

측두 규격방사선사진 촬영시 두부의 위치변화가 확대율에 미치는 영향

서영훈 · 최영철

경희대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

측두 규격방사선사진 촬영시 피사체의 정중시상면과 필름의 평행관계가 유지된 상태에서 피사체의 수직회전 그리고 피사체의 정중시상면과 필름의 평행이 이루어지지 않는 피사체의 수평회전에 따른 확대율의 변화를 평가하고자 하였다. 이를 위하여 수직회전 및 수평회전을 정밀하게 재현할 수 있는 입체적 기구를 제작하여 측두 규격방사선사진을 촬영한 후, 현상된 필름 상에서 선계측치 및 각도계측치에서의 확대율, 그리고 피사체의 정중시상면을 중심으로 한 좌우 대칭적인 해부학적 구조물 간의 거리차에 의한 확대율의 차이를 비교하였다. 그 결과, 측두 규격방사선사진을 촬영시 피사체의 정중시상면과 필름의 평행관계가 유지된 상태에서 두부 고정장치의 양측 귀꽃이를 중심축으로 한 수직회전은 모든 계측치의 확대율에 영향을 미치지 않으나, 정중시상면의 수평회전이 커질수록 수평계측치에서는 대체로 확대율의 감소가 커지는 반면, 필름 우측의 수직계측치에서는 확대율의 점진적인 증가가, 좌측의 수직계측치에서는 확대율의 점진적인 감소가 나타나며, 동일한 회전량일 때 수직계측치에서보다 수평계측치에서 대체로 더 큰 차이가 나타나 측두 규격방사선사진의 촬영 시에는 피사체의 정중시상면과 필름과의 평행관계 유지의 중요성과 함께 피사체의 수평회전의 정도에 따른 필름의 부위별 확대율 변화의 유형을 숙지해야 할 것으로 가능된다.

주요어 : 측두 규격방사선사진, 확대율, 오류, 선계측, 각계측

I. 서 론

1922년 Pacini와 Carrera가 최초로 측두 방사선사진을 촬영한 이후, 1931년 Broadbent¹⁾가 두부 (측두 및 후전방 두부) 규격방사선사진을 치의학에 소개한 바 있다. 이 촬영술은 임상가 또는 연구가 모두에게 매우 중요하게 이용되고 있으며, 특히 Broadbent는 두부 규격방사선사진 촬영술의 표준화를 위하여 두부 고정장치(cephalostat)와 함께 방사선의 중심선(central ray)이 porion을 통과하면서 FH평면에 평행하게 조사되도록 촬영기를 고안하여 이용하였다. 이후 두부 규격방사선사진 촬영술은 치료과정의 기록 또는 성장변화에 대한 정량평가 등을 위하여 촬영술²⁾ 그 자체 또는 촬영기^{3,4)}의 기계적 성능 뿐만 아니라 필름의 질 등에 있어 많은 발전이 있었다.

또한 두부 규격방사선사진의 촬영 및 계측에서 발생하는 오류를 최소화하기 위해서 또는 이의 보정을 위한 많은 연구가 있었다. 일반적으로 두부 규격방사선사진에서 발생하는 오류는 판독오류(identification error)와 촬영오류(projection error)의 두가지로 대별된다⁵⁾. 판독오류에 대한 Paul 등⁶⁾의 연구에서, 계측점에 대한 계측자들 간의 판독오류가 가장 큰 원인이

며, 동일한 계측자에 의한 반복계측 시에도 오류가 나타나 판독 오류에도 서로 다른 두가지 오류가 존재한다고 지적한 바 있다. 또한 현상된 필름의 흑화도(film density), 대조도(film contrast) 및 선예도(sharpness) 등이 상의 질에 영향을 미쳐 판독오류의 원인이 되기도 한다.

촬영 시의 관구초점-피사체의 거리 또는 피사체-필름 간의 거리에 따라 상의 확대율은 각기 달라진다. 촬영기의 관구내 초점의 면적이 충분히 커서 방출된 모든 방사선의 방향이 피사체의 정중시상면 및 필름에 대해 직각적으로 조사된다면 상의 확대는 발생하지 않을 것이다. 그러나 이와 같은 조건을 만족시킬 수 있는 기계의 제작은 현실적으로 불가능 할 것으로 여겨진다. 따라서 관구초점-피사체간의 거리를 가능한 범위 내에서 최대한으로 하여 확대율을 줄이면서 상의 질을 최상의 상태로 하기 위한 많은 노력이 있었다. 보편적으로 흔히 사용되고 있는 두부 규격방사선사진 촬영기들은 관구초점과 피사체의 정중시상면간 거리를 5 feet로 고정하고 있으며, 정중시상면과 필름간 거리(ML distance: midsagittal lateral head-film distance)를 조절할 수 있도록 제작되어 있다. 따라서 ML의 조절은 상의 확대율에 영향을 미친다는 것은 주지의 사실이어서, 촬영시마다

각기 다른 확대율의 보정을 위하여 Adams⁷⁾ 그리고 Brodie⁸⁾는 피사체의 정중시상면 부위에 aluminum scale을 장착시켜 촬영하는 방법을, Thurow^{9,10)}는 vernier scale과 graph를 이용하여 확대율을 정밀히 계측할 수 있도록 하는 방법 등을 제시한 바 있다.

그러나 이상과 같은 선학들의 연구는 방사선의 중심선에 대해 피사체의 정중시상면과 필름이 직각을 이루고 있다는 가정 하에서 촬영된 필름의 확대율 보정 방법 또는 필름 간의 일정한 확대율을 얻기 위한 연구들이었다. 임상에서 두부 규격방사선 사진 촬영 시에 양측의 귀꽂이(ear plug)로 머리의 위치를 고정시켜 피사체의 정중시상면과 필름이 중심선과 직각을 이루도록 하기 위한 노력에도 불구하고, 사실상 특히 어린이들에서는 양측의 귀꽂이 사이에서 머리의 움직임이 가능하여 정중시상면과 필름과의 평행관계가 이루어지기 어렵다. 따라서 동일한 조건에서 촬영된 동일한 필름에서도 피사체의 움직임으로 인한 머리의 위치 변화는 상의 확대율에 복잡한 영향을 미칠 수 있을 것으로 가늠된다.

이 연구에서는 측두 규격방사선사진 촬영시 피사체의 정중시상면과 필름의 평행관계가 유지된 상태에서의 수직회전(관구측에서 바라 보아 양측 귀꽂이를 중심축으로 하는 피사체의 시계회전 또는 역시계회전) 그리고 피사체의 정중시상면과 필름의 평행이 이루어지지 않는 수평회전(피사체의 관구측 또는 필름측 회전)의 정도에 따른 확대율의 변화를 평가하고자 하였다. 이를 위하여 수직회전 및 수평회전을 정밀하게 재현할 수 있는 기구를 제작하여 촬영한 후 방사선사진 상의 각기 다른 부위에서의 선계측치 및 각도계측치에서의 확대율, 그리고 피사체의 정중시상면을 중심으로 한 좌우 대칭적인 해부학적 구조물 간의 거리치에 의한 확대율의 차이를 구명하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 기구의 제작

두부 규격방사선사진 촬영기의 두부 고정장치의 양측 귀꽂이를 중심축으로 하여 수직적으로 회전(관구측에서 바라 보아 양측 귀꽂이를 중심축으로 하는 기구의 시계회전 또는 역시계회전) 할 수 있고 또 정중시상면이 관구측으로 또는 필름측으로의 회전이 가능한 세장의 아크릴판(235mm×300mm×5mm)으로 구성된 입체적인 기구를 제작하였다. 세장의 아크릴판 중 관구측 판을 P-1, 정중시상면 판을 P-2, 그리고 필름측 판을 P-3로 하여 이들을 각각 60mm 간격으로 평행하게 고정시키되, 귀꽂이의 위치가 각 아크릴판의 정중앙에 위치하도록 하였다(Fig. 1).

직경 2mm의 stainless steel ball을 각 아크릴판의 중앙(귀꽂이 위치)을 기점으로 가로와 세로 40mm 간격으로 부착시키되, 모든 ball 간의 거리는 0.1mm 눈금을 지닌 확대경을 통하여 확인하였다. 또 제작된 기구의 수직회전(시계회전)과 수평회

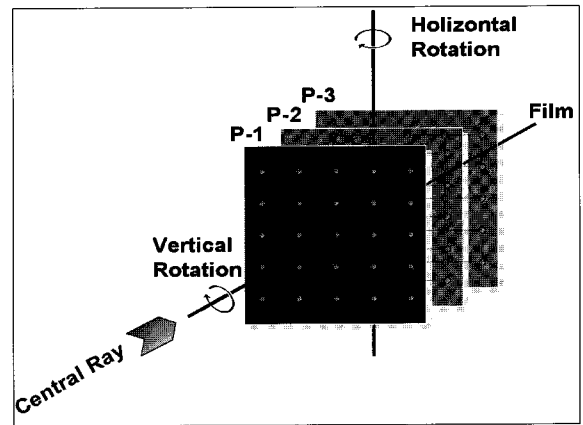


Fig. 1. Schematic drawing illustrating positional relationships between tube, device(P-1, P-2, P-3) and film.

전(관구측 회전)을 측정할 수 있는 각도기를 부착시켰다.

2. 방사선사진의 촬영

방사선사진 촬영시 관구초점으로부터 제작된 기구의 P-2(정중시상판)까지의 거리를 5 feet로 하였고 P-2로부터 필름까지의 거리는 160mm로 하였으며, 두부 규격방사선 촬영기는 CX-90SP (Asahi, Japan)에서 50kVp, 10mA로 0.2초간 촬영하였다. 필름은 Konica Medical Film (MG/SR, Japan)을 사용하였고, KODAK RP X-OMAT Processor (M6B, U.S.A.)를 이용하여 현상하였다. 또한 산란선을 최소화하기 위하여 촬영시마다 고정격자(stationary grid)를 사용하였다.

측두 규격방사선사진은 다음과 같은 방법으로 촬영하였다.

1) 수직회전(관구측에서 보아, 기구의 양측 귀꽂이를 중심축으로 하는 시계회전 또는 역시계회전)

: 회전이 없는 0°, 시계방향으로 10°와 20°, 그리고 역시계방향으로 10°와 20°회전시켜 각각 촬영하였다(Fig. 1).

2) 수평회전(기구의 관구측 회전)

: 기구의 양측 귀꽂이를 연결한 선의 이등분점을 통과하는 수직선(P-2의 수직중앙선)을 회전축으로 하여 기구의 우측을 관구측으로 각각 0°, 2°, 4°, 6°, 8° 및 10°회전시켜 각각 촬영하였다(Fig. 1).

3. 계측점 및 계측

선계측 및 각도계측을 위한 계측점과 수평계측선 및 수직계측선들은 도해그림에 표시한 바와 같으며(Fig. 2, 3, 4), 모든 계측은 현상된 필름 상에서 protractor(Ormco, U.S.A.)를 이용하여 소수점 한 자리까지 계측하였다. 동일 계측자가 모든 계측치를 8회씩 반복 계측하여 평균값을 이용하였다.

수평계측치: 5개의 행을 위로부터 각각 H1, H2, H3, H4 및 H5로 하여, 각 행의 좌측으로부터 1열과 3열에 위치한 계측점 간의 거리를 각각 H1Lt, H2Lt, H3Lt, H4Lt 및 H5Lt로 정하고,

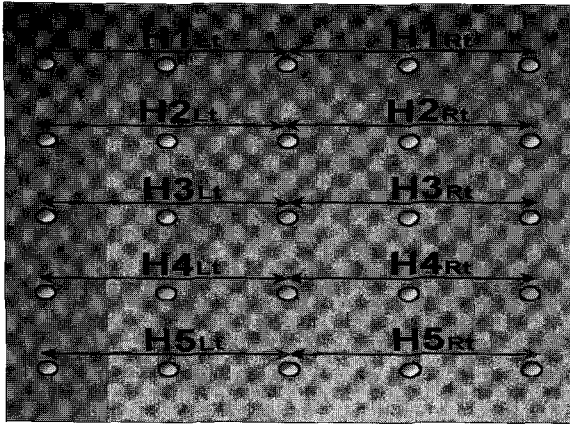


Fig. 2. Horizontal linear measurements.

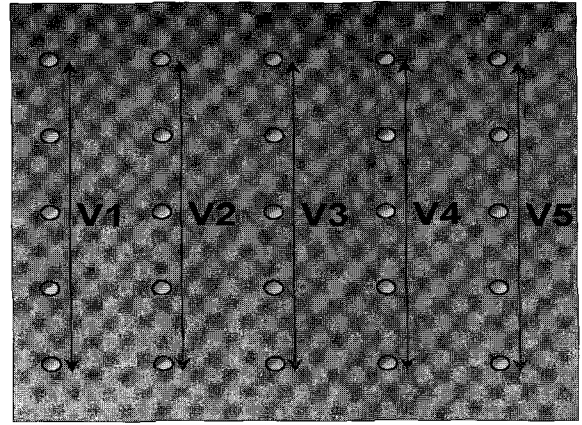


Fig. 3. Vertical linear measurements.

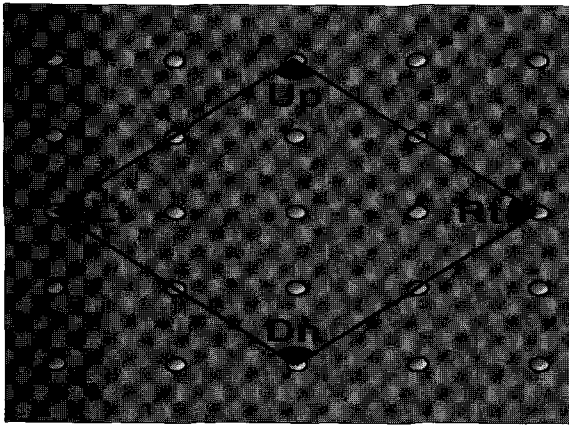


Fig. 4. Angular measurements on the each plate.

3열과 5열에 위치한 계측점 간의 거리를 각각 H1_{Rt}, H2_{Rt}, H3_{Rt}, H4_{Rt} 및 H5_{Rt}로 하여(Fig. 2), 이들을 계측하였다.

수직계측치: 5개의 열을 좌측으로부터 각각 V1, V2, V3, V4 및 V5로 하여(Fig. 3), 각 열의 위로부터 1행과 5행에 위치한 계측점 간의 거리를 계측하였다.

각도계측치: 1행(H1)의 3열 계측점, 3행(H3)의 1열 계측점, 5행(H5)의 3열 계측점 및 3행(H3)의 5열 계측점을 연결한 사각형의 내각을 각각 상각, 좌각, 하각 및 우각으로 하여 이들의 각도를 계측하였다(Fig. 4).

이상의 모든 계측치에 대한 수직회전과 수평회전에 따른 확대율의 차이, plate 간의 확대율 차이, 그리고 각 plate 내의 확대율 차이를 비교평가를 하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 수직회전에 의한 확대율의 차이

1) 선계측치

수평계측치: 각각의 회전(+20°, +10°, 0°, -10°, -20°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 좌측 수평계측치(H1_{Lt}~H5_{Lt})의 확대율 평균치(H_{Lt})와 우측 수평계측치(H1_{Rt}~H5_{Rt})의 확대율

평균치(H_{Rt})는 Table 1과 같다. 회전의 방향 또는 회전량에 관계없이, 각각의 plate에서 나타난 확대율은 P-1에서 15.6%, P-2에서 11.1~11.2%, P-3에서 6.6~6.9%의 범위에 있었고, 각각의 plate에서 산출된 H_{Lt}와 H_{Rt}간의 확대율 평균치의 차이는 P-1에서 0.0%, P-2에서 0.0~0.1% 그리고 P-3에서 0.0~0.2%의 범위로 나타났다.

수직계측치: 각각의 회전(+20°, +10°, 0°, -10°, -20°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 모든 수직계측치(V1~V5)의 확대율 평균치는, 회전방향 또는 회전량에 관계없이 P-1에서 15.5~15.6%, P-2에서 10.9~11.0% 그리고 P-3에서 6.6~6.9%의 범위로 나타났다(Table 2).

2) 각도계측치

각각의 회전(+20°, +10°, 0°, -10°, -20°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 모든 좌각, 우각, 상각 및 하각의 계측치가 90°로 나타났다(Table 3).

2. 수평회전에 의한 확대율의 차이

1) 선계측치

수평계측치: 각각의 회전(0°, 2°, 4°, 6°, 8° 및 10°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 좌측 수평계측치(H1_{Lt}~H5_{Lt})의 확대율 평균치(H_{Lt})와 우측 수평계측치(H1_{Rt}~H5_{Rt})의 확대율 평균치(H_{Rt})의 범위는 P-1에서 15.6~12.5%, P-2에서 11.2~8.1%, 그리고 P-3에서 6.9~4.4%로 나타나 회전량이 클수록 확대율이 감소하는 경향을 보였다. 또한 각각의 plate 내에서 산출된 H_{Lt}와 H_{Rt}간의 확대율 평균치의 차이는 P-1에서 0.0~2.5%, P-2에서 0.0~2.4%, P-3에서 0.0~1.6%의 범위로 나타나 회전량이 클수록 확대율의 차이가 증가하였다(Table 4). 회전이 없을 때 P-2 내의 모든 좌측 수평계측치(H1_{Lt}~H5_{Lt})의 확대율이 11.3%인 것에 비해, 회전량이 점차 증가되어 10°가 되었을 때 8.1%로 나타나 확대율이 3.2% 감소하였고(Table 5), 모든 우측 수평계측치(H1_{Rt}~H5_{Rt})는 0.7% 감소하여(Table 6) 우측의 수평계측치에서보다 좌측의 수평계측치

Table 1. Enlargement ratio of mean horizontal measurements at different vertical rotations

	P-1		P-2		P-3	
	H _{1L}	H _{1R}	H _{2L}	H _{2R}	H _{3L}	H _{3R}
20°	15.6	15.6	11.2	11.1	6.8	6.6
10°	15.6	15.6	11.2	11.1	6.9	6.8
0°	15.6	15.6	11.2	11.1	6.8	6.8
-10°	15.6	15.6	11.2	11.1	6.8	6.8
-20°	15.6	15.6	11.2	11.1	6.8	6.8

Unit : percentage

Table 2. Enlargement ratios of mean vertical measurements at different vertical rotations

	P-1	P-2	P-3
20°	15.5	11.0	106.9
10°	15.6	11.0	106.6
0°	15.5	11.0	106.6
-10°	15.6	11.0	106.7
-20°	15.5	10.9	106.6

Unit : percentage

Table 3. Mean angular measurements at each vertical rotations

	Left			Right			Up			Down		
	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
20°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
10°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
0°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
-10°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
-20°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0

Unit : degree

Table 4. Enlargement ratios of mean horizontal linear measurements at different horizontal rotations

	P-1		P-2		P-3	
	H _{1L}	H _{1R}	H _{2L}	H _{2R}	H _{3L}	H _{3R}
0°	15.6	15.6	11.2	11.2	6.9	6.9
2°	15.1	16.0	10.7	11.3	6.6	6.8
4°	15.2	15.8	10.0	11.2	6.3	6.7
6°	14.4	15.6	9.9	11.3	5.6	6.8
8°	13.8	15.5	9.1	10.6	5.2	6.3
10°	12.5	15.0	8.1	10.5	4.4	6.0

Unit : percentage

Table 5. Enlargement ratios of horizontal linear measurements (H_{1L}~H_{5L}) on P-2 at different horizontal rotations

	H _{1L}	H _{2L}	H _{3L}	H _{4L}	H _{5L}
0°	11.3	11.3	11.1	11.3	11.3
2°	10.6	10.6	10.6	10.6	10.9
4°	10.0	10.0	10.0	10.0	10.2
6°	10.0	9.8	9.8	9.8	10.0
8°	9.2	8.8	8.9	8.9	9.2
10°	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1

Unit : percentage

Table 6. Enlargement ratios of horizontal linear measurements (H_{1R}~H_{5R}) on P-2 at different horizontal rotations

	H _{1R}	H _{2R}	H _{3R}	H _{4R}	H _{5R}
0°	11.3	11.3	11.2	11.3	11.3
2°	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
4°	11.3	11.3	11.3	11.1	11.1
6°	11.3	11.3	11.3	11.3	11.7
8°	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
10°	10.6	10.6	10.5	10.6	10.6

Unit : percentage

에서의 감소가 컸다. Table 5과 6에서 나타났듯이, 좌측 수평 계측치의 각 행간(H_{1L}~H_{5L})의 차이는 0.0~0.4%의 범위로 나타났고, 우측의 각 행간(H_{1R}~H_{5R})의 차이는 0.0~0.4%의 범위로 나타났다.

수직계측치: 각각의 회전(0°, 2°, 4°, 6°, 8° 및 10°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 수직계측치(V₁~V₅)의 확대율 평균치는 Table 7와 같다. 관구측 회전에 의해 각각의 plate 간에 나타나는 확대율 평균치의 범위는 P-1에서 15.4~15.6%, P-2에서 10.8~11.0%, 그리고 P-3에서 6.6~6.8%로 나타났다.

회전이 없을 때 P-2내의 모든 수직계측치(V₁~V₅)의 차이는 0.0~0.1%의 범위로 나타난 것에 비해, 회전량이 10°에서 2.1%로 나타났다. Table 8에 나타났듯이, V₃의 확대율

Table 7. Enlargement ratios of mean vertical linear measurements at different horizontal rotations

	P-1	P-2	P-3
0°	15.6	11.0	6.8
2°	15.4	11.0	6.8
4°	15.4	10.9	6.6
6°	15.5	10.8	6.7
8°	15.6	10.8	6.7
10°	15.5	10.8	6.7

Unit : percentage

Table 8. Enlargement ratios of mean vertical linear measurements (V1~V5) on P-2 at different horizontal rotations

	V1	V2	V3	V4	V5
0°	11.0	11.0	11.0	11.0	10.9
2°	10.6	10.7	11.0	11.0	11.0
4°	10.4	10.6	10.9	11.0	11.2
6°	10.2	10.6	11.0	11.2	11.3
8°	10.0	10.5	11.0	11.3	11.5
10°	9.7	10.3	10.9	11.3	11.8

Unit : percentage

Table 9. Mean angular measurements at different horizontal rotations

	Left			Right			Up			Down		
	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
0°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
4°	90.0	90.0	90.0	90.0	90.1	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
6°	91.0	91.0	90.4	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	89.5	90.0
8°	91.0	91.0	90.9	90.0	90.0	90.0	89.5	90.0	90.0	89.1	89.0	90.0
10°	92.0	91.0	91.0	90.1	90.9	90.1	89.0	89.1	90.0	89.0	89.0	89.5

Unit : degree

11.0%에 비해 V4의 확대율은 11.0~11.3%로 나타나 다소 증가되었고, V5의 확대율은 10.9~11.8%로 나타나 약 0.9% 증가된 것으로 나타났다. 이에 비해 V2의 확대율은 11.0~10.3%로 나타나 0.7% 감소되었으며, V1의 확대율은 11.0~9.7%로 나타나 1.3% 감소된 것으로 나타났다. 따라서 V3의 우측에 존재하는 V4와 V5의 확대율 증가량보다 좌측의 V1과 V2에서의 확대율이 감소량이 더 큰 것으로 나타났다.

2) 각도계측치

각각의 회전(0°, 2°, 4°, 6°, 8° 및 10°)에 따른 P-1, P-2 및 P-3 내의 좌각, 우각, 상각 및 하각이 계측된 결과는 Table 9과 같다. 좌각은 2°와 4°에서는 90.0°로 변화가 없었으나, 6°의 P-1과 P-2에서 91.0°, P-3에서 90.4°였으며, 10°의 P-1에서 92.0°, P-2와 P-3에서 91.0°으로 나타나 회전량이 클수록 각도가 증가하는 것으로 나타났다. 우각의 P-1, P-2 및 P-3에서 2°, 4°, 6° 및 8°까지는 90.0°로 변화가 없었으며, 10°에서 다소 증가되는 경향을 보였다. 그러나 이와는 반대로 10°의 P-1, P-2 및 P-3에서는 상각과 하각이 89.0°로 감소하는 경향을 보였다.

IV. 총괄 및 고찰

두부 규격방사선사진을 이용하여 치료과정의 기록 또는 정량 평가, 특히 성장의 변화를 평가하기 위한 누년적 촬영이 요구될

때, 각기 다른 시기에 촬영된 필름 간에는 동일한 촬영조건⁹⁻¹¹⁾이 유지되어야 하며, 이를 위하여는 촬영기, 필름의 질, 피사체의 위치 및 평행도 등과 같은 다양한 조건의 규격화가 필수적이다. Baumrind와 Frantz⁵⁾는 두부 규격방사선사진에서 발생하는 오류에는 두가지가 있으며, 이들 중 촬영오류란 관구초점과 피사체 간의 거리 또는 관구초점-필름간 거리 및 이들의 평행관계가 부적절함으로써 발생하는 기하학적 오류이며^{7,8,12-16)}, 판독오류란 해부학적 구조물의 형태에 대한 판독의 불확실성^{5,17,19)} 그리고 반음영 현상이나 상의 흐림 등으로 인한 판독 시의 어려움이라 하였다^{9,18)}. 따라서 두부 규격방사선사진의 규격화된 재현성을 높이기 위해서는 촬영오류와 판독오류를 줄이는 것이 매우 중요할 것으로 가늠된다.

판독오류를 최소화 하기 위해서는 판독자의 해부학적, 방사선학적인 지식과 함께 많은 경험을 필요로 하며, 또한 방사선 필름의 상의 적절한 대조도와 선예도가 요구된다. 또한 촬영오류를 최소화 하기 위한 선학들의 노력으로 다양한 방법들이 개발, 제시된 바 있다^{6-8,12-16)}. 예를 들어, 상의 확대율을 최소화 하기 위해서는 관구초점-피사체간 거리를 최대로 증가시키고 피사체-필름간 거리를 최소로 하여야 하지만, 촬영기의 기계적 문제점 및 설치를 위한 공간 등의 문제가 있어 현실적인 어려움이 있는 것으로 여겨진다. 사실상 Broadbent¹⁾가 두부 방사선사진 촬영기를 치의학에 소개한 이후 전통적으로 관구초점-피사체간 거리를 5 feet로 하고 있으며, 피사체-필름 간의 거리를 조절하여 확대율을 조절하고 있다.

피사체의 정중시상면과 필름이 평행을 이루면서 방사선의 중심선이 이들에 대해 직각적으로 조사된다면 상의 확대율은 관구초점-피사체-필름 간의 비례관계에 의해 결정되며, 이렇게 촬영된 필름은 그 필름의 어느 부위에서나 확대율이 동일할 것이다. 그러나 피사체의 정중시상면이 필름과의 평행관계가 이루어지지 않는 경우에는 필름의 부위에 따라 확대율은 다르게 나타날 수 있다. 이런 문제점 등의 방지 목적으로 두부 고정장치(cephalostat)를 이용하여 정중시상면의 위치를 고정시키고자 함에도 불구하고 피사체의 움직임은 가능하여 이로 인한 촬영 오류²⁰⁻²³⁾는 상존하는 것으로 여겨진다.

임상에서 실제로 이와 같은 문제가 발생될 수 있음에도 불구하고, 촬영오류 및 판독오류를 최소화하기 위한 선학들의 많은 연구에서 간과되고 있는 한가지 사실을 발견할 수 있다. 즉, 이런 연구들의 대부분은 피사체가 두부 고정장치에 의해 고정되어 있어 정중시상면과 필름 간의 평행도가 유지되어 있다는 전제조건 하에서 여타의 촬영오류를 감소시키는 방법들을 제시하고 있으나, 만약 이 평행도가 유지되지 않는다면 한 장의 필름 상에서도 확대율의 부위별 차이가 존재할 것으로 판단된다.

이 연구에서는 필름에 대한 피사체 정중시상면의 회전의 정

도에 따른 필름의 부위별 확대율의 차이를 구명하고자 하였다. 이를 위하여, 양측 귀꽃이를 중심축으로 하는 피사체의 수직회전(관구 측에서 바라 보아 피사체의 시계회전 또는 역시계회전)과 함께 정중시상면의 수평회전(관구측 또는 필름측 회전)이 가능한 기구를 제작하여 이용하였다(Fig. 1). 이 기구의 제작시 세장의 아크릴판(235mm×300mm×5mm)을 60mm 간격으로 평행하게 고정시켰고 또 각각의 아크릴판에는 직경 2mm의 stainless steel ball을 가로와 세로 40mm 간격으로 부착시켜 이들을 표식자로 하여 계측 하였다. 좌우 대칭성 해부학적 구조물들 중에는 정중시상면으로부터의 거리가 양측으로 멀리 떨어진 구조물들도 있고 또 가까운 것들도 있다. 따라서 한쌍의 구조물간 거리가 멀수록 관구 측에 가까운 구조물의 확대율이 필름측 구조물의 확대율보다 클 것으로 가늠된다. 이와 같은 차이점의 평가를 위하여 세장의 아크릴판 모두에 표식자를 부착시켰다. 또한 모든 계측은 현상된 필름 상에서 직접 측정하여 전사(tracing)로 인한 오차를 줄이도록 하였다. 모든 촬영 시마다 관구초점-정중시상면 거리는 5 feet로, ML은 160mm로 하였으며 또 50kVp, 10mA로 0.2초간 촬영하였다.

피사체의 정중시상면이 필름과 평행을 유지한 상태에서 (관

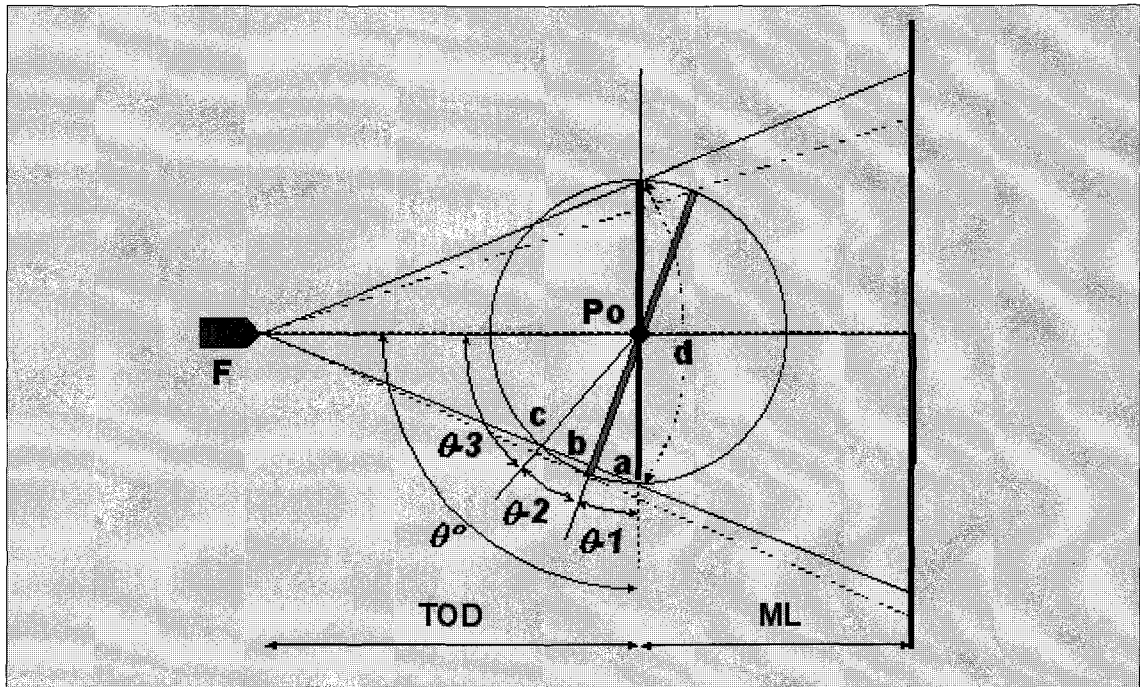


Fig. 5. Schematic drawing that shows the change of enlargement effect according to the object's rotation at the porionic axis.

- θ : angle of rotation, of which center at the porionic axis
- $\theta-1$: angle of rotation (a~b), of which enlargement ratio is at the maximum
- $\theta-2$: angle of rotation (b~c), of which enlargement ratio becomes the same as when the object is parallel to the film
- $\theta-3$: angle of rotation (c~), of which enlargement ratio becomes reducing
- TOD : Tube-object distance(5feet)
- ML : Midsagittal-Lateral film distance(160mm)
- F : focal spot (tube)
- a : right side end of the object when the object's midsagittal plane is parallel to the film
- c : intersecting point
- d : length of object(160mm)
- Po : Porionic axis

구 측에서 바라 보아) 시계방향으로 또는 역시계방향으로 회전 하는 경우에는, 이론적인 상의 확대율은 필름의 어느 부위에서나 동일할 것으로 가늠된다. 그러나 Table 1과 2에서 볼 수 있듯이 일부 계측치의 평균치에서 다소의 차이가 나타났다. 즉, P-1(관구측 아크릴 판)에서는 0.1%의 범위 내에서, P-2(정중 시상 판)에서는 0.2% 그리고 P-3(필름측 판)에서는 0.3%의 범위 내에서 확대율의 차이가 있었다. 이와 같이 동일한 아크릴 판 내에서의 확대율 차이는 계측오류일 것으로 가늠된다. 또한 각각의 판에서 나타난 확대율 범위의 크기가 P-3, P-2 및 P-1의 순으로 나타난 것은, 필름 측에 가까운 P-3의 확대율이 작으므로 P-1에서와 동일한 양의 계측오류가 발생되었다 하더라도 작은 계측치에서 더 큰 수치적 영향을 미쳐 나타난 결과로 판단 된다.

그러나 최근 Tng 등²⁴⁾은 두개골 고정장치(skull holder)에 장착시킨 건조두개골의 시계방향 또는 역시계방향의 회전에 따른 두부 계측치(SNA, SNB, SNPg)의 변화에 관한 연구에서, 관구 측에서 바라 본 피사체가 역시계방향으로 10° 회전되면 SNA가 약 0.30°, SNB가 0.50° 그리고 SNPg이 0.46°의 감소를, 30° 회전되면 각각 0.68°, 1.58° 및 1.81°의 감소를 나타냈다고 보고한 바, 이는 본 연구에서 나타난 결과와는 상반되는 결과로 판단된다. 이 연구와 Tng 등의 연구에 나타난 결과에는 몇가지 고려해야 할 차이점들이 있을 것으로 생각된다. 첫째, Tng 등은 건조두개골을 두개골 고정장치의 귀퉁이에 고정시킨 후 이를 회전시키는 방법을 이용한 바, 건조두개골의 정중 시상면과 필름의 평행 여부를 확인하기에 어려움이 있었을 것으로 여겨진다. 둘째, 좌우 외이도의 해부학적 대칭성 차이의 가능성도 배제할 수 없을 것이며 셋째, digitizer의 사용으로 인한 계측 및 판독의 오류 역시 포함되어 있을 것으로 가늠된다.

피사체의 정중시상면과 필름의 평행이 유지되지 않은 경우, 즉 정중시상면이 관구측 또는 필름 측으로 회전된 경우에는 동일한 필름 상에서도 구역에 따라 확대율의 차이가 있을 것이라 판단된다(Fig. 5). Fig. 5에서 보듯이, d의 길이를 지닌 피사체가 porionic axis(원의 중심)를 중심축으로 하여 관구 측으로 회전되기 시작하면 θ -1의 각도에서는 확대율이 점차 증가하여 원호 상의 b점에 이르면 최대치가 되었다가, b점을 통과한 이후부터 θ -2 내에서는 확대율이 점차 감소하여 c점에서는 확대율 증가량은 0%가 되고, 이후 θ -3의 범위에서는 계속적으로 확대율의 감소가 발생된다. 이와 같은 기하학적인 확대와 축소의 원리에서 θ -1과 θ -2의 각도의 범위는 원의 지름(즉 피사체의 길이)에 따라 다르게 나타난다. 따라서 이 연구의 제 1열 계측선에서 제 5열 계측선까지의 거리가 160mm인 경우에는 θ -1과 θ -2의 이론적 범위가 0~6°이며, θ -1이 3°일 때 이론적 확대율 증가량의 최대치는 0.14%가 된다. 이는 피사체의 회전에 따라 계측점이 관구 측에 가까워져 관구초점-피사체간 거리의 감소로 인한 확대율의 증가 그리고 회전에 의한 피사체 길이의 감소 효과 간의 상쇄작용의 정도에 따른 결과로 가늠된다.

Table 6에서 볼 수 있듯이, 0°에서의 확대율이 11.3%인 것에 비하여 2°, 4° 및 6°의 관구측 회전 시의 확대율과 차이가

없는 것으로 나타나 앞서 언급한 이론적 확대율의 증가를 관찰할 수 없었다. 그러나 0°의 H3_{Rt} 및 4°회전 시의 H4_{Rt}와 H5_{Rt}에서 11.1%로 오히려 확대율의 감소가, 또 6°의 H5_{Rt}에서는 11.7%로 나타나는 등과 같은 다소의 차이가 있었다. 이론적으로는 0°와 6° 회전 시의 확대율은 동일하며, 4°회전 시에는 확대율의 증가가 있어야 함에도 불구하고 오히려 감소로 나타난 것은 계측오류에 의한 것으로 추정된다. 이와 같은 결과는, 0~6°의 관구측 회전 시의 이론적 확대율의 최대치가 0.14%라는 점과 이 연구의 첫 번째 실험에서 나타났듯이 계측오류가 0.1~0.3% 범위였던 점을 고려한다면, 0~6°의 관구측 회전 시에서 나타나는 이론적 확대율의 증가는 임상적인 의미가 없을 것으로 가늠된다. 이에 비해 θ -3의 범위(Fig. 5, 원호 상의 c점 이후)인 8°와 10°의 회전 시에는 확대율이 11.3~10.6%로 나타나 확대율의 감소가 뚜렷하게 관찰되었다(Table 6).

피사체의 관구측 회전의 각도(0~6°)에 따라서는 확대율의 증가가 발생되고, 그 이상의 회전 시(6° 이상)에는 상의 확대율이 점차 감소하는 현상은, 관구 측에서 바라 본 피사체의 우측(Fig. 5에 표시된 원의 하반기) 즉, 양측 귀퉁이를 연결한 선의 이등분점을 통과하는 정중수직선인 V3(Fig. 3)의 우측에 존재하는 계측점들 간의 계측치에서 나타나는 현상이다. 그러나 피사체의 좌측(Fig. 5에 표시된 원의 상반기)에 존재하는 계측치에서는 정중시상면이 필름 측으로 회전되는 각도의 크기에 관계없이 회전의 시작과 동시에 점진적인 확대율의 감소가 발생된다. Table 5에서 볼 수 있듯이, 기구의 회전이 없는 0°에서의 확대율이 11.3%에 비하여 2°에서 10.6%, 4°에서 10.0%, 6°에서 9.8%, 8°에서 8.9% 및 10°에서 8.1%로 나타나 상의 확대율이 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

이상과 같은 피사체의 수평회전(관구측 회전)에 의한 수평계측치의 확대율 변화에 비하여, 수직계측치(V1~V5)의 확대율 변화는 다른 양상을 나타내는 것으로 판단된다. 즉, 관구 측으로 회전되는 부위의 수직계측치는 수평계측치에서와는 달리 회전의 시작과 함께 확대율이 점차 증가되고, 필름 측으로 회전되는 부위에서는 확대율이 점차 감소되어 정중시상면이 필름과 직각을 이루었을 때 확대율은 각각 최대치와 최소치를 갖는다. 정중시상면의 회전이 없는 상태에서 수직계측치의 이론적 확대율이 10.9%인 것에 비하여 Table 8에 나타났듯이, V5의 0°에서 10.9%, 2°에서 11.0%, 4°에서 11.2%, 6°에서 11.3%, 8°에서 11.5% 및 10°에서 11.8%로 나타나 회전의 각도가 증가할수록 상의 확대율 역시 증가하는 양상을 확인할 수 있었으며 또한 다소의 계측오류도 포함되어 있는 것으로 여겨진다. 이와는 반대로, V1의 확대율은 0°에서 11.0%, 2°에서 10.6%, 4°에서 10.4%, 6°에서 10.2%, 8°에서 10.0% 및 10°에서 9.7%로 나타나 회전의 각도가 증가할수록 확대율이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

피사체의 양측 귀퉁이를 연결한 선의 이등분점을 통과하는 회전축(즉 P-2의 V3)을 중심으로 한 피사체의 관구측 회전 시, 만약 피사체가 평면 구조물이라면 정중시상판인 P-2 상의 회전축인 정중수직선(V3)의 좌측에 위치한 V1과 V2에서의 확대율

감소량과 V3의 우측에 위치한 V4과 V5에서의 확대율 증가량은 이론적으로 극히 적은 양의 차이가 있기는 하나 거의 동일하다. 그러나 이 연구에서 설계한 아크릴 기구는 P-1과 P-3이 P-2로부터 각각 60mm의 공간을 지닌 입체 구조물이어서 기구의 회전과 함께 P-1의 V3은 좌측으로, P-3의 V3은 우측으로 편위되어 P-1과 P-3의 V1과 V2에서의 확대율 감소량과 V4와 V5에서의 확대율 증가량은 다소 차이가 난다. 이와 같은 현상의 결과는 Table 8에서 나타난 것으로 여겨진다. 즉, V1과 V2에서의 확대율 평균 감소량이 V4와 V5에서의 확대율 평균 증가량보다 약 0.2%정도 더 큰 것으로 나타났으며, 역시 이 수치에도 계측오류가 포함되어 있을 것으로 판단된다.

또한 피사체의 관구축 회전 시의 각도계측의 변화는 위에서 고찰한 수평계측치와 수직계측치의 결과들로부터 예측이 가능할 것으로 가늠된다. 표 9에 나타난 것처럼, 0~4°의 관구축 회전 시 상각, 하각, 좌각 및 우각의 차이는 0.1°이하였으나, 6~10°의 회전 시에는 좌각과 우각이 90~91°로 증가되었고, 상각과 하각은 90~89°로 감소되었다. 각각의 plate간의 비교에서 P-1, P-2 및 P-3 순서로 각도의 변화가 크게 나타났다. 특히 P-1의 좌각에서 가장 큰 차이를 보이는 것은, P-1이 P-2나 P-3보다 관구에 가까워 ML이 커서 회전에 따른 변화의 효과가 더 큰 것으로 가늠된다. 그러나 6°와 8°에서는 P-1, P-2 및 P-3의 우각이 증가를 보이지 않았으며, 또 P-3의 상각에서 감소가 없었던 것 등은 계측오류가 큰 영향을 미쳤을 것으로 판단되나 이에 대한 재확인을 위하여는 보다 정밀한 기구와 계측기의 이용이 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과로 미루어, 측두 규격방사선사진을 이용한 계측에 있어 규격화된 재현성을 높이기 위해서는 촬영오류와 판독오류를 줄이는 노력이 매우 중요하다. 특히 촬영시 피사체의 정중시상면이 필름과 평행관계를 이루도록 하는 것 역시 매우 중요하다. 이를 위하여는 두부 고정장치로 피사체의 자세를 고정시켰다 하더라도 항상 피사체의 정중시상면과 필름의 평행상태에 대한 재확인이 필요할 것으로 여겨진다. 이와 함께 이들의 평행관계가 이루어지지 않은 경우에는 필름의 부위에 따라 확대율이 각기 다르다는 사실을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

V. 결 론

측두 규격방사선사진 촬영시 피사체의 정중시상면과 필름의 평행관계가 유지된 상태에서 피사체의 수직회전 (+20°, +10°, 0°, -10°, -20°) 그리고 피사체의 정중시상면과 필름의 평행이 이루어지지 않는 피사체의 수평회전(0°, 2°, 4°, 6°, 8° 및 10°)에 따른 확대율의 변화를 평가하고자 하였다. 이를 위하여 수직회전 및 수평회전을 정밀하게 재현할 수 있는 세장의 아크릴판(235mm×300mm×5mm)으로 제작된 입체적 기구를 제작하여 각각의 판에 직경 2mm의 stainless steel ball을 부착시키고 ML 거리 160mm로, 관구초점-피사체 거리를 5 feet로 하여 Konica 필름에 50kVp, 10mA로 0.2초간 촬영한 후, 현상된 필름 상에서 선계측치 및 각도계측치에서의 확대율, 그

리고 피사체의 정중시상면을 중심으로 한 좌우 대칭적인 해부학적 구조물 간의 거리차에 의한 확대율의 차이를 구명하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

1. 기구의 정중시상면이 필름과 평행을 유지한 상태에서의 수직회전 시 모든 각도계측치는 확대율의 차이가 없는 반면, 모든 선계측치는 P-1에서 0.1%, P-2에서 0.2% 그리고 P-3에서 0.3%의 범위 내에서 차이가 나타났다.
2. 기구가 관구 축으로 2°, 4° 및 6°의 수평회전 시 우측의 수평계측치(H1Rt~H5Rt)의 확대율은 11.3~11.1%로 나타나 0°의 11.3%와 큰 차이가 없었으나, 8°와 10°의 회전 시의 확대율은 약 10.6%로 나타나 확대율의 감소가 뚜렷하였다. 이에 비해 필름 축으로 회전되는 좌측의 수평계측치(H1Lt~H5Lt)는 회전량의 증가와 함께 확대율이 10.6~8.1%로 점차 감소되었다.
3. 기구가 수평회전 시 관구 축으로 회전되는 우측의 수직계측치(V4와 V5)는 회전량의 증가와 함께 확대율이 11.0~11.8%로 점차 증가되었고, 필름 축으로 회전되는 좌측의 수직계측치(V1과 V2)의 확대율은 10.7~9.7%로 점차 감소가 커졌다.
4. 기구가 수평회전 시 관구 축으로 회전되는 우측의 수평계측치와 수직계측치는 확대율의 차이가 크지 않았으나, 좌측에서는 수직계측치에서보다 수평계측치가 더 큰 감소를 나타냈다.
5. 기구가 관구 축으로 2° 및 4°의 수평회전 시에는 상각, 하각, 좌각 및 우각 등의 각도계측치에 변화가 없었으나, 6°, 8° 및 10°로 회전량이 커질수록 좌각과 우각은 90~91°로 점차 증가되었고, 상각과 하각은 90~89°로 점차 감소되었다.

참고문헌

1. Broadbent BH : A New X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod 1:45-66, 1931.
2. Hofrath, Herbert : Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschritte der Orthodontik 1:232, 1931.
3. Higley LB : A Head positioner for scientific radiographic and photographic purposes. Int J Orthodont & Oral Surg 22:699, 1936.
4. Margolis HJ : Standardized X-ray cephalographics. Am J Orthodontofacial Orthop 26:725, 1940.
5. Baumrind S, Frantz R : The reliability of head film measurement 1. Landmark identification. Am J Orthodontofacial Orthop 60:111-127, 1971.
6. Paul W, Donald EJ, Karen LH et al. : Landmark identification error in posterior anterior cephalomet-

- rics. *Angle Orthod* 64:447-454, 1994.
7. Adam JW : Correction of error in cephalometric roentgeograms. *Angle Orthod* 60:3-13, 1940.
 8. Brodie AG : Cephalometric roentgenology: history, technics and uses. *J Oral Surg* 7:185-198, 1949.
 9. Thurow RC : Cephalometric methods in research and private practice. *Angle Orthod* 21:104-116, 1951.
 10. Thurow RC : *Atlas of Orthodontic principles*. CV.Mosby, 1970.
 11. Bergersen EO : Enlargement and distortion in cephalometric Radiography: Compensation tables for linear measurement. *Angle Orthod* 50:230-244, 1980.
 12. Bj rk A, Slow B : Measurements on radiographs. *J Dent Res* 41: 672-683, 1962.
 13. Hixon EH : Cephalometric and longitudinal research. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 46:36-42, 1960.
 14. Salzmann JA : Limitation of roentgenographic cephalometrics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 50: 169-188, 1964.
 15. Wylie WL, Elsasser WA : Undistorted vertical projection of the head from lateral and posteroanterior roentgenograms. *Am J Roentgenol* 60:414-417, 1948.
 16. Vogel CJ: Correction of frontal dimension from head X-rays. *Angle Orthod* 37:1-8, 1967.
 17. Vincent A, West VC : Cephalometric landmark identification error. *Aust Orthod J* 10:98-104, 1987.
 18. Newman KJ, Meredith HV : Individual growth in skeletal bigonal diameter during the childhood period from 5 to 11 years of age. *Am J Aust*:157-187, 1956.
 19. El-Mangoury EH, Shaheen SI, Mostafa YA : Landmark identification in computerized posterior-anterior cephalometrics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91:57-61, 1987.
 20. Mitgard J, Bj rk G, Linder AS : Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurement of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 44:56-61, 1974.
 21. Cavallaro A, Winzar CF, Kruger BJ : The reproducibility of two methods of lateral skull radiography for cephalometric analysis. *Aust Dent J* 19:122-126, 1974.
 22. Cooke MS, Wei SHY : Cephalometric errors: a comparison between repeat measures and retaken radiographs. *Aust Dent J* 36:38-43, 1991.
 23. Mel LK, Ceib LP, William RP : Subtraction radiography to assess reproducibility of patient positioning in cephalometrics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*:350-354, 1993.
 24. Tng TH, Chan CK, Cooke MS : Head posture and angular measures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*:337-341, 1993.

Abstract

EFFECTS ON THE ENLARGEMENT RATIOS DUE TO
CHANGES OF HEAD POSTURE ON LATERAL HEADFILMS

Young-Hun Seo, D.D.S., Yeong-Chul Choi, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

This study was designed to evaluate the effects of angulation changes of head posture on the enlargement ratios of a lateral headfilm depending on the vertical or horizontal rotation of the objects. A device was constructed to measure regional changes of enlargement ratios. The device was held within the cephalostat and cephalograms recorded at each measured degrees of the device tilting, vertically and horizontally. The enlargement ratios of the horizontal, vertical, and angular measurements on the films taken at each tilted angulations were obtained and compared with those on the films taken without rotation.

In summary, the enlargement ratios of the horizontal linear measurements were decreased during horizontal rotations. The enlargement ratios of vertical measurements of the right side on the film were increased and those of the left side were decreased by the horizontal rotations. Enlargement ratios of horizontal measurements were affected further than those of vertical measurements by the same angular changes of the horizontal rotations. Therefore, a disruption of parallelism between the object's midsagittal plane and the film could result in distortion of the image while vertical rotation around the object's porionic axis would not significantly affect the enlargement ratios on the headfilm.

Key words : Lateral cephalometric radiography, Enlargement ratio, Error, Linear measurement, Angular measurement