

<원저>

머리뼈 전-후 축 방향검사 시 Tube 방향설정에 따른 표면선량과 영상분석에 관한 연구

정성훈¹⁾·유제현²⁾·임칭환²⁾

¹⁾김천대학교 방사선학과·²⁾한서대학교 방사선학과

A Study on the Comparative Analysis of Images and Doses According to Tube Orientation During Anterior-Posterior Axial Projection Examination of the Skull

Sung-Hun Jeong¹⁾·Je-hyeon Yoo²⁾·Cheong-Hwan Lim²⁾

¹⁾Dept. of Radiological Science, GimCheon University

²⁾Dept. of Radiological Science, Hanseo University

Abstract The skull has peripheral organs such as the crystalline lens and thyroid gland, which are highly radiosensitive, but the examination is performed without considering the uneven dose distribution due to the heel effect at the time of the current Skull Town's examination. However, no studies have been conducted on the exposure dose of surrounding organ tissues due to the difference in image density due to the heel effect and the non-uniformity of the dose. Using the cathode (-) and anode (+) set on the Tube to measure the scattered radiation along the Tube direction as a guide, change 30° and 37° in the cathode direction and 30° and 37° in the anode direction. It was given and investigated 5 times to obtain scattered radiation, image measurements were SNR, PSNR, RMSE, and MAE. Measurement results of surrounding organ doses when the Tube direction was 30° and 37° The dose was low when the direction was cathodic in all organs ($p < 0.000$). Both cathodes were higher in the image measurements ($p < 0.04$). Continuous research may be needed for diagnostically valuable imaging and minimization of patient exposure dose.

Key Words: Skull Town's Method, Heel effect, SNR, PSNR, Tube direction

중심 단어: 머리뼈 축 방향 검사, 경사각효과, 신호 대 잡음비, 최대 신호 대 잡음비, Tube 방향

1. 서론

의료장비와 영상구성기법들의 발달에 따라 의료에서 방사선영상을 활용한 진료와 치료의 신뢰도가 높게 나타나고 있다. 이에 따른 현재 방사선검사의 수가 증가함에 따라 일반인이 방사선을 접하는 횟수가 많아지고 있다[1]. 방사선검사의 횟수가 증가하면서 의료방사선 피폭에 관한 관심도 높아지고 있다. 국민 1인당 의료용 방사선에 의한 피폭은 2007년은 0.93 mSv, 2008년은 1.06 mSv로 증가하여 2011년에는 1.4 mSv로 2007년보다 약 50% 증가하였다[2]. 의료

기관에서 방사선검사 시 가장 많이 사용하는 장비는 일반방사선검사 장비이다.

일반방사선검사 장비에서 발생하는 방사선은 거의 모든 방향에서 균등하게 방사선이 발생하고 있다. 하지만 실제 발생하는 방사선 강도분포는 검사조건, 저지극(target)의 물질 및 두께에 따라서 강도분포가 변화하게 된다[3]. 강도분포가 다르게 발생하는 원인은 Target의 경사각에 의해서 발생하게 되는데 이러한 효과를 경사각 효과(heel effect)라고 한다. Heel effect는 양극 방향에서 방사선 감소 현상으로 음극 방향과 양극 방향의 방사선 강도는 균일하지 않음

Corresponding author: Cheong-Hwan Lim, Department of Radiological Science, Hanseo University, 46, Hanseo1-ro, Haemi-myun, Seosan-si, Chungcheongnam-do, 31962, Republic of Korea / Tel: +82-41-660-1056 / E-mail: lch116@hanmail.net

Received 25 July 2021; Revised 3 August 2021; Accepted 11 August 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

며, 이러한 불균형으로 인해 X선 영상의 농도 차이가 발생한다[4]. 이러한 이유로 현재 교육기관에서는 피사체의 두꺼운 부분을 음극 방향으로 위치시켜 영상의 균일도를 향상시키고, 방사선 피폭선량을 줄이기 위해 방사선 감수성이 높은 부분을 양극 방향으로 위치시키도록 교육하고 있다. 머리뼈 전-후 축 방향 검사(Skull Town's method)는 바로 누운 자세(supine position)에서 눈확확꺾구멍선(orbitomeatal line; OML)이 영상수신기(image receptor; IR)에 수직일 때 발쪽(caudal)으로 30°, 눈확확아래꺾구멍선(infraorbitomeatal line; IOML)에 수직일 때 발쪽으로 37°로 각도를 주고, 코뿌리점(nasion) 상방 6cm 지점을 향해 방사선이 입사하여 시행하는 검사로 머리에 외부적인 충격이나 교통사고 등으로 응급실 내원 시 기본적으로 실시하는 검사이다[5,6]. 머리뼈에는 방사선 감수성이 높은 수정체와 갑상샘 등 주변 장기가 있지만[7-9], 현재 Skull Town's 검사 시 heel effect에 의한 불균일한 선량 분포를 고려하지 않고 검사를 실시하고 있다. 하지만 heel effect에 따른 영상의 농도 차이와 선량의 불균일성으로 인한 주변 장기조직에 대한 피폭선량의 연구는 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구는 Skull Town's 검사 시 Tube 방향에 따라 발생하는 Heel effect에 따른 강도분포가 주변 장기에 미치는 표면선량 차이를 파악하고, 영상을 분석하여 Skull Town's 검사 시 최소의 선량으로 최대의 영상을 획득하는 방법을 제시하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에 사용된 장비는 Skull Town's 영상을 획득하기 위해 Skull phantom(Head sectional phantom), 주변 장기의 산란선 측정을 위한 산란선 측정기(The Unfors PSD, Sweden), DR system으로 설치된 진단용 방사선발생장치(Dong Kang Medical, Accuray 525R, Korea)를 사용하여 측정하였다.

2. 연구방법

1) 표면선량 측정

Skull Town's 검사 시 Tube 방향에 따른 주변 장기에 미치는 표면선량 측정을 위해 사용된 조건은 76 kVp, 200 mA, 0.125 sec(25 mAs)을 사용하였으며, 초점-검출기 간의 거

리(Focus-Image receptor Distance: FID)는 100cm, 조사야 24×36cm²로 설정하였다. 표면선량측정의 위치는 이마뼈(Frontal bone), 양쪽 눈확(Both Orbit), 갑상샘(Thyroid)에 4군데를 설정하여 부착하였으며, 순서대로 a1, a2, a3, a4 지점으로 하고, 중심선은 코뿌리점(nasion) 상방 6cm 지점에 조사하였다(Fig. 1). Tube 방향에 따른 표면선량을 측정하기 위해 Tube에 설정되어있는 음극(-) 방향과 양극(+) 방향을 기준으로, 각각 음극 방향과 양극 방향으로 30°, 37°로 변화를 주어 표면선량을 측정하였으며, 선량의 평균값을 산출하기 위해 5회 조사하여 표면선량을 획득하였다(Fig. 2,3)

2) 영상평가

영상의 분석은 정량적인 분석을 위해 Image J, Ver. 1.40을 사용하여 분석하였다. 본 연구에서 영상의 측정은 표면선량 측정 시 방법과 동일한 방법으로 측정하였으며, 방사선의 중심선속을 nasion으로 하여 영상을 획득하였다. 영상 분석에 사용된 영상은 Raw data인 Tiff 파일을 선택하여 분석하였으며, 영상평가 인자는 신호 대 잡음 비(Signal to Noise Ratio; SNR), 최대 신호 대 잡음 비(Peak Signal to Noise Ratio; PSNR), 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error; RMSE), 오차제곱평균(Mean Square Error; MSE)을 측정하였다.



Fig 1. Radiation meter attachment point

Fig 2. Anode direction measurement

Fig 3. Cathode direction measurement

3) 통계학적 분석

본 실험을 통해 선량 값과 영상평가 자료(data)는 평균과 표준편차 및 최소값, 최대값을 파악하기 위해 기술통계를 실시하였다. 또한, Tube 방향에 따른 선량 및 화질의 음극 방향과 양극 방향의 각도를 비교하기 위해 Paired t-test를 실시하였으며, 유의수준은 95%를 기준으로 p-value가 0.05 이하이면 통계학적으로 유의하다고 판단하였다. 통계학적 분석을 위해 SPSS Ver. 22.0(Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

III. 결과

1. Tube 방향에 따른 선량 측정

1) Tube 방향 30° 선량

Tube 방향에 따른 각도를 30°로 하였을 때 선량 측정결과 Table 1과 같이 나타났다. 이마뼈의 경우 양극 방향은 5.28 mGy, 음극 방향은 4.46 mGy로 음극 방향으로 하였을 때 선량이 0.82 mGy 낮게 나타났다. 양쪽 눈확의 경우도 음극 방향으로 하였을 경우 양극 방향으로 하였을 때 보다 오른쪽 눈확은 1.14 mGy, 왼쪽 눈확은 1.02 mGy 선량이 낮게 나타났다. 갑상샘의 경우도 음극 방향으로 하였을 때 0.93 mGy 선량이 낮게 나타났으며, 선량 간의 차이는 통계학적으로 유의하게 나타났다($p < 0.05$), (Table 1).

2) Tube 방향 37° 선량

Tube 방향에 따른 각도를 37°로 하였을 때 선량 측정결과 Table 2와 같이 나타났다. 이마뼈의 경우 양극 방향에서 4.23 mGy, 음극 방향에서 3.81 mGy로 나타났으며, 음극

방향으로 하였을 경우 양극 방향으로 하였을 때 보다 선량이 0.42 mGy 낮게 나타났다. 눈확의 경우 음극 방향으로 하였을 경우 양극 방향보다 오른쪽 눈확은 0.8 mGy, 왼쪽 눈확은 0.66 mGy로 낮게 나타났다. 갑상샘의 경우 음극 방향과 양극 방향의 선량 차이는 1.39 mGy로 음극 방향으로 하였을 때 낮게 나타났으며, 선량 간의 차이는 통계학적으로 유의하게 나타났다($p < 0.05$), (Table 2).

2. Tube 방향에 따른 영상평가

1) Tube 방향 30°

Tube 방향을 30°에서 영상을 비교 분석한 결과 Table 3과 같이 나타났다. SNR의 경우 음극 방향으로 하였을 때 52.42, 양극 방향으로 하였을 때 21.33으로 음극으로 하였을 때 SNR이 더 높게 나타났다. PSNR은 음극 방향이 54.83, 양극 방향 23.64로 음극 방향이 더 높게 나타났다. RMSE는 음극에서 28.56, 양극 방향에서 24.82로 나타났으며, MAE는 음극에서 18.29, 양극에서 21.08로 나타났다. Tube 방향을 30°로 하였을 경우 음극 방향으로 각도를 주었

Table 1. Dose analysis for tube direction 30°

(unit: mGy)

division	direction	AVE	S.D	t-value	p-value
Frontal bone	anode	5.28	0.67	2.81	0.04
	cathode	4.46	0.05		
Rt eyeball	anode	4.94	0.55	4.83	0.000
	cathode	3.80	0.04		
Lt eyeball	anode	4.95	0.47	4.96	0.000
	cathode	3.93	0.05		
Thyroid	anode	2.60	0.41	5.14	0.000
	cathode	1.67	0.21		

AVE: Average, S,D: Standard Devision

Table 2. Dose analysis for tube direction 37°

(unit: mGy)

division	direction	AVE	S.D	t-value	p-value
Frontal bone.	anode	4.23	0.01	72.78	0.000
	cathode	3.81	0.01		
Rt eyeball	anode	4.00	0.17	19.35	0.000
	cathode	3.20	0.09		
Lt eyeball	anode	4.00	0.02	97.73	0.000
	cathode	3.34	0.01		
Thyroid	anode	3.13	0.90	3.45	0.02
	cathode	1.74	0.00		

AVE: Average, S,D: Standard Devision

Table 3. Image analysis for tube direction 30°

division	direction	AVE	S.D	t-value	p-value
SNR	anode	21.33	0.10	-24.03	0.000
	cathode	52.42	2.87		
PSNR	anode	23.64	0.08	-24.33	0.000
	cathode	54.83	2.87		
RMSE	anode	24.82	0.10	-25.32	0.000
	cathode	28.56	10.89		
MAE	anode	21.08	0.09	-24.02	0.000
	cathode	18.29	7.96		

AVE: Average, S,D: Standard Devision

Table 4. Image analysis for tube direction 37°

division	direction	AVE	S.D	t-value	p-value
SNR	anode	54.03	0.52	-3.337	0.02
	cathode	54.70	0.09		
PSNR	anode	56.31	0.52	-3.15	0.03
	cathode	56.93	0.10		
RMSE	anode	22.98	1.42	2.96	0.04
	cathode	21.35	0.25		
MAE	anode	14.10	0.98	4.28	0.01
	cathode	12.43	0.17		

AVE: Average, S,D: Standard Devision

을 때, 양극 방향으로 주었을 때 보다 영상의 결과 값이 높게 나타났으며, 통계학적으로 유의하게 나타났다($p < 0.000$), (Table 3).

2) Tube 방향 37°

Tube 방향에 따른 각도를 37° 로 하였을 때 영상을 비교 분석한 결과, 다음과 같이 나타났다. SNR의 경우 음극 방향에서 54.70, 양극 방향에서 54.03으로 나타났으며, PSNR의 경우 음극 방향에서 56.93, 양극 방향에서 56.31로 음극 방향으로 하였을 때 높게 나타났다. RMSE의 경우 음극 방향에서 21.35, 양극 방향에서 22.98로 양극 방향에서 높게 나타났으며, MAE의 경우 음극 방향에서 12.43, 양극 방향에서 14.10으로 양극 방향에서 높게 나타났으며, 통계학적으로 유의하게 나타났다($p < 0.05$), (Table 4).

IV. 고 찰

의료기관에서 많이 사용하고 있는 진단용방사선발생장치

는 방사선 발생부와 영상 획득부로 나누어져 있다. 방사선 발생부의 경우 고압 케이블과 X선관 등으로 이루어져 있다. X선관의 음극은 열전자를 발생시키는 텅스텐 필라멘트(filament)와 집속통(focusing cap), 스템(stem) 등으로 이루어져 있으며, 양극은 저지극(target), 로터(roter), 양극 축(anode shaft)으로 이루어져 있다. X선관의 음극에서 발생하는 열전자가 빠른 속도로 target에 충돌하면 방사선이 발생하게 된다[10]. Heel effect란 방사선 발생 시 음극과 양극에 발생하는 X선의 강도분포 차이를 말하며, 발생하는 이유는 열전자가 충돌하는 target의 경사각에 의해서 발생이 되며, target의 각도에 따라서 다르게 나타나며 각도가 작을수록 heel effect는 더욱더 커지게 된다[11-14]. 신성규의 연구논문에 양극 30° 와 음극 30° 의 선량 분포를 비교 분석한 결과 음극 방향보다 양극 방향의 ESD가 550 μ Gy, 679 μ Gy로 양극 방향 30° 가 더 높게 나타났다고 보고하였다[2]. 본 연구에서는 Tube 방향을 각각 음극 방향과 양극 방향으로 30°, 37° 로 하여 주변 장기의 선량을 측정하고 tube 방향을 30° 로 하였을 때 이마뼈는 0.82 mGy, 오른쪽 눈축 1.14 mGy, 왼쪽 눈축 1.02 mGy, 갑상샘 0.93 mGy로

음극 방향으로 하였을 때 선량이 낮게 나타났다($p < 0.04$). Tube 방향에 37° 로 하였을 때의 선량 차이는 이마뼈의 경우 0.42 mGy, 오른쪽 눈확 0.8 mGy, 왼쪽 눈확 0.66 mGy, 갑상샘은 1.39 mGy로 음극이 더 낮게 측정되었다($p < 0.02$). 이러한 결과는 신성규의 연구논문 결과와 본 연구결과는 일치하는 결과로 나타났으며, 이는 방사선 발생에 의한 강도 분포는 음극 방향 쪽이 더 방사선이 높게 나타나지만, tube 방향을 음극 방향으로 주었을 때 오히려 환자에게 낮은 피폭선량이 나타나는 결과가 도출되었다. 현재 교육기관에서는 방사선검사 시 heel effect에 의한 방사선 강도 불균형으로 인체의 두꺼운 부위인 등뼈 전-후방향 검사(thoracic vertebral Anterior-Posterior projection), 발 전-후방향 검사(foot Anterior-Posterior projection) 등 검사 시 비교적 얇은 부위는 양극 방향으로, 두꺼운 부위는 음극 방향으로 검사를 실시하여야 영상의 균일도를 유지할 수 있다고 교육을 실시하고 있다[13-16].

본 연구 결과, Tube 방향을 30° 에서 음극과 양극의 차이를 보면 SNR은 31.09로 음극 방향으로 하였을 SNR이 더 높게 나타났다. PSNR은 음극 방향과 양극 방향의 차이가 31.19로 음극 방향이 더 높게 나타났다($p < 0.000$). Tube 방향 37° 에서 음극 방향과 양극 방향의 차이를 보면 SNR이 0.67, PSNR 0.62로 음극이 더 높게 나타났다($p < 0.05$). 현대 의학의 발전과 방사선검사의 기술 및 장비의 발전으로 환자의 질병을 조기에 발견하고, 치료 및 예방을 하고 있다. 하지만 의료방사선을 이용한 검사 건수가 많아질수록 환자의 의료피폭은 증가할 것이다. 질병관리청은 진단참고수준의 가이드라인을 배포하여 의료피폭에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 따라서 진단적 가치가 높은 영상과 환자 피폭선량의 최소화를 위해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

머리뼈 전-후 측 방향 검사 시 Tube 방향설정에 따른 표면선량과 영상분석에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, Tube 방향을 30° 로 하였을 때 주변 장기 선량 측정 결과, 모든 장기에서 음극 방향으로 하였을 때 선량이 낮게 나타났다($p < 0.04$). 둘째, Tube 방향에 37° 하였을 때의 주변 장기의 선량은 음극 방향이 더 낮게 측정되었다($p < 0.02$). 셋째, Tube 방향을 30° 에서 SNR과 PSNR 모두 음극 방향이 더 높게 나타났다($p < 0.000$). 넷째 Tube 방향 37° 에서 SNR과 PSNR 모두 음극이 더 높게 나타났다

($p < 0.04$). 이에 Tube 각도가 요구되는 검사에서는 음극 방향으로 하여야 환자의 피폭선량이 적어질 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Hwang SL, Jung HR, Lim CH. A study on radiation dose for general radiography examination at first medical institution. *Journal of The Korean Society of Radiology*. 2011;5(5):245-7.
- [2] Shin SG, Lee HY. The anode heel effect caused by changing the angle of X-ray tube. *Journal of The Korean Society of Radiology*. 2016;10(6):435-42.
- [3] Radiation Instruments Research Society. *Radiation equipment*. 4th edition. Seoul: Cheong-Ku Munhwa; 2019.
- [4] Kim HJ, Kim KB, Kim CS, Park YJ, An BJ, et al. *Medical imaging informatics*. Seoul: Cheong-Ku Munhwa; 2020.
- [5] Kang SS, Kang YH, Kang EB, Ko SJ, Ko IH, Ku HK, et al. *Textbook of radiographic positioning and clinical diagnosis*. 4th edition(volumel). Seoul: Cheong-Ku Munhwa; 2013.
- [6] Wang JH, Han SY, Kim HS, Park SM, Lee SY, Back SM, et al. *Standard imaging technique in radiology examination (general imaging)*. Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2014.
- [7] Park JH, Yang SG, Kim KJ, Joo YC, Hong DH, Lim WT. Comparison of the surface dose of the thyroid according to AP versus PA positioning in cervical spine oblique view. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(4):543-4.
- [8] Kang SS, Ko IH, Kim KK, Kim KO, Kim DH, et al. *Radiation biology*. 4th edition. Seoul: Cheong-Ku Munhwa; 2019.
- [9] Park YS, Ko SJ, Kim HT, Lee SS, Lee KS, et al. *Radiobiology*. 2nd edition. Jeong-Mun Kag; 2019.
- [10] Jang KJ, Kim NH, Lee JH, Lee SB. Distribution of X-ray strength in exposure field caused by heel effect. *Journal of The Korean Society of Radiology*. 2011;5(5):224-5.
- [11] Ko SK, Kim JM, An KC, Yoon CH, Lee SK. *Radiation equipment*. 1st edition. Dae-Hak Seolim; 1998.

- [12] Kim SH. Evaluation of dose and image quality according to heel effect of diagnostic radiation generator [master's thesis]. SeoSan: Department of Radiological Science, The Graduate School of Health Promotion Hanseo University; 2020.
- [13] Shin JW, Oh YJ, Son HB, Woo SW, Park GY, Lee SY. Study on research for reducing radiation dose of head and neck for cephalometric radiography system. *Journal of The Korean Society of Radiology*. 2015;9(2):133-6.
- [14] Kang MH, Cho JM, Jung BJ, Noh SC, Kang SS, et al. A study for dose difference of anode and cathode by the size of radiation field in normal chest X-ray examination. *Journal of The Korean Society of Radiology*. 2014;8(1):113-5.
- [15] Kim GH, Lee RN. Effect of target angle and thickness on the heel effect and X-ray intensity characteristics for 70 kV X-ray tube target. *Progress in Medical Physics*. 2016;27(4):272-4.
- [16] Choi WC, Kim YM, Kim JS. Comparative evaluation of kerma area product and new fundamental of kerma area product on radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2021;44(1):53-7.

구분	성명	소속	직위
제1저자	정성훈	김천대학교 방사선학과	조교수
공동저자	유제현	한서대학교 방사선학과	재학생
교신저자	임청환	한서대학교 방사선학과	교수