

두부회전에 따른 측모두부방사선 계측치의 변화

김광수¹⁾ · 황미선²⁾ · 최의환³⁾ · 김광원⁴⁾ · 윤영주⁵⁾

본 연구는 측모두부방사선사진 촬영시 발생될 수 있는 두부회전이 측정된 선, 각계측치들에 어느 정도의 투사오차를 야기시키는지 알아보기 위해 조선대학교 의과대학 해부학교실에 소장중인 건조두개골 중 비교적 상태가 양호하고 특별한 비대칭이 없는 영구치열기의 건조두개골 17개를 표본으로 선택하여 시행하였다. 각각의 건조두개골을 수직축(Z축)을 중심으로 기준위치(0°)에 대해 1° 간격으로 $\pm 15^\circ$ 까지 실험적으로 회전시켜 총 527장의 측모두부방사선사진을 촬영하였다. 이를 근거로 기준위치(0°)에서의 계측치와 각 회전각에서의 계측치들 사이에 paired t-test를 시행하여 측모두부방사선사진 계측치간의 차이를 규명하였으며, 이를 통해 투사오차의 관점에서 교정학적으로 유용한 측모두부방사선 계측항목을 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각계측항목이 선계측항목에 비해 투사오차가 작았다.
2. 각계측항목은 정중시상면에 위치한 기준점들을 많이 포함할수록 투사오차가 작았다.
3. 수평선계측항목의 길이는 필름방향으로 회전됨에 따라 점진적으로 감소되었으나, 초점방향으로 회전됨에 따라서는 증가되다가 감소되었으며 상대적으로 그 변화양이 작았다.
4. 두부회전에 따른 투사오차는 수직선계측항목에 비해 수평선계측항목에서 컸다.
5. 수직선계측항목은 회전축으로부터 거리가 증가함에 따라 투사오차가 증가하였다.

이상을 종합해 볼 때 두부회전에 따른 측모두부방사선사진 계측치의 투사오차를 최소로 하기 위해서는 선계측항목보다는 각계측항목을 사용하는 것이 유용할 것으로 사료된다.

주요단어 : 투사오차, 두부회전, 측모두부방사선사진

서 론

측모두부방사선사진은 규격화된 방사선기술과 장비를 사용하여 두개안면부를 촬영하고, 계측과 분석을 통해 부정교합의 원인을 규명할 뿐 아니라 교정치료와 악교정수술의 진단 및 치료계획 수립은 물론 성장에 의한 변화를 평가하고 예측하는데 유용하게 사

용되고 있다. 그러나 미세한 크기의 초점으로부터 방사선이 퍼져나감으로서 조사되는 물체의 전체적인 확대가 불가피하고, 중심선상에 있지 않은 모든 점들이 방사상으로 투사됨으로서 필름에 가깝게 위치한 점들에 비해 멀리 위치한 점들의 왜곡이 상대적으로 증가되며, 삼차원 물체가 이차원적으로 표현되는 한 계성을 지니고 있다.^{1,2)}

Broadbent³⁾ 이후 수많은 선학들⁴⁻¹⁸⁾이 측모두부방사선사진의 신뢰도에 영향을 미치는 요소에 대해 연구하였다. Baumrind 등^{5,6)}은 이를 측모두부방사선사진상에서 특정 해부학적 기준점들을 찾을 때 야기되는 식별오차, 방사선체계의 기하학적인 배열이 잘못

1) 조선대학교 대학원 치의학파, 치의학박사

2) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 전공의

3) 조선대학교 치과대학 구강악안면 방사선학교실, 부교수

4) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 교 수

5) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 조교수

되어 야기되는 투사오차, 투사도상에서 해부학적 기준점들 사이에 선을 그리거나 자로 계측할 때 야기되는 기계적오차로 구분하였다. Tng 등¹⁷⁾과 Carlsson⁷⁾ 등은 이들 오차 중 해부학적 기준점을 찾을 때 야기되는 기준점 식별오차가 가장 주된 오차라고 하였는데, 특히 Tng 등¹⁷⁾은 해부학적 기준점들을 디지털화하거나, 성장에 의한 변화를 평가하고 예측하기 위해 시간 간격을 두고 측모두부방사선사진을 촬영할 때 두부위치가 변화됨으로서 야기되는 오차보다도 기준점 식별오차가 측모두부방사선사진의 신뢰도에 더 큰 영향을 미친다고 하였다.

또한 Buschang 등¹⁹⁾과 Houston²⁰⁾ 등은 측모두부방사선사진 계측치의 오차 분석에 관한 연구에서 서로 다른 방사선 기계로 촬영된 사진들을 확대율의 조정없이 비교할 때 야기될 수 있는 오차, 해부학적 기준점의 정의나 개념을 달리하는 서로 다른 계측자에 의해 얻어진 계측치를 비교하는 경우에 야기될 수 있는 오차, 동일한 계측자라 하더라도 시차를 두고 측정했을 때 야기되는 계측치간의 오차, 연구결과를 염두에 두고 측정된 계측치에서 발생된 오차 등을 체계적 오차라 하였고, 세팔로스테이트내에 두부를 고정시키는 과정에서 두부위치에 따라 측모두부방사선사진의 계측점 위치변화되어 발생하는 선, 각 계측치의 오차, 방사선사진의 농도와 선명도가 부적합하여 야기된 오차, 부정확성한 해부학적 기준점의 정의때문에 야기된 오차를 임의적오차라 하였다.

이들 다양한 오차 중, 수직축 (Z축), 횡축 (X축), 전후방축 (Y축) 등에 대해 두부가 회전됨으로서 야기되는 투사오차를 최소로 하기 위해 측모두부방사선사진을 촬영할 때 ear rod와 nasal positioner를 사용하고 있다. 그러나 이들 두부를 고정시키는 기구들이 환자의 외이도와 연조직에 접촉될 때 전후방적, 수직적으로 올바르게 위치됨으로서 두부회전이 발생될 수 있고, 그 결과 측모두부방사선사진의 계측치에 오차가 야기될 수 있다. 이러한 두부위치의 변화에 의한 오차는 선, 각 계측항목의 위치와 종류, 방사선 중심선상에 대한 해부학적인 구조물들의 상대적인 위치에 따라 달라질 수 있다.^{1,2)} 따라서 이들 투사오차에 대한 평가나 인식이 정확히 이루어지지 않는다면 이를 연구하는 연구자의 연구결과 뿐만 아니라 계측과 관련된 결과를 임상에 적용하는 것이 매우 제한적인 가치를 지닐 수 밖에 없다.

이에 측모두부방사선사진 촬영시 발생될 수 있는 두부회전이 측정된 선, 각계측치들에 어느 정도의 투

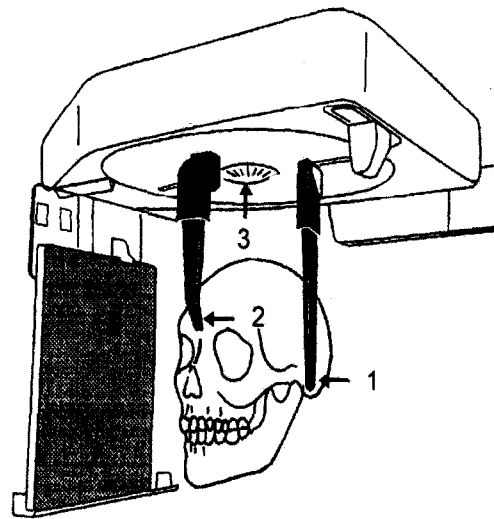


Fig. 1. Positioning of dry skull.
 (1) ear rod, (2) nasal positioner
 (3) rotation scale

사오차를 야기 시키는지 알아보고자 수직축(Z축)을 중심으로 건조두개골을 실험적으로 회전시켜 얻어진 측모두부방사선 계측치간의 차이를 규명하고, 이를 통해 투사오차의 관점에서 교정학적으로 유용한 측모두부방사선 계측항목을 구하고자 본 연구를 시행하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

조선대학교 의과대학 해부학교실에 소장중인 건조두개골 중 비교적 상태가 양호하고 특별한 비대칭이 없는 영구치열기의 건조두개골 17개를 표본으로 선택하였으며 이때 성별, 교합이나 골격형태 등은 고려하지 않았다.

2. 연구방법

가. 기준점의 표식을 위한 준비

측모두부방사선사진을 촬영하기에 앞서 기준점의 식별오차를 최소화하기 위해 건조두개골상에 8개의 해부학적 기준점을 설정하고, 양측성 기준점을 포함한 11개의 기준점들 각각에 직경 1.5 mm의 쇠구슬을 접착제로 부착시켰다.

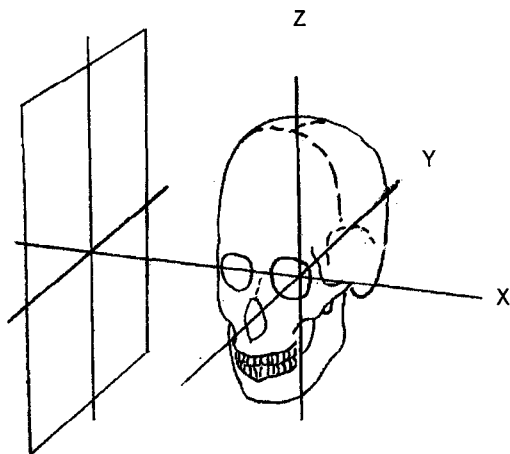


Fig. 2. The rotational axes of skull

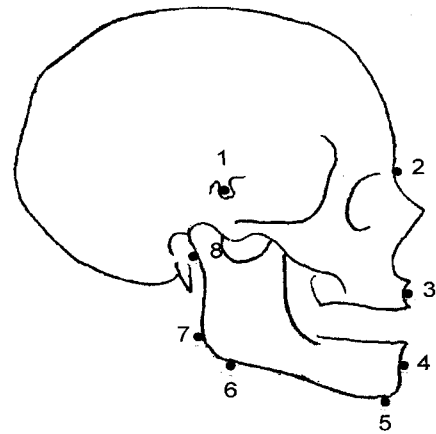


Fig. 3. Landmarks

나. 측모두부방사선사진의 촬영

건조두개골의 FH 평면과 바닥이 평행하도록 위치시킨 후, ear rod와 headrest, 고무밴드를 이용하여 단단하게 고정하였다 (Fig. 1). 세팔로스타트 상단에는 각도를 표시하였고, 각도를 읽을 수 있는 indicator를 부착하였다. 측모두부방사선사진은 Filand의 Planmeca사 PM2002 PROLINE cephalostat 촬영기를 이용하여 촬영하였고, Focus-Median 평면, Film-Median 평면은 각각 135.5 cm, 13.5 cm로 표준화하였다.

각각의 건조두개골은 양측 ear rod 중앙을 연결한 선의 중점에서 이두정방향으로의 수직선을 회전축(Z축, Fig. 2)으로 하여 기준위치 (0°)에 대해 1° 간격으로 ±15°까지 실험적으로 회전시켜 총 527장의 측모두부방사선사진을 촬영하였다. 이때 + 부호는 초점을 향하여 회전 (우측회전) 되는 각도를 의미하고, - 부호는 필름면을 향하여 회전 (좌측회전) 되는 각도를 의미한다.

다. 기준점 및 계측항목의 설정

본 연구에 설정된 기준점과 계측항목은 다음과 같다.

- (1) 기준점 (Fig. 3)
 - ① S(Sella turcica)
 - ② N(Nasion)
 - ③ A(Subspinale)
 - ④ B(Supramentale)

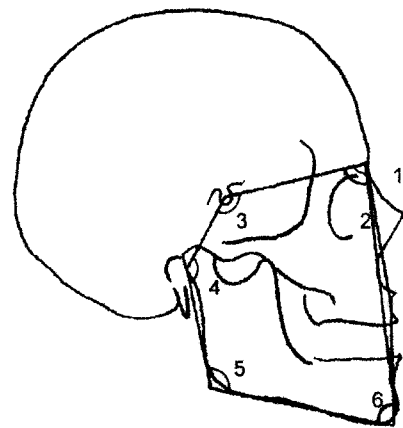


Fig. 4. Linear measurements

- ⑤ Me(Menton)
- ⑥ Corpus left
- ⑦ Ramus down
- ⑧ Ar(Articulare)

(2) 계측항목

1) 선계측항목

가) 수평선계측항목 (Fig. 4)

- ① Anterior cranial base(S-Na)
- ② Mandibular body length(Go-Me)

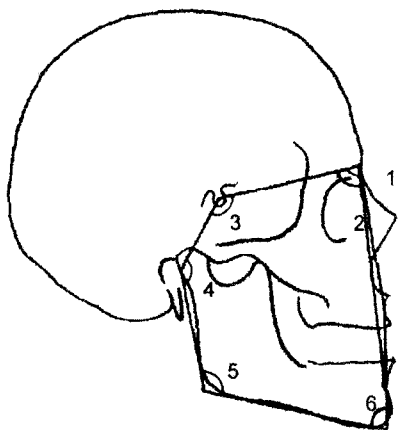


Fig. 5. Angular measurements

- 나) 수직선계측항목 (Fig. 4)
- ③ Anterior facial height(Na-Me)
- ④ Posterior facial height(S-Go)

2) 각계측항목 (Fig. 5)

- ① SNA
- ② SNB
- ③ Saddle angle(Na-S-Ar)
- ④ Articular angle(S-Ar-Go)
- ⑤ Gonial angle(Ar-Go-Me)
- ⑥ AB to Mandibular plane angle

라. 자료의 입력

양측성 구조물인 Corpus left, Ramus down, Ar (Articulare)를 포함한 11개 기준점들에 나타나는 쇠구슬과 골표면이 만나는 접촉점을 필름상에서 끝이 예리한 메탈 핀으로 직접 표시한 후, Macintosh 컴퓨터에 연결된 디지털타이저를 이용하여 정해진 순서에 따라 입력하였다. Quick Ceph Image Pro™ version 3.0 프로그램을 사용하여 길이는 0.01mm, 각도는 0.01° 까지 계측하였다. 이때 모든 자료의 입력은 측정자간의 오차를 줄이기 위해 동일한 사람이 시행하였다.

마. 디지털타이저의 신뢰성

모든 표본에 대한 디지털타이저 오차의 분석을 위해 동일한 자료를 동일한 방법으로 3회 디지털타이저 하였고, 3회의 평균치를 그 각도에서의 측정치로 하였다.

최종 계측치는 3회 입력한 계측치의 평균을 이용하였으며 3회 측정치간의 상관계수(r) 값은 0.9956으로 매우 높은 수준의 신뢰성을 보였다.

바. 통계분석

4개의 선계측항목과 6개의 각계측항목에 대해 기준위치 (0°) 에서 ±15° 까지의 계측치를 각각 구하였다. SPSS 통계프로그램을 이용하여 기준위치 (0°)의 계측치와 두부회전에 따른 각각의 계측치들 사이에 paired t-test를 시행하고 통계학적인 유의성 여부를 검증하였다.

연구성적

1. 선계측항목

가) 수평선계측항목

① 전두개저의 길이 (Table 1-2, Fig. 6)

기준위치 (0°) 에서의 전두개저 길이는 71.27 mm였다. 기준위치 (0°) 에 대해 필름방향으로 회전각도 (-)가 증가시 점진적으로 길이가 짧아졌고, 초점방향으로 회전각도 (+)가 증가시에는 길어지다가 짧아졌으며 그 변화량은 크지 않았다.

기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도(-) 모두에서 차이가 있었고 (P<0.05), 초점방향으로의 회전각도(+)는 +9° 이상에서 차이가 있었다 (P<0.01).

기준위치 (0°) 에서의 전두개저 길이에 비해 회전각도 +12° 까지와 -4° 까지의 전두개저 길이는 1% 이하의 오차를 보였으며 -15° 에서 3.83 mm가 축소되어 -5.37 %의 최대감소를 보였다.

② 하악체 길이 (Table 1-2, Fig. 7)

기준위치 (0°)에서의 하악체 길이는 77.13 mm였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로 회전각도 (-)가 증가시 점진적으로 길이가 짧아졌고, 초점방향으로 회전각도 (+)가 증가시에는 길어지다가 짧아졌으며 그 변화량은 크지 않았다.

기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-)는 -2° 이상에서 차이가 있었고 (P<0.01), 초점방향으로의 회전각도 (+)는 +11°~+13° 를 제외한 +2° 이상에서 차이가 있었다 (P <0.05).

기준위치 (0°)에서의 하악체 길이에 비해 초점방향으로의 회전각도(+)모두와 필름방향으로의 회전각도 중 -4° 까지의 하악체 길이는 1% 미만의 오차를 보

Table 1. The comparison of mean value between reference angle(0°) and - head rotation angles, and percentage of error

Measurement	-15°	-14°	-13°	-12°	-11°	-10°	-9°	-8°	-7°	-6°	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°
<i>Linear</i>																
1. N-S(mm)	Mean	67.44***	67.74***	86.18***	68.44***	68.89***	69.23***	69.52***	70.12***	70.29***	70.45***	70.62***	70.84***	70.95***	71.13*	71.27
	S.D	4.81	4.67	4.67	4.69	4.72	4.66	4.69	4.70	4.72	4.69	4.74	4.75	4.75	4.70	4.66
	Error(%)	-5.37	-4.95	-4.33	-3.97	-3.34	-2.86	-2.46	-2.17	-1.61	-1.38	-0.91	-0.60	-0.46	-0.20	0.00
2. Go-Me(mm)	Mean	72.67***	73.07***	73.56	73.78***	74.15***	74.61***	75.15***	75.37***	75.74***	76.18***	76.40***	76.64***	76.80**	76.81	77.13
	S.D	5.96	6.05	6.07	5.97	6.05	6.14	5.99	6.18	6.14	6.14	6.21	6.25	6.26	6.19	6.26
	Error(%)	-5.78	-5.26	-4.63	-4.35	-3.86	-3.26	-2.57	-2.28	-1.79	-1.54	-0.94	-0.64	-0.42	-0.41	0.00
3. N-Me(mm)	Mean	116.80	116.91***	117.04***	117.19***	117.30***	117.44***	117.54***	117.71***	117.81***	117.93***	118.12***	118.21***	118.29**	118.51	118.58
	S.D	8.80	8.82	8.72	8.79	8.83	8.75	8.77	8.81	8.85	8.80	8.92	8.70	8.78	8.85	8.81
	Error(%)	-1.49	-1.40	-1.29	-1.67	-1.07	-0.95	-0.87	-0.73	-0.73	-0.64	-0.38	-0.30	0.23	0.05	0.00
4. S-go(mm)	Mean	85.66	85.73	85.76	85.72	85.88	85.73	85.78	85.83	85.87	85.80	85.95	85.95	85.95	85.92	85.86
	S.D	9.39	9.44	9.47	9.52	9.61	9.51	9.49	9.47	9.43	9.62	9.53	9.58	9.47	9.48	9.54
	Error(%)	-0.23	-0.15	-0.11	-0.16	0.02	-0.15	-0.08	-0.03	0.02	-0.06	0.11	0.11	0.11	0.07	0.00
<i>Angular</i>																
5. SNA(°)	Mean	80.58	80.43	80.54*	80.61	80.50*	80.61	80.59*	80.59*	80.62	80.72	80.67	80.74	80.83	80.75	80.86
	S.D	5.55	5.31	5.24	5.29	5.28	5.14	5.12	5.13	5.12	4.98	4.90	4.98	5.04	5.03	4.98
	Error(%)	-0.34	-0.51	-0.40	-0.31	-0.44	-0.31	-0.32	-0.32	-0.29	-0.17	-0.23	-0.15	-0.03	-0.13	0.00
6. SNB(°)	Mean	81.01	81.02	81.50	81.11	81.08	81.08	81.15	81.15	81.16	81.25	81.25	81.28	81.32	81.26	81.30
	S.D	6.85	6.78	6.79	6.83	6.84	6.75	6.86	6.78	6.87	6.78	6.83	6.90	6.88	6.91	6.94
	Error(%)	-0.35	-0.34	-0.43	-0.24	-0.27	-0.28	-0.19	-0.19	-0.17	-0.06	-0.07	-0.03	0.02	-0.05	0.00
7. N-S-Ar(°)	Mean	132.53	132.52	132.71	132.71	132.75	132.88	133.05	133.18	133.17	133.12	133.31	133.32	133.38	133.45	133.21
	S.D	8.62	8.61	8.40	8.46	8.40	8.36	8.44	8.07	8.26	8.17	8.21	8.10	8.07	8.18	8.13
	Error(%)	-0.51	-0.52	-0.37	-0.37	-0.34	-0.25	-0.12	-0.02	-0.03	-0.06	0.07	0.09	0.13	0.18	0.00
8. S-Ar-Go(°)	Mean	136.89**	136.86**	136.68**	136.60**	136.46*	136.27*	136.27*	136.03	135.86	135.89	135.76	135.70	135.59	135.57	135.40
	S.D	8.97	9.20	8.66	8.63	8.71	8.84	8.68	8.42	8.66	8.46	8.63	8.49	8.27	8.19	8.13
	Error(%)	1.10	1.08	0.95	0.88	0.78	0.64	0.64	0.47	0.34	0.36	0.27	0.22	0.14	0.13	0.00
9. Ar-Go-Me(°)	Mean	116.39	116.40	116.32	116.21	116.38	116.51	116.22*	116.36	116.42	116.48	116.41*	116.43	116.56	116.52	116.59
	S.D	6.13	6.23	6.09	5.97	6.05	6.08	6.14	6.16	6.18	6.19	6.01	6.20	6.08	5.98	6.14
	Error(%)	-0.16	-0.16	-0.22	-0.32	-0.18	-0.07	-0.31	-0.20	-0.14	-0.09	-0.15	-0.13	-0.02	-0.06	0.00
10. AB/Go-Me(°)	Mean	75.99	75.95	76.15	76.06	76.21	76.08	76.05	76.11	76.22	76.09	76.03	76.02	75.99	76.18	75.92
	S.D	7.38	7.63	7.55	7.60	7.65	7.60	7.63	7.61	7.76	7.67	7.68	7.82	7.71	7.62	7.94
	Error(%)	0.09	0.03	0.30	0.18	0.38	0.21	0.16	0.23	0.40	0.21	0.13	0.13	0.09	0.33	0.00

(tested by) paired t-test

Reference group : 0

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** p<0.001

Table 2. The comparison of mean value between reference angle(0°) and + head rotation angles, and percentage of error

Measurement	0°	+1°	+2°	+3°	+4°	+5°	+6°	+7°	+8°	+9°	+10°	+11°	+12°	+13°	+14°	+15°	
<i>Linear</i>																	
1. N-S(mm)	Mean	71.27	71.29	71.23	71.34	71.38	71.30	71.29	71.15	71.21	71.02**	70.89***	70.77***	70.59***	70.42***	70.11***	70.00***
	S.D	4.66	4.72	4.74	4.75	4.80	4.79	4.72	4.78	4.72	4.75	4.73	4.68	4.58	4.63	4.62	4.62
	Error(%)	0.00	0.03	0.06	0.10	0.15	0.04	0.03	-0.17	-0.08	-0.35	-0.53	-0.70	-1.19	-1.63	-1.78	-1.78
2. Co-Me(mm)	Mean	77.13	77.18	77.37*	77.61**	77.64**	77.46*	77.61***	77.43*	77.62**	77.46*	77.45*	77.17	77.01	76.95	76.73*	76.38***
	S.D	6.26	6.33	6.20	6.31	6.44	6.26	6.29	6.29	6.24	6.32	6.24	6.38	6.01	6.16	6.15	6.10
	Error(%)	0.00	0.07	0.31	0.62	0.66	0.43	0.63	0.39	0.64	0.43	0.42	0.06	-0.15	-0.23	-0.52	-0.97
3. N-Me(mm)	Mean	118.58	118.69*	118.71	118.88*	118.88*	119.09***	119.29***	119.46***	119.57***	119.72***	119.79***	119.95***	119.99***	120.16***	120.30***	120.36***
	S.D	8.81	8.90	8.85	8.84	8.61	8.93	9.01	8.94	8.91	8.90	9.01	9.01	9.02	9.11	9.06	9.08
	Error(%)	0.00	0.10	0.12	0.26	0.26	0.44	0.61	0.75	0.84	0.97	1.03	1.17	1.20	1.34	1.46	1.51
4. S-go(mm)	Mean	85.86	85.88	86.00	85.95	85.89	86.01	86.02	86.17	86.09	86.17*	86.02	86.09	86.16	86.03	86.19*	86.27*
	S.D	9.54	9.52	9.51	9.39	9.50	9.59	9.60	9.58	9.44	9.50	9.58	9.51	9.56	9.54	9.60	9.50
	Error(%)	0.00	0.03	0.17	0.11	0.04	0.18	0.19	0.36	0.27	0.37	0.21	0.28	0.35	0.20	0.39	0.48
<i>Angular</i>																	
5. SNA(°)	Mean	80.86	80.90	80.82	80.92	80.79	80.85	80.80	80.75	80.74	80.89	80.89	80.83	80.84	80.78	80.77	80.71
	S.D	4.98	4.91	5.03	5.01	4.94	5.00	4.93	4.92	5.04	5.08	4.92	5.02	5.13	5.02	5.06	5.29
	Error(%)	0.00	0.06	-0.04	0.09	-0.08	0.00	-0.07	-0.14	-0.15	0.05	0.04	-0.04	-0.02	-0.10	-0.11	-0.18
6. SNB(°)	Mean	81.30	81.39	81.44	81.39	81.30	81.33	81.32	81.31	81.21	81.16	81.21	81.13*	81.10	81.07*	81.02*	80.94*
	S.D	6.94	6.94	6.84	6.80	6.97	6.99	6.90	6.97	6.96	6.93	7.01	7.04	7.00	7.08	7.02	7.05
	Error(%)	0.00	0.12	0.17	0.11	0.00	0.03	0.03	0.02	-0.11	-0.17	-0.11	-0.21	-0.25	-0.28	-0.35	-0.43
7. N-S-Ar(°)	Mean	133.21	133.16	133.37	133.26	133.29	133.28	133.39	133.49	133.42	133.34	133.33	133.38	133.28	133.40	133.17	133.08
	S.D	8.13	8.04	7.96	7.83	8.01	8.23	7.87	7.87	7.93	7.66	7.83	8.08	8.03	8.05	7.96	7.96
	Error(%)	0.00	-0.04	0.12	0.04	0.06	0.05	0.14	0.21	0.16	0.10	0.09	0.13	0.05	0.15	-0.03	-0.10
8. S-Ar-Go(°)	Mean	135.40	135.45	135.53	135.73	135.82	135.82	136.03	135.85	136.37**	136.28*	136.44**	136.15	136.23*	136.51**	136.64**	136.75**
	S.D	8.13	8.13	8.01	8.09	8.18	7.99	8.04	8.09	8.05	7.88	7.75	8.19	7.75	7.82	7.60	7.60
	Error(%)	0.00	0.03	0.10	0.25	0.31	0.31	0.46	0.32	0.71	0.66	0.78	0.55	0.61	0.81	0.92	1.00
9. Ar-Go-Me(°)	Mean	116.59	116.65	116.60	116.70	116.77*	116.75	116.84	117.04**	116.86	116.89	117.01	117.09**	117.09*	117.15*	117.15*	117.36**
	S.D	6.14	6.12	6.16	6.19	6.24	5.96	6.03	6.12	6.17	6.34	6.20	6.39	6.15	6.14	6.23	6.22
	Error(%)	0.00	0.06	0.01	0.10	0.16	0.14	0.22	0.39	0.03	0.27	0.36	0.43	0.43	0.31	0.48	0.66
10. AB/Go-Me(°)	Mean	75.92	75.87	75.69*	75.70	75.68**	75.63*	75.78	75.64*	75.62	75.66	75.53*	75.52*	75.49*	75.34*	75.39*	75.40*
	S.D	7.94	7.80	7.75	7.79	7.80	7.86	7.58	7.78	7.69	7.75	7.83	7.77	7.72	7.62	7.76	7.65
	Error(%)	0.00	-0.08	-0.30	-0.29	-0.32	-0.39	-0.19	-0.38	-0.40	-0.35	-0.52	-0.53	-0.57	-0.77	-0.70	-0.70

(tested by) paired t-test

Reference group : 0

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** p<0.001

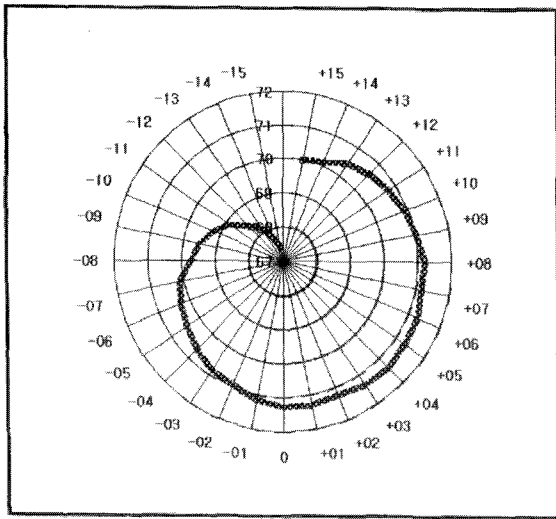


Fig. 6. Anterior cranial base length(S-Na)

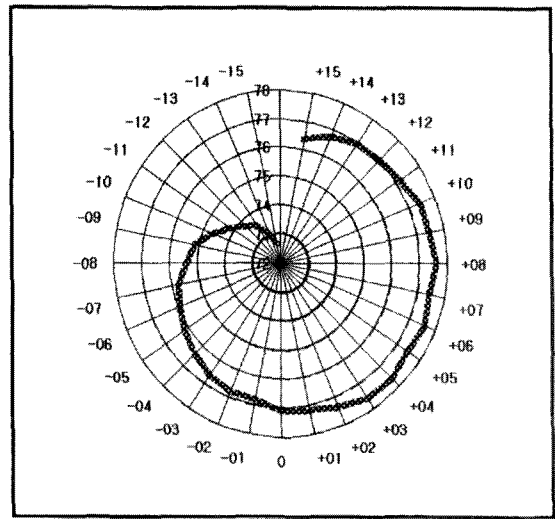


Fig. 7. Mandibular body length(Go-Me)

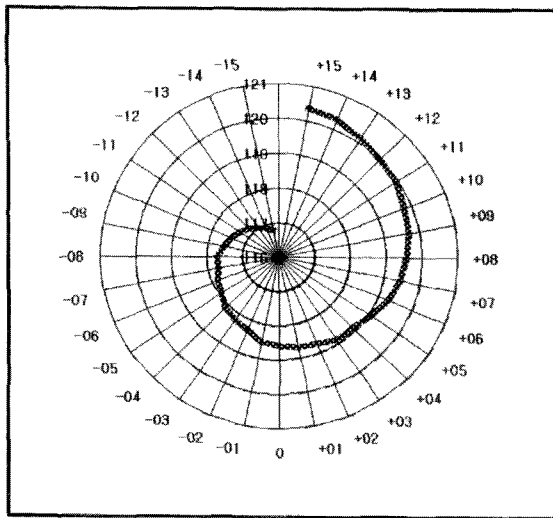


Fig. 8. Anterior facial height(Na-Me)

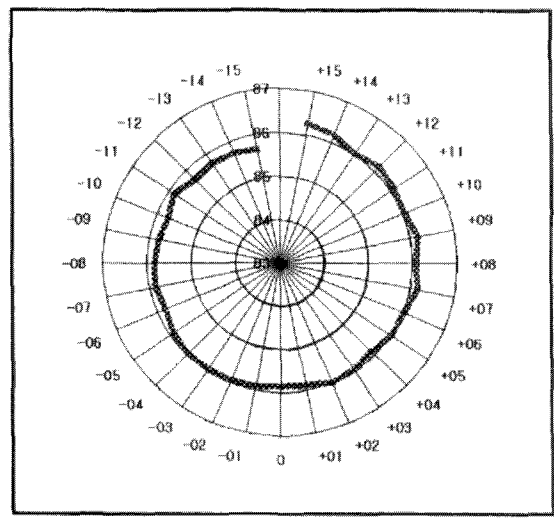


Fig. 9. Posterior facial height(S-Go)

였으며 -15° 에서 4.46 mm가 축소되어 -5.78 % 의 최대감소를 보였다.

나) 수직선계측항목

① 전안면고경 (Table 1-2, Fig. 8)

기준위치(0°)에서의 전안면고경은 118.58 mm였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로 회전각도(-)가 증가시 점진적으로 길이가 짧아졌고, 초점방향으로 회전각도(+)가 증가시에는 길이가 길어졌으며 그 변

화량은 회전방향에 관계없이 유사했다.

기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-)는 -2° 이상에서 차이가 있었고 (P<0.01), 초점방향으로의 회전각도 (+)는 +2° 를 제외한 모든 각도에서 차이가 있었다 (P <0.05).

기준위치 (0°)에서의 하악체 길이에 비해 초점방향으로의 회전각도 (+)와 필름방향으로의 회전각도는 ±10° 까지 1% 정도 이하의 오차를 보였고, +15° 에서 1.79 mm가 확대되어 1.51%의 최대감소를 보였다.

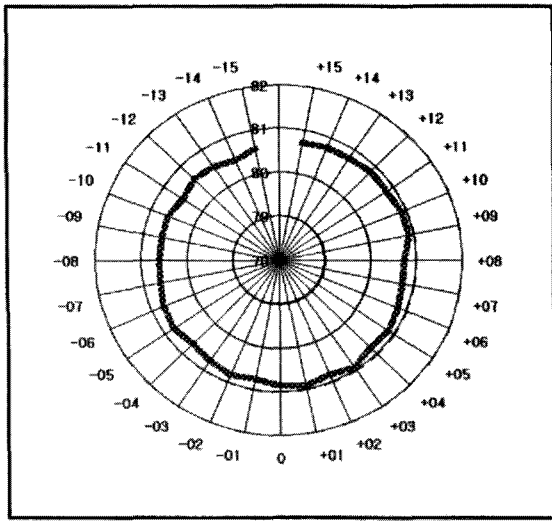


Fig. 10. SNA

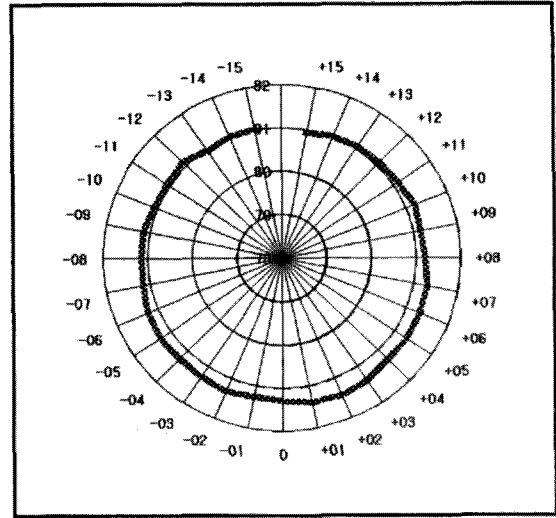


Fig. 11. SNB

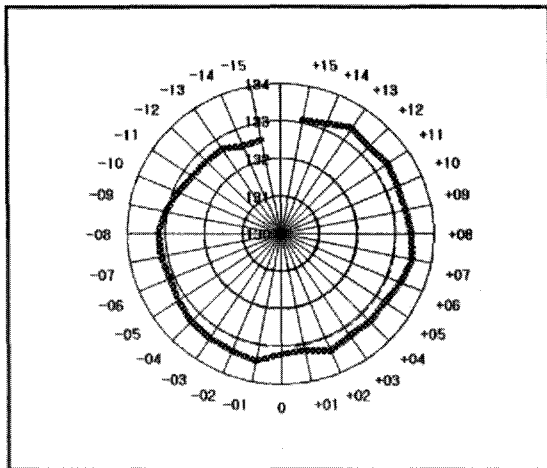


Fig. 12. Saddle angle (Na-S-Ar)

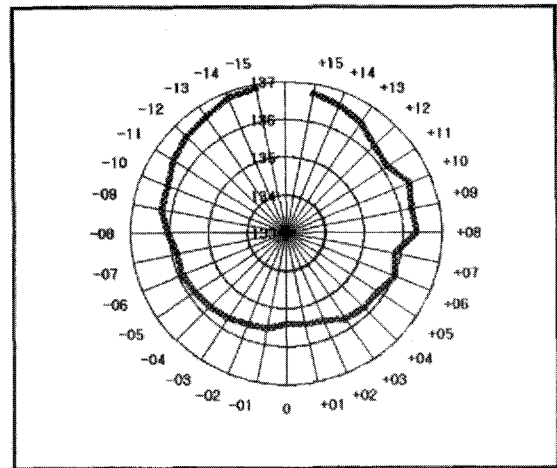


Fig. 13. Articular angle (S-Ar-Go)

② 후안면고경 (Table 1-2, Fig. 9)

기준위치 (0°)에서의 후안면고경은 85.86 mm였다. 기준위치 (0°)에 대해 회전방향에 관계없이 길이의 변화량이 매우 적었으며 초점방향으로 회전시 약간 더 컸다.

기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-) 모두에서 차이가 없었고 (P> 0.05), 초점방향으로의 회전각도 (+)중 +9°, +14°, +15° 에서 차이가 있었으며 (P<0.05), 모든 회전 각도에서 0.5% 미만의 오차를 보였다.

2. 각계측항목

① SNA (Table 1-2, Fig. 10)

기준위치 (0°)에서의 SNA는 80.86° 였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-) 중 -8°, -9°, -11°, -13° 에서 차이가 있었고 (P<0.05), 초점방향으로의 회전각도 (+)모두에서 차이가 없었으며 (P>0.05), 모든 회전 각도에서 0.5% 미만의 차이를 보였다.

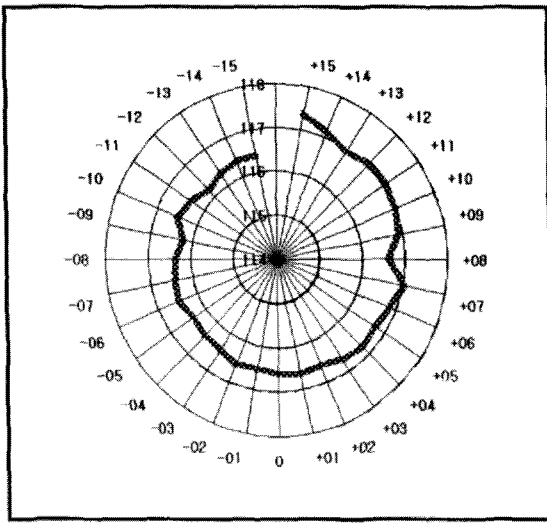


Fig. 14. Gonial angle(Ar-Go-Me)

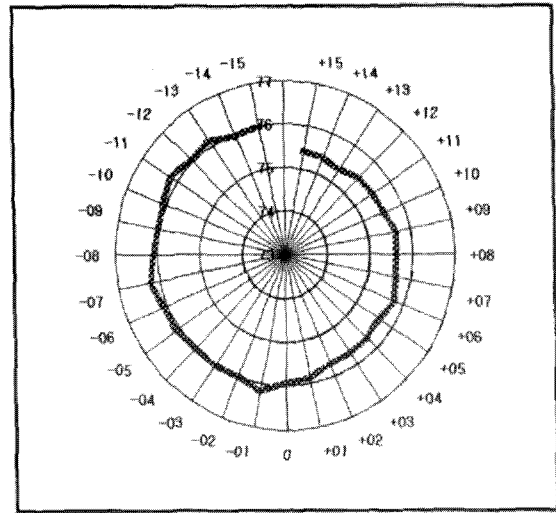


Fig. 15. AB to Mandibular plane angle

② SNB (Table 1-2, Fig. 11)

기준위치 (0°)에서의 SNB는 81.30° 였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-) 모두에서 차이가 없었고 (P> 0.05), 초점방향으로의 회전각도 (+)중 +11°, +13°~+15° 에서 차이가 있었으며 (P<0.05), 모든 회전 각도에서 0.5% 미만의 오차를 보였다.

③ Saddle angle(Na-S-Ar) (Table 1-2, Fig. 12)

기준위치 (0°)에서의 Saddle angle(Na-S-Ar)은 133.21° 였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도 (-)와 초점방향으로의 회전각도 (+) 모두에서 차이가 없었으며 (P> 0.05), 모든 회전 각도에서 0.5% 미만의 오차를 보였다.

④ Articular angle (S-Ar-Go) (Table 1-2, Fig. 13)

기준위치 (0°)에서의 Articular angle (S-Ar-Go)은 135.40° 였다. 기준위치 (0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도(-)중 -9° 이상에서 차이가 있었고 (P<0.05), 초점방향으로의 회전각도(+)중 +11° 를 제외한 +8° 이상에서 차이가 있었다 (P<0.05). 모든 회전 각도에서 1% 미만의 오차를 보였다.

⑤ Gonial angle (Ar-Go-Me) (Table 1-2, Fig. 14)

기준위치(0°)에서의 Gonial angle(Ar-Go-Me)은 116.59°였다. 기준위치(0°)에 대해 필름방향으로의 회

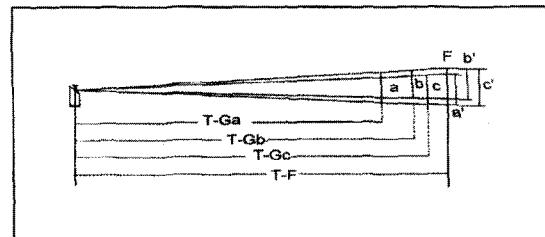


Fig. 16. Two-dimensional representation of radiographic projection depicting that if the line gauge is placed parallel to the x-ray film then the relation between a line gauge and its images on the x-ray films will be definite ratio which is equal to the ratio between its respective target-gauge distance and target-film distance. T Target of x-ray film. F, X-ray film. T-G Target-line gauge distance of position a. T-Gb. Target-line distance of position b. T-Gc. Target-line gauge distance of position c. T-F. Target-film distance.

전각도(-)중 -4°, -5°, -9° 에서 차이가 있었고 (P<0.05), 초점방향으로의 회전각도(+)중 +4°, +7°, +11°~+15° 에서 차이가 있었다 (P<0.05). 모든 회전 각도에서 1% 미만의 오차를 보였다.

⑥ AB to Mandibular plane angle (Table 1-2, Fig. 15)

기준위치(0°)에서의 AB to Mandibular plane angle 은 75.92° 였다. 기준위치(0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도(-) 모두에서 차이가 없었고 (P>0.05), 초점 방향으로의 회전각도(+) 중 +2°, +4°, +5°, +7°, +10° ~ +15° 에서 차이가 있었다 (P<0.05). 모든 회전 각도에서 1% 미만의 오차를 보였고, 초점방향으로의 회전 각도(+)가 증가함에 따라 더 큰 감소를 보였다.

총괄 및 고안

두부방사선사진상에서 해부학적 기준점들을 연결 한 선과 필름간의 거리, 각도를 정확히 알고 있지 않는 한 상의 길이를 정확하게 산출하는 것은 불가능하다. 따라서 해부학적 기준점들을 연결한 선과 필름이 평행하면서 이 선과 필름사이의 거리를 알아야 비로 소 선 길이 (a,b,c)와 필름상의 상 길이 (a',b',c')사이 비율이 초점-선 거리 (T-Ga, T-Gb, T-Gc)와 초점-필름 거리 (T-F)사이의 비율과 동일하게 될 수 있다 (즉 $a/a' = T-Ga/T-F$, $b/b' = T-Gb/T-F$, $c/c' = T-Gc/T-F$, Fig. 16).²¹⁾ 이렇게 되면 예측과 계측이 불가능한 상의 크기 변화를 의미하는 투사변형은 야기되지 않는다.

일반적으로 인간의 두부는 정중시상면에 대해서 양측성이고 대칭적이며 대부분의 두부방사선 계측 기준점들은 이 정중시상면에 위치한다. 두부는 정 중시상면에 대해 대개 수직인 외이도를 연결한 선에 위치하기 때문에 필름에 대해 비교적 평행하다. 많은 연구자들이 측모두부방사선상에서의 계측을 다른 두 부방사선상에서의 계측보다 더 신뢰하는 이유도 바로 이러한 평행관계 때문이다.¹⁶⁾

그러나 어떤 계측이 정중시상면 밖에 있는 점을 포함한다면 이들 해부학적 기준점들의 위치가 측정되지 않는 한 필름상에서는 확인될 수 없기 때문에 계 측능력은 훨씬 감소된다. 두 개의 교차되는 선들 사이의 각 또한 물체면이 필름면에 평행할 경우에 한해 상과 실제 계측치가 서로 일치할 수 있으나 실제적으로는 필름에 투사될 때 변형됨으로서 원래보다 더 예 각이나 둔각이 될 수 있다. 즉 좌우측의 해부학적 형태가 동일하고 정중시상면상에서 양측이 서로 거울 상을 보이며 정중시상면이 필름에 평행하다면 좌우 측 상을 이등분하는 것이 논리적이다.¹⁶⁾ 그러나 실제로는 방사선사진은 촬영시 조사선이 투과되는 물체

의 모든 부분에 평행하게 진행되지 않기 때문에 상의 확대는 필연적으로 발생되고, 서로 다른 평면간에 서로 다른 비율로 확대됨으로서 상의 왜곡이 발생할 수 있다. 본 연구에서도 기준위치(0°)에 대해 필름방향으로의 회전각도(-)와 초점방향으로의 회전각도(+) 사이의 계측치 모두 서로 다른 차이를 보였는데, 이는 서로 다른 평면간에 서로 다른 비율로 확대되었기 때문에 기인된 것으로 사료된다.

두부방사선 계측의 정확성은 투사오차, 기준점 식별오차, 기준점 인기오차, 그리고 계측기술 오차등 다양한 원인의 오차에 의해 영향받을 수 있다. 이러한 오차는 두부방사선사진을 이용한 교정적 진단에 크고 작은 영향을 미칠 뿐 만 아니라, 계측기술을 이용한 연구에서는 이러한 투사오차의 실제 크기가 고려 되지 못하고 감추어져 있을 수 있으므로^{1,2)} 이들 서로 다른 원인의 오차들에 대한 분석이 이루어져야 할 필요가 있다.

측모두부방사선사진 촬영시 횡축(X축)을 중심으로 한 회전은 상을 왜곡시키지 않는다. 이는 두부가 회전 되더라도 중앙 조사선과 평행하므로 필름상에서 전체적인 상의 위치만을 변화시킬 뿐, 기준점들간의 관계는 변화시키지 않기 때문이다.^{1,2)} 그러나 전후방축(Y축)을 중심으로 한 회전은 기준점들 간에 수평적으로는 영향을 주지 않고 수직적으로 영향을 미친다. 즉 양측성 구조물들이 같은 양으로 이동하게 되고, 회전 축으로 부터의 기준점 거리에 따라 실제 기준점들간의 수직거리가 변하게 된다. 이에 대해 Ahlqvist 등²²⁾은 전후방축(Y축)을 중심으로 실제 건조두개골과 유사한 컴퓨터 모형을 이용한 연구하였으나 본 연구에서는 컴퓨터 모형이 아닌 건조두개골을 사용하여 실제 임상상에서와 동일한 방법으로 두부회전에 따른 투 사오차를 구하고자 하였으므로 전후방축(Y축)을 중심으로 규격화 시키기 어려워 본 연구에 포함시키지 않았다. 그러나 엄밀한 의미에서는 두부방사선사진 촬영시 전후방축(Y축), 수직축(Z축), 횡축(X축)을 중심으로한 두부 회전이 복합적으로 일어날 수 있기 때문에 이를 규격화 할 수 있는 방법이 고안된다면 이에 대한 부가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 수 직축(Z축)을 중심으로 한 회전은 전후방축을 중심으로 회전한 결과와는 달리 수직관계는 영향을 받지 않는 반면 수평관계만 영향을 받는다. 만일 두개골내에서 정중기준면으로부터 기준점들이 전후방으로 동일한 거리에 위치하지 않는다면 이 축을 중심으로 한 어떤 회전에도 정중선과 양측성 기준점들사이의 관

계가 변하게 된다. 따라서 이상적으로 수직축(Z축)을 중심으로 한 회전효과를 제거하기 위해서는 두개골 내에서 정중선에 대해 전후방적으로 동일하게 위치한 양측성 기준점들을 계측해야만 가능하다고 할 수 있다.^{1,2)}

측모두부방사선 촬영시 세팔로스테트내의 두부고정장치인 ear rod와 nasal positioner등을 사용하여 두부를 고정한다 하더라도 두부는 3차원적으로 변위될 수 있다. 특히 고정환자의 많은 비율을 차지하는 소아나 청소년 환자의 경우 비협조로 인해 두부의 변위가 더 심해질 수 있고, 악안면 기형으로 인한 해부학적 이상이 있는 경우에도 세팔로스테트내의 두부고정장치에 의한 고정이 불완전하여 두부의 변위가 더 심해질 수 있다. 또한 반복된 사용으로 인해 세팔로스테트 자체가 완전히 고정되지 않고 약간의 회전이 일어나게 되는 경우도 있다. 본 연구에서는 초점, 세팔로스테트, 물체와 필름의 평행이동과 각각의 축에 대한 회전, 초점-물체간 거리, 초점-필름간 거리등의 22개 독립변수를 설정하여 컴퓨터 프로그램상에서 이론적인 계산하여 투사오차의 영향을 분석한 Ahlqvist 등^{22,23)}의 연구와는 달리 수직축(Z축)을 중심으로 두부가 회전됨으로서 야기되는 투사오차를 규명하기 위해 건조두개골 중 비교적 상태가 양호하고 특별한 비대칭이 없는 영구치열기의 건조두개골 17개를 표본으로 사용하여 실제 임상에서 측모두부방사선사진을 촬영하는 조건과 동일하게 하여 본 연구를 시행하였으므로 실제 환자에서도 본 연구와 유사한 결과를 보일 것으로 사료된다.

선 계측의 투사오차에 대해 Ahlqvist 등²²⁾은 전후방축(Y축)과 수직축(Z축)을 중심으로 한 회전효과가 동일하다고 보고 전후방축(Y축)을 중심으로 실제 건조두개골과 유사한 컴퓨터 모형을 이용한 연구에서 필름방향과 초점방향으로 5° 회전되었을 때 1% 이하의 오차를 보일 정도로 투사오차가 미미해서 중요하지 않고 대부분의 경우 다른 오차에 의한 영향과 구분하기 어렵다고 하였다. 그러나 회전이 증가되면 오차가 증가되고 필름방향과 초점방향 모두 5° 이상에서는 약간의 각도 증가에서도 의미를 가진다고 하였다. 본 연구에서는 수직축(Z축)을 중심으로 건조두개골을 회전시켰으므로 이들의 연구와 동일한 비교라고 보기는 힘들지만 결과적으로는 이들의 연구 결과와는 다르게 회전방향에 따라 투사오차의 양이 차이를 보였다. 즉 필름방향의 회전에서는 전두개저 길이와 하악체 길이 모두 회전됨에 따라 점진적으로 감소

되었다. 전두개저 길이는 -1° 부터 차이를 보였고 (P<0.05), 하악체 길이는 -2° 부터 차이를 보였으며 (P<0.01), -5° 부터 1% 이상의 오차를 보이기 시작하여 -15° 에서 -5.37% (3.83 mm 축소)와 -5.78% (4.46mm 축소)의 최대감소를 보여 이들의 연구와 일치했는데 이는 필름방향으로 회전시 필름에 가까워짐에 따라 상이 축소되고, 회전 자체로도 상이 축소됨으로서 점진적으로 감소되어 나타난 결과라고 생각된다. 그러나 초점방향으로의 회전에서는 전두개저와 하악체 길이 모두 회전각이 증가함에 따라 증가되다가 감소되었으며, 전두개저 길이는 +12° 까지, 하악체 길이는 모든 회전각에서 1% 이하의 오차를 보여 이들의 연구와 일치하지 않았는데 이는 필름에서 멀어짐에 따라 상이 확대되고, 회전 자체로는 상이 축소됨으로서 이들이 서로 상쇄되어 나타난 결과라고 생각된다. 즉, 회전자체에 의한 상의 축소보다는 필름에서 멀어짐으로 인해 야기된 상의 확대가 더 우세한 경우에는 길이가 증가되고, 회전자체에 의한 상의 축소가 필름에서 멀어짐으로 인해 야기된 상의 확대보다 우세한 경우에는 길이가 감소됨으로서 야기된 결과라고 생각된다.

전안면고경은 필름방향으로 회전시 -2° 부터 차이를 보였고 (P<0.01), 초점방향으로 회전시에는 -1° 부터 (-2° 제외) 차이를 보였으며 (P<0.05), ±10° 이상에서 1% 이상의 오차를 보였다. 그러나 후안면고경은 모든 회전 각도에서 0.5% 미만의 오차를 보였으며 두부회전에 따른 변화가 선계측 중 가장 작았다. 회전축에 대한 수평관계의 선계측항목은 수직관계의 선계측항목보다 오차가 컸으며, 하악체 길이에서 더 큰 오차를 보인 이유는 전두개저 보다 중앙 조사선으로부터 수직적으로 더 멀리 위치하고, 양측성 구조물을 포함하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 후안면고경은 양측성 기준점들을 포함하고는 있지만 회전축에 가깝기 때문에 오차가 작았다고 생각된다.

각계측의 투사오차에 대해 Ahlqvist 등²³⁾은 컴퓨터 상에서 다양한 기하학적 모델을 제작하고 수직축(Z축)과 전후방축(Y축)을 중심으로 회전시켜 연구한 결과 필름방향과 초점방향 모두 10° 회전시 각 왜곡이 ±0.6°을 초과하지 않는다고 하였고, 필름방향과 초점방향으로 5° 회전시 각 왜곡의 최대치가 수십분의 일에 불과하여 의미가 없다고 하였다. 또한 실제 건조두개골과 유사한 컴퓨터 모형을 이용한 연구에서도 필름방향과 초점방향으로 5° 회전시 각 왜곡이 ±1°를 초과하지 않았고, 대부분의 경우 ±0.5° 미만이었다고

보고하였으며, 필름방향과 초점방향으로 10° 회전시에는 왜곡이 증가되었으나 이 경우도 $\pm 2^\circ$ 범위내에 해당된다고 하였다. 결론적으로 측모두부방사선사진을 촬영할 때 필름방향과 초점방향 모두 10° 정도의 두부회전이 발생 가능한 최대치이고 실제적으로는 5° 회전도 임상시술과정에서 발생되기 힘들므로 결국 투사오차는 전체 오차에 비해 미미하다고 하였다. 본 연구에서는 수직축(Z축)을 중심으로 건조두개골을 회전시켰으므로 이들의 연구와 동일한 비교라고 보기는 힘들지만 결과적으로는 각계측 오차에서 SNA, SNB, saddle angle이 모든 회전 각도에서 0.5%(각 왜곡의 최대치 : -0.69°) 미만의 오차를 보였고, 다소 더 큰 왜곡을 보인 articular angle, gonial angle, AB to Mandibular plane angle도 모든 회전 각도에서 오차가 1%를 넘지 않아 이들의 연구결과에 비해 각계측의 투사오차가 훨씬 작았다. 이처럼 모든 회전 각도에서 최대 각 왜곡이 1% 미만으로 선계측에 비해 두부회전에 따른 오차가 매우 작았는데, 이는 두부회전에 따른 측모두부방사선 계측치의 투사오차를 최소화하기 위해서는 선계측항목 보다는 각계측항목을 사용하는 것이 유용하다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서와 같이 두부회전이 측모두부방사선 계측치에 미치는 투사오차의 관점에서 본다면 안모의 성장양상을 분석하는 Jarabak 분석법의 경우, 선계측항목인 facial height ratio 보다는 각계측항목인 saddle angle, articular angle, gonial angle의 합인 SUM이 보다 유용한 진단적 가치를 지니고 있다고 할 수 있다.

측모두부방사선사진을 이용한 두개안면부 성장의 예측과 분석시에는 미세한 오차라도 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다. 본 연구결과에서 처럼 수평선계측항목의 1% 투사오차가 측모두부방사선사진상에서 전두개저 길이(CC-Na)의 연간 성장량(1.0 mm)²⁴⁾에 근접할 뿐 만 아니라, 하악체 길이(Xi-PM) 연간 성장량(2.0 mm)²⁴⁾의 절반정도에 해당되므로 이러한 투사오차의 양이 결코 무시할 수 있는 양은 아니라고 생각된다. 또한 본 연구에서 시행한 수직축(Z축)외에 전후방축(Y축)을 중심으로 두부가 회전됨으로서 야기되는 투사오차까지도 고려한다면 측모두부방사선사진은 환자가 본래 지니고 있는 상황과는 전혀 다른 의미로 해석될 수도 있다. 따라서 측모두부방사선사진 촬영시 가능한 범주내에서 투사오차를 줄이고, 동일 환자의 두부위치를 정확하게 재현함으로써 측모두부방사선사진이 교정치료에 의한 변화나 성장변화를 분석하고, 성장예측에 유용하게 사용될 수 있도록

하기 위해서는 보다 정확한 방법으로 촬영되어야 하며, 이를 보완할 수 있는 두부고정장치의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 측모두부방사선사진 촬영시 발생될 수 있는 두부회전이 측정된 선, 각계측치들에 어느 정도의 투사오차를 야기시키는지 알아보기 위해 조선대학교 의과대학 해부학교실에 소장중인 건조두개골 중 비교적 상태가 양호하고 특별한 비대칭이 없는 영구치열기의 건조두개골 17개를 표본으로 선택하여 시행하였다. 각각의 건조두개골을 수직축(Z축)을 중심으로 기준위치(0°)에 대해 1° 간격으로 $\pm 15^\circ$ 까지 실험적으로 회전시켜 총 527장의 측모두부방사선사진을 촬영하였다. 이를 근거로 기준위치(0°)에서의 계측치와 각 회전각에서의 계측치들 사이에 paired t-test를 시행하여 측모두부방사선사진 계측치간의 차이를 규명하였으며, 이를 통해 투사오차의 관점에서 교정학적으로 유용한 측모두부방사선 계측항목을 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각계측항목이 선계측항목에 비해 투사오차가 작았다.
2. 각계측항목은 정중시상면에 위치한 기준점들을 많이 포함할수록 투사오차가 작았다.
3. 수평선계측항목의 길이는 필름방향으로 회전됨에 따라 점진적으로 감소되었으나, 초점방향으로 회전됨에 따라서는 증가되다가 감소되었으며 상대적으로 그 변화양이 작았다.
4. 두부회전에 따른 투사오차는 수직선계측항목에 비해 수평선계측항목에서 컸다.
5. 수직선계측항목은 회전축으로부터 거리가 증가함에 따라 투사오차가 증가하였다.

이상을 종합해 볼 때 두부회전에 따른 측모두부방사선사진 계측치의 투사오차를 최소화하기 위해서는 선계측항목 보다는 각계측항목을 사용하는 것이 유용할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The cephalographic projection. Part II. Principles of image distortion in cephalography. Dentomaxillofac Radiol

- 1983 : 12 : 101-108.
2. Eliasson S, Welander U, Ahlqvist J. The cephalographic projection. Part I. General consideration. *Dentomaxillofac Radiol* 1982 : 11 : 117-122.
 3. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application of orthodontics. *Angle Orthod* 1931 : 1 : 45-66, Reprinted 1981 : 51 : 93-114.
 4. 나광천, 윤영주, 김광원. 두부방사선사진의 오류에 관한 연구. *대치교지* 1998 : 28 : 75-84.
 5. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements : 1. Landmark identification. *Am Jm Orthod* 1971 : 60 : 111-27.
 6. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements : 2. Conventional angular and linear measures. *Am Jm Orthod* 1971 : 60 : 505-17.
 7. Carlsson GE. Error in X-ray cephalometry. *Odont T* 1967 : 75 : 99-129.
 8. Cooke MS, Wei SHY. A comparative study of southern Chinese and British Caucasian cephalometric standards. *Angle Orthod* 1989 : 2 : 131-138.
 9. Finlay L. Craniometry and cephalometry : a history prior to the advent of radiography. *Angle Orthod* 1980 : 50 : 312-21.
 10. Graber TM. Implementation of the Roentgenographic cephalometric technique. *Am Jm Orthod* 1958 : 12 : 906-932.
 11. Kantor ML, Phillips CL, Proffit WR. Subtraction radiography to assess reproducibility of patient positioning in cephalometrics. *Am Jm Orthod Dentofac Orthop* 1993 : 4 : 350-354.
 12. Major P, Johnson D, Hesse K, Glover K. Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *Angle Orthod* 1994 : 6 : 447-454.
 13. Major P, Johnson D, Hesse K, Glover K. Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. *Angle Orthod* 1996 : 1 : 51-60.
 14. McWilliam JS, Welander U. The effect of image quality on the identification of cephalometric landmarks. *Angle Orthod* 1978 : 48 : 49-56.
 15. Midtgard, Bjork, Linder-Aronson. Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 1974 : 44 : 56-62.
 16. Slagsvold O, Pedersen K. Gonial angle distortion in lateral head films : A methodologic study. *Am Jm Orthod* 1971 : 71 : 554-564.
 17. Tng TH, Chan CK, Cooke MS, Orth D, Hagg U. Effect of head posture on cephalometric sagittal angular measures. *Am Jm Orthod Dentofac Orthop* 1993 : 104 : 337-341.
 18. Tourne LPM. Accuracy of a commercially available digitizer: A new method for assessment of errors in linearity. *Angle Orthod* 1996 : 6 : 433-440.
 19. Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A. Cephalometric Reliability A Full ANOVA Model for the Estimation of True and Error Variance. *Angle Orthod* 1987 : 2 : 168-175.
 20. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am Jm Orthod* 1983 : 83 : 382-90.
 21. Tsao DH, Kazanoglu A, McCasland JP. Measurability of radiographic images. *Am Jm Orthod* 1983 : 4 : 212-216.
 22. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on cephalometric length measurements. *Europ J Orthod* 1986 : 8 : 141-148.
 23. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *Europ J Orthod* 1988 : 10 : 353-361.
 24. Ricketts RW, Roth RH, Chaconas SJ. *Orthodontic Diagnosis and Planning*. Vol. 1 : Rocky Mountain Data Systems, 1985.

- ABSTRACT-

Changes of lateral cephalometric values according to the rotation of head

Kwang-Soo Kim, Mee-Sun Hwang, Eui-Hwan Choi,
Kwang-Won Kim, Young-Jooh Yoon

*Department of Orthodontics, Department of Oral & Maxillofacial Radiology,
College of Dentistry, Chosun University*

This study was performed to find out the effect of projection errors on cephalometric linear and angular measurements according to head rotation during taking lateral cephalometric radiographs.

Seventeen skulls with permanent dentition and no gross asymmetry were obtained from the Department of Anatomy, Medical School, Chosun University. Total 527 x-ray films were taken with 1° interval from the reference position(0°) to ±15° around the vertical axis (Z axis) which is perpendicular to the midpoint of the line connecting the center of two ear rods in submento-vertex direction.

Statistical analysis was performed by paired t-test if there were statistically significant differences between the mean of the reference position(0°) and that of each rotation angle.

The following results were obtained.

1. The projection errors of angular measurements were smaller than those of linear measurements.
2. The projection errors of angular measurements including midline landmarks were smaller than those including bilateral landmarks.
3. The horizontal linear measurements were gradually decreased when the skull was rotated toward the film, but slightly increased and then decreased when the skull was rotated toward the focal spot. However, the changes were smaller in focal direction.
4. The projection errors of horizontal linear measurements were larger than those of vertical linear measurements.
5. The projection errors of vertical linear measurements were increased with increased distance from the rotation axis to vertical measurements.

It is concluded that the use of angular measurements rather than linear measurements is recommended to minimize the projection errors.

KOREA. J. ORTHOD. 2000 ; 30 : 53-66

※ **Key words** : Projection error, Rotation of head, Lateral cephalometric radiographs