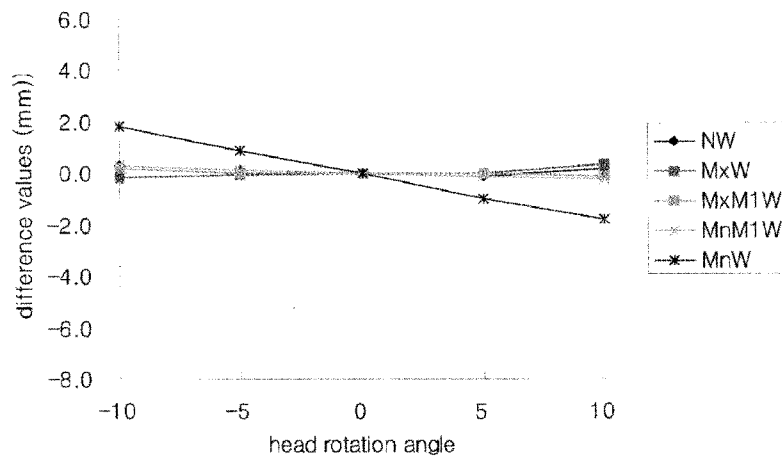


Fig. 8. Changes of width measurements in each rotated position compared to the reference position (0° ).

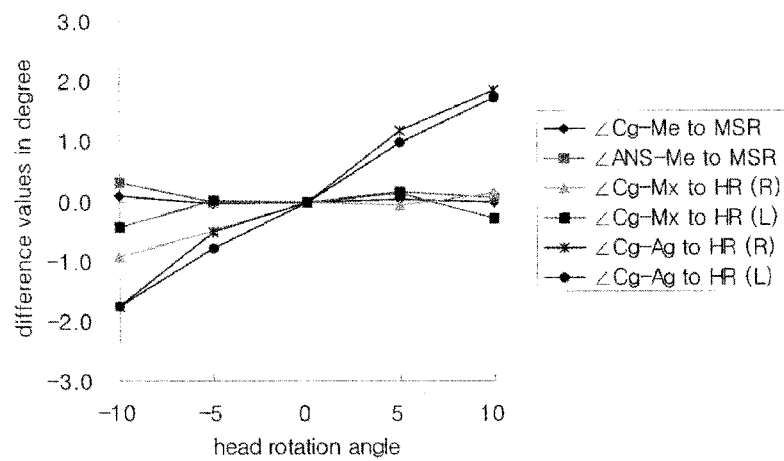


Fig. 9. Changes of angular measurements in each rotated position compared to the reference position (0° ).

고경계측항목에서 가장 크게 나타났다. 또한 고경, 폭경, 각도의 모든 계측항목에서 두부회전에 따른 변화양상이나 정도가 계측치마다 다양하며 회전축으로부터 먼 계측점 간의 관계를 나타내는 항목일수록 두부회전에 따른 변화량이 증가하는 것으로 나타났다.

#### IV. 총괄 및 고찰

두부방사선계측사진은 두개 안면부의 성장과 발육의 이해, 두개 안면부와 치열과의 관계에 대한 분석, 교정치료의 진단과 치료 계획 수립 및 치료 결과의 평가에 유용하게 사용되고 있다<sup>1)</sup>. 특히 정모두부방사선사진은 치아부분의 정중선변이, 교합평면의 경사이상과 함께 안모의 비대칭, 하악골의 기능적 변위 뿐만 아니라 성장이나 교정치료에 의한 안모의 변화를 평가하고 예측하는데 유용한 진단자료라 할 수 있다. 그러나 방사선사진은 미세한 크기의 초점으로부터 방사선이 퍼져나감으로써 조사되는 물체의 확대가 불가피하고, 중심선상에 있지 않은 모든 점들이 방사상으로 투사됨으로써 필름에 가깝게 위치한 구조물들에 비해 멀리 위치한 구조물들의 왜곡이 상대적으로 증가되며, 삼차원 물체가 이차원으로 표현되는 한계를 지니고 있다<sup>10,11)</sup>.

Baumrind와 Frantz<sup>12,13)</sup>는 방사선사진 촬영시 미세한 초점으로부터 퍼져나가는 방사선원과 피사체, 필름간의 다양한 배열관계에 따라 발생하는 오차를 투사오차라고 하였는데 본 연구에서는 다양한 원인에 의해 발생할 수 있는 투사오차 중 두부고정기에 두부를 고정시키는 과정에서 일어나는 두부위치의 변화에 따라 두부방사선사진의 계측점 위치가 변화되어 발생하는 계측치의 오차에 초점을 맞추어 정모두부방사선사진의 이용시 가장 문제가 되고 있는 수평축을 기준으로 한 두부의 상하회전에 따른 계측치의 변화에 대해 알아보고자 하였다.

본 연구에 사용된 NHP는 1860년대 초 인류학에서 서로 다른 인구집단의 두개골을 비교하기 위해 그 필요성이 인식되었으며 1950년대에 Moorrees와 Kean<sup>18)</sup>, Downs<sup>20)</sup>, Bjerin<sup>21)</sup> 등에 의해 교정 영역에 소개된 이후 두개 안면부 형태 평가시 reference position으로 널리 이용되어져 왔다. Moorrees와 Kean<sup>18)</sup>은 대상자가 바르게 서서 거울을 이용하여 먼 곳에 눈의 초점을 맞춘 자세로서 가장 생리적이고 자연스러우며 표준화되고 재현가능한 자세를 NHP라고 정의하였으며 개인의 실제 모양 또는 안모가 보다 정확히

반영(true-life appearance)된다고 하였다. 이러한 NHP는 시간 경과에 따라 재현성이 높은 것으로 보고된 바 있는데 특히 Peng과 Cooke<sup>22)</sup>는 15년 후에도 NHP의 재현성이 높음을 발표하였다. 또한 HPA의 유용성에 관한 김과 황<sup>19)</sup>의 연구에서도 정모두부방사선사진 촬영시 NHP를 이용한 방법이 FH plane이 바닥과 평행을 이루도록 하는 통상적인 술자유도법보다 재현성이 높게 나타나 본 연구에서도 NHP를 유도하고 이를 기준위치인 0°로 정하여 정모두부방사선사진을 촬영하였다.

본 연구는 수평축을 기준으로 두부를 상하로 회전시켜가며 정모두부방사선사진을 촬영하였으므로 폭경계측치보다 고경계측치에서 큰 변화가 나타났다. 이는 방사선 중앙조사선에 대해 두부가 상하로 움직이기 때문으로, Eliasson 등<sup>10)</sup>도 정모두부방사선사진에서 수직축을 기준으로 두부가 좌, 우측으로 회전될 경우 수직계측치에는 작은 영향을 미치지만 수평계측치에는 큰 영향을 주고 수평축을 기준으로 회전될 경우에는 반대로 수평계측치보다 수직계측치에 큰 영향을 준다고 하였다.

고경계측항목과 각도계측항목을 비교시에도 마찬가지로 각도계측항목보다 고경계측항목의 투사오차가 크게 나타났다. 측모두부방사선사진 촬영시 김 등<sup>12)</sup>의 연구에서도 수직축을 기준으로 두부가 회전될 때 각도계측항목이 선계측항목에 비해 투사오차가 작았다고 하였다. 위의 연구는 본 연구와 기준이 달라 동일한 비교라고 보기는 어려우나 정모두부방사선사진 촬영시 수평축을 기준으로 두부가 상하회전을 한 경우에도 계측치의 변화를 유발하는 조건은 비슷하므로 유사한 결과가 나온 것이라 생각된다.

고경계측항목 중에서는 MxH의 변화량이 가장 작고 RH의 변화량이 가장 컸으며 MxH, UFH, TFH, LFH, RH의 순으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 MxH을 나타내는 maxillare나 UFH을 나타내는 anterior nasal spine은 회전축에서 가깝고 TFH이나 LFH을 나타내는 menton이나 RH를 나타내는 antegonion은 회전축에서 먼 계측점이기 때문에 기하학적 원리에 따른 것으로 생각된다. Van Aken<sup>23)</sup>도 계측점이 필름에 가깝게 위치할수록 확대는 적게 일어나지만 필름에 가깝게 위치한 계측거리는 좌우 ear rod를 연결한 회전축으로부터는 멀리 떨어져 있다는 뜻이므로 두부의 작은 회전에 의해서도 필름상에 많은 양의 오차가 발생할 수 있다고 하였다. TFH나 LFH와 RH를 비교시 TFH나 LFH을 나타내는 계측



점인 menton이 RH를 나타내는 antegonion보다 회전축으로부터 더 멀리 위치한 계측점이므로 TFH나 LFH의 투사오차가 더 클 것으로 예상할 수 있으나 오히려 RH의 투사오차가 컸다. 이는 고경계측치의 비교시 기준이 되는 수평기준선으로부터 antegonion까지의 실제 거리가 menton보다 멀고, 필름면에 대한 경사도도 RH가 TFH나 LFH보다 커서 두부회전시 영향을 더 많이 받으며 또한 film까지의 거리가 더 멀어서 확대가 많이 일어나기 때문인 것으로 생각된다.

RH, MxH는 두부를 하방에서 상방으로 회전시켰을 때 점차 증가하는 경향을 보였고 LFH, TFH는 점차 감소하는 경향을 보였다. 계측항목마다 두부회전에 따른 증가, 감소 양상이 다른 이유는 두부회전에 따라 필름과 각 계측항목의 배열관계가 변하기 때문이다. 피사체와 필름이 평행하지 않으면 피사체의 전체 영상은 축소된다<sup>24)</sup>. 피사체 내부의 각 계측항목에서도 같은 현상이 나타나므로 두부의 수직회전시 각 계측항목과 필름이 평행관계에 있을 때 가장 큰 계측값을 나타내게 된다. RH, MxH는 5개의 두부의 수직회전각도 중 두부를 +10°로 위치시켰을 때 필름과 평행에 가장 가까워 가장 큰 계측값을 나타냈고, LFH, TFH는 5개의 두부의 수직회전각도 중 두부를 -10°로 위치시켰을 때 필름과 평행에 가장 가까워 가장 큰 값을 나타내었다.

UFH는 기준위치인 0°보다 두부를 하방으로 회전시켰을 때는 변화양상이 뚜렷하지 않고 0°보다 상방으로 회전시켰을 때는 확실하게 증가하는 양상을 보였는데 이는 +10°에서 필름과 UFH를 나타내는 계측선이 가장 평행한 관계로 배열되기 때문으로 사료된다.

두부의 수직회전에 따른 각 계측치의 전체 변화 양상을 분석해 볼 때 RH와 MxH는 -10°부터 +10°까지 비슷한 변화량을 보였으나 LFH와 TFH는 0°이하의 각도에서는 변화량이 작고 0°이상의 각도에서는 비교적 변화량이 크게 나타났다. 각 계측점들은 두부의 수직회전에 따라 회전축을 중심으로 원을 그리며 이동하는데 RH를 나타내는 antegonion과 MxH를 나타내는 maxillare는 -10°부터 +10°까지 두부회전시 필름과의 관계에서 일정한 경사도를 갖게 되는 반면 LFH나 TFH를 나타내는 menton은 -10°에서 0°까지의 각도에서는 필름에 거의 수직인 선을 따라 이동하다가 0°부터 10°까지는 필름과 비교적 경사를 갖는 선을 따라 이동하기 때문에 이러한 현상이 발생된 것으로 생각된다. 이와같이 고경계측항목

은 두부의 수직회전시 변화량이 크기 때문에 정모두부방사선사진 분석시 유용성이 비교적 낮다고 할 수 있다.

폭경계측항목 중에서 NW, MxW, MxMIW, MnMIW 보다 MnW이 두부의 수직회전에 따른 변화량이 컸는데 이는 antegonion이 중심 회전축으로부터 멀리 떨어진 계측점이기 때문이라고 여겨진다. MnW는 두부를 하방에서 상방으로 회전시켰을 때 점차 감소하는 경향을 보였다. 안모의 비대칭이 심한 경우를 제외하면 필름과 폭경계측항목을 나타내는 선은 두부의 수직회전 각도와 상관없이 항상 일정하게 평행관계를 유지하게 되는데 본 연구에서는 안모의 비대칭이 거의 없는 대상을 선택하였으므로 각 폭경계측항목의 증가, 감소 경향의 원인 분석시 필름과 계측항목의 평행관계는 고려할 필요가 없다. 따라서 두부회전시 MnW의 계측치가 점차 감소하는 경향을 보인 이유는 두부가 하방에서 상방으로 회전할수록 양쪽 antegonion의 위치가 필름에 가까워 근접하여 확대가 적게 일어났기 때문이다. 고경계측항목과 달리 폭경계측항목은 두부의 상하회전에 크게 영향을 받지 않으나 좌우 ear rod를 연결한 축에서 멀리 떨어진 하안면부위 계측치는 사진상에서의 확대율 차이로 인해 폭경계측항목에서도 차이가 나타난 것으로 여겨진다<sup>19)</sup>. MnW을 제외한 폭경계측항목은 두부의 수직회전에 따른 변화량이 전반적으로 작으므로 정모두부방사선사진 분석시 비교적 유용성이 높다고 할 수 있다.

각도계측항목 중에서는 ∠Cg-Ag to HR 항목에서 두부의 수직회전에 따른 변화량이 전반적으로 컸는데 이는 antegonion이 중심 회전축으로부터 멀리 떨어진 계측점이고 원래 crista galli와 이루는 각이 크기 때문에 두부의 수직회전에 따른 영향을 많이 받았기 때문이라고 생각된다. ∠Cg-Me to MSR, ∠ANS-Me to MSR도 menton이 중심회전축에서 멀리 떨어진 계측점이므로 두부회전에 따른 변화량이 통계적 유의차가 클 것으로 생각할 수 있으나 본 연구의 대상을 menton의 변위가 MSR로부터 2°이하인 경우로 제한하였기 때문에 원래 각도가 너무 작아서 통계적 유의차를 보이지 않은 것으로 해석된다. ∠Cg-Ag to HR은 두부가 하방에서 상방으로 회전시 점차 증가하는 경향을 보였는데 이는 5개의 두부 수직회전 각도 중 +10°에서 crista galli와 antegonion을 연결한 선이 필름과 평행하게 배열되어 가장 길어지며 이로 인해 필름상에 나타난 각도도 가장 큰 계측값을 나타내기 때문이다. 각도 계측항목의 투사오

차에 대해 Ahlqvist 등<sup>25)</sup>은 컴퓨터상에서 다양한 기하학적 모델을 제작하고 수직축과 전후방축을 중심으로 회전시켜 컴퓨터 프로그램상에서 이론적으로 계산하여 투사오차의 영향을 분석한 결과 10° 회전시 각도 왜곡이  $\pm 0.6^\circ$  를 초과하지 않았고, 5° 회전시에는 각도 왜곡의 최대치가 매우 작아 의미가 없다고 하였다. 본 연구에서는 수평축을 기준으로 두부를 상하로 회전시켰고 연구 조건이나 기준이 달라서 위의 연구와 동일한 비교라고 보기는 어려우나 본 연구에서도 두부의 수직회전에 따른 각도계측치의 변화는 전반적으로 작은 편이었다.  $\angle Cg-Ag$  to HR를 제외한 각도계측 항목은 두부의 수직회전에 따른 변화량이 전반적으로 작으므로 정모두부방사선사진 분석시 비교적 유용성이 높다고 할 수 있다.

본 연구는 정모두부방사선사진 촬영시마다 동일한 두부위치에서 촬영하지 못하면 여러 계측치에서 결과 해석에 영향을 미칠 정도의 변화가 나타나므로 성장이나 교정치료에 의한 변화를 비교하기 위해 시간차를 두고 촬영한 여러 장의 규격사진의 중첩을 가능케 하기 위해서는 촬영시마다 달라질 수 있는 두부의 상하 회전정도를 최소화하여 동일한 위치를 유지하기 위한 노력이 필요함을 시사하였다. 또한 수직적 두부회전에 따른 정모두부방사선사진 계측치의 해석 오류를 최소로 하기 위해서는 고경계측항목보다는 폭경 또는 각도계측항목을 사용하고 회전축으로부터 먼 계측점 보다는 가까운 계측점을 이용하는 것이 유용할 것으로 사료되었다.

본 연구에서는 두드러진 안면비대칭이 없는 사람을 대상으로 하였으므로 안면비대칭이 심한 사람을 대상으로 할 경우 두부의 수직적 회전에 따른 양측성 계측치의 변화양상이나 각도항목 등의 결과에서 다소 차이가 있을 수 있으며 안면비대칭의 양상과 정도에 따라 다양한 결과가 나오리라 예상된다. 실제로 정모두부방사선사진은 안면비대칭의 진단과 치료결과의 평가에 가장 유용한 자료이므로 향후 두드러진 안면비대칭이 있는 사람을 대상으로 하는 두부회전의 영향에 대한 연구도 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 정모두부방사선사진 촬영시 수직적 두부회전이 방사선사진상의 계측치들에 어느 정도의 투사오차를 야기시키는지 알아보고자 시행되었다.

전남대학교 치과대학 학생 중 임상검사를 통하여

두드러진 전후방 골격이상이나 뚜렷한 안면비대칭을 보이지 않는 자 25명을 선택하였다. Natural head position 상태를 기준위치(0°)로 정하고 이 위치에 대해 두부를 상하방으로 각각 5°, 10° 씩 회전시킨 상태에서 정모두부방사선사진을 각각 촬영하여 7개의 고경항목, 5개의 폭경항목, 6개의 각도항목을 계측하였다. 기준위치(0°)와 각 회전각에서의 계측치를 비교분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고경계측항목의 투사오차가 폭경이나 각도계측항목에 비해 전반적으로 큰 양상을 나타냈다.
2. 고경계측항목 중 회전축으로부터 먼 계측점간의 거리를 나타내는 항목일수록 투사오차가 컸다.
3. 폭경계측항목 중 비강폭경, 상악폭경, 상악 제1대구치간 폭경은 각 회전각도 간에 통계적 유의차가 없었으나 하악폭경과 하악 제1대구치간 폭경은 통계적으로 유의차가 있었다.
4. 각도계측항목 중 menton의 편위정도를 나타내는 각도는 각 회전각도 간에 통계적 유의차가 없었으나 crista galli와 maxillare를 연결한 선이나 crista galli와 antegonion을 연결한 선과 수평기준선이 이루는 각도는 통계적으로 유의차가 있었다.

이상의 결과는 수직적 두부회전에 의해 정모두부방사선사진상에 투사오차가 발생하므로 유용한 정모두부방사선사진을 얻기 위해서는 촬영시마다 동일한 두부위치를 유지하기 위한 노력이 필요함을 시사하였다.

## 참 고 문 헌

1. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application of orthodontics, Angle Orthod 1931 : 1 : 45-66.
2. Proffit WR. The search for truth : Diagnosis in surgical-orthodontic Treatment, St Louis : CV Mosby, 1991 : 96-141.
3. Waters D, Harris EF. Cephalometric comparison of maxillary second molar extraction and nonextraction treatments in patients with Class II malocclusions, Am J Orthod Dentofac Orthop 2001 : 120 : 608-13.
4. Ricketts RM, Bench RW, Hilgers JJ, Schulhof R. An overview of computerized cephalometrics, Am J Orthod 1972 : 61 : 1-28.
5. Ricketts RW, Roth RH, Chaconas SJ. Orthodontic diagnosis and planning, Rocky Mountain Data System 1985, Vol 1.
6. Shah SM, Joshi MR. An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex, Angle Orthod 1978 : 48 : 141-8.
7. Mulick JF. Clinical use of the frontal headfilm, Angle Orthod 1965 : 35 : 299-304.
8. Letzer GM, Kronman JH. A posteroanterior cephalometric evaluation of craniofacial asymmetry, Angle Orthod 1967 : 37 : 205-11.

9. Grummons DC, Kappeyne Van de Coppello MA. A frontal asymmetry analysis, *J Clin Orthod* 1987 : 21 : 448-65.
10. Eliasson S, Welander U, Ahlqvist J. The cephalometric projection : Part I. General considerations, *Dentomaxillofac Radiol* 1982 : 11 : 117-22.
11. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The cephalometric projection : Part II. Principles of image distortion in cephalography, *Dentomaxillofac Radiol* 1983 : 12 : 101-8.
12. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements : 1. Landmark identification, *Am J Orthod* 1971 : 66 : 111-27.
13. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements : 2. Conventional angular and linear measures, *Am J Orthod* 1971 : 60 : 505-17.
14. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification, *Angle Orthod* 1996 : 66 : 51-60.
15. 김광수, 황미선, 최의환, 김광원, 윤영주. 두부회전에 따른 측모두부방사선 계측치의 변화, *대치교정지* 2000 : 30 : 53-66.
16. Ferguson JW. Cephalometric interpretation and assessment of facial asymmetry secondary to congenital torticollis. The significance of cranial base reference lines, *Int J Oral Maxillofac Surg* 1993 : 22 : 7-10.
17. Showfety KJ, Vig PS, Matteson S. A simple method for taking natural head position cephalograms, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1983 : 83 : 495-500.
18. Moorrees CFA, Kean MR. Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs, *Am J Phys Anthropol* 1958 : 16 : 213-34.
19. 김은희, 황현식. 정모두부방사선사진 촬영시 Head Posture Aligner의 유용성에 관한 연구, *대치교정지* 2000 : 30 : 543-52.
20. Downs WB. The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis, *Am J Orthod* 1952 : 38 : 162-82.
21. Bjerin R. A comparison between the Frankfort horizontal and the sella turcica-nasion as reference planes in cephalometric analysis, *Acta Odontol Scand* 1957 : 15 : 1-12.
22. Peng L, Cooke MS. Fifteen-year reproducibility of natural head posture. A longitudinal study, *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999 : 116 : 82-5.
23. Van Aken J. Geometric errors in lateral skull x-ray projections, *Neder T Tand* 1963 : 70 : 18-30.
24. 大韓口腔顎顔面放射線學會. 口腔顎顔面放射線學, 서울 : 二友文化社, 1996 : 67-71.
25. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on angular measurements, *Eur J Orthod* 1988 : 10 : 353-61.

- ABSTRACT -

## Effects of vertical head rotation on the posteroanterior cephalometric measurements

Eun-Hee Koh, D.D.S., M.S.D., Ki-Heon Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Hyeon-Shik Hwang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dental Science Research Institute,  
Chonnam National University*

This study was performed to find out how much projection errors in the cephalometric measurements were made by vertical head rotation in taking posteroanterior cephalograms. 25 adults without any apparent facial asymmetry or severe sagittal skeletal discrepancy were selected and the posteroanterior cephalograms were taken with the head rotated 5°, 10° superior and inferior each to the reference position(0°). The 7 height, 5 width and 6 angular measurements were taken at each 5 positions. Through the statistical analysis of all measurements taken at each rotated position, following results were obtained.

1. The projection errors of height measurements were remarkably larger than those of width or angular measurements.
2. Among the height measurements, the farther to the rotation axis the measurements were, the larger the projection errors were.

3. Among the width measurements, mandibular width and intermolar width of mandibular first molars showed significant differences between the values taken at each rotated position, while nasal width, maxillary width and intermolar width of maxillary first molars did not.
4. Among the angular measurements, the angle between horizontal reference line and the line that is connected to crista galli and antegonion or maxillare showed significant differences between the values taken at each rotated position.

The above results suggest that it is needed to the effort to keep constant head position for taking the useful posteroanterior cephalogram, because projection errors are caused by vertical head rotation.

KOREA. J. ORTHOD. 2003 : 33(2) : 73-84

---

**Key words** : Posteroanterior cephalogram, Vertical head rotation, Projection errors