

<원저>

두부 측 방향 방사선검사 시 선원 영상수용체간 거리와 검사 자세 변화가 선량과 영상품질에 미치는 영향

김은혜·주영철·김한용·김동환

삼성서울병원 영상의학과

Assessment of Dose and Image Quality according to the Change of Distance from Source to Image Receptor and the Examination Posture during the Skull Lateral Radiography

Eun-Hye Kim·Young-Cheol Joo·Han-Yong Kim·Dong-Hwan Kim

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Abstract This study proposes a new skull lateral examination, and provides an improved examination environment for patients and radiologists. The study was divided into three groups. One group was divided into the SID (source to image receptor distance) 110 cm and 180 cm in the skull lateral posture, the other group The other group was divided into a position in contact with the detector and a position without contact with the detector, and the other group was divided into male and female groups, considering that the difference in shoulder width between adult males and females would affect the dose and image quality. For dose evaluation, the ESD (entrance surface dose) was measured at the EAM (external auditory meatus), and the conditions were applied equally at 70 kVp, 200 mA, and 10 mAs. For image quality evaluation, SNR (signal to noise ratio) and CNR (contrast to noise ratio) were measured in frontal sinus, EAM, and sella turcica. As a result of ESD comparison, when sid 110 cm to sid 180 cm was changed among the three groups, ESD values decreased the most to $729.18 \pm 4.62 \mu\text{Gy}$ and $224.18 \pm 0.74 \mu\text{Gy}$ at 180 cm ($p < 0.01$). The values of SNR and CNR were statistically significant ($p < 0.01$), but there was no qualitative difference. This shows that when the SID is 180 cm, it is possible to reduce the dose without lowering the image quality. So, It is suggested that the SID 180 cm is used without contacting the detector when examining the skull lateral.

Key Words: Skull Lateral Radiographic Examination, Source To Image Receptor Distance, Examination Posture, Entrance Surface Dose, Image Quality

중심 단어: 두부 측면 방사선검사, 선원과 영상수용체 간 거리, 검사 자세, 입사표면선량, 영상품질

1. 서론

사람의 뇌(brain)가 신체 중에 차지하는 비중은 2.0~2.5% 미만으로 작은 기관에 불과하지만, 인체의 모든 기능을 조절하는 통제 기관으로서의 역할 뿐만 아니라 정신적인 조절 기능도 관장하는 매우 중요한 기관이다[1]. 뇌 병변은

크게 뇌졸중(stroke), 뇌종양(brain tumor), 치매(dementia)로 구별할 수 있는데[2], 특히 뇌졸중의 하나인 뇌출혈은 두부외상, 고혈압, 동맥류 혹은 동정맥 기형 등 여러 가지 혈관성 질환, 종양 등의 원인으로 발생 된다[3]. 뇌출혈의 조기 발견과 신속한 치료 과정은 환자의 생명 연장과 환자의 예후 및 사회 복귀에 지대한 영향을 미친다[4]. 일반적인 뇌

Corresponding author: Young-Cheol Joo, Department of Radiology, Samsung Medical Center, 81, Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul, 06351, Republic of Korea / Tel: +82-02-3410-2530 / E-mail: jumyselfjoo@samsung.com

Received 16 September 2022; Revised 14 October 2022; Accepted 05 December 2022

Copyright ©2022 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

출혈 진단 방법으로 뇌(brain) 컴퓨터단층촬영(computed tomography; CT) 또는 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI)이 시행된다. 이 같은 검사는 일반 방사선검사에 비해 검사 비용이 고가이고, 상대적으로 검사 시간이 길며, 환자가 동일한 자세를 유지해야 하는 어려움이 있다. 또한, CT는 일반 방사선검사에 비해 방사선 선량이 높은 단점이 있어, 일반 방사선검사가 선행적으로 시행된다[5].

기본적으로 시행되는 두부 방사선검사(skull radiography)에는 전·후 방향 검사(anteroposterior projection; skull AP), 측 방향 검사(lateral projection; skull lateral), 전·후 축 방향 검사 (anteroposterior axial projection; Town's)가 있다. 검사 관련 서적에서는 두부 측 방향 검사 시 선원 영상수용체간 거리(source to image receptor distance; SID)를 100 cm에서 얇은 자세로 목을 회전시켜 검사 측면을 영상수용체(detector)에 밀착시키고, 영상수용체에 정중면(midsagittal plane; MSP)이 수평, 안와하이공선(infraorbitometal line; IOML)에 수직이 되도록 위치시킨 후 중심 X선을 외이도(external auditory meatus; EAM) 상방 5 cm를 향해 수직 입사하여 영상을 획득한다[6]. 이 방법은 고개를 돌려서 검사 측을 detector에 밀착시켜 검사하기 때문에 환자가 고통이거나 질환의 심각성으로 인해 검사 자세를 취하기 어려운 경우 부정확한 자세로 인해 병변의 왜곡 발생 및 재촬영의 원인이 될 수 있다[7].

선행 연구에 따르면, 진단용 방사선검사 장비의 standing 과 table detector의 오염도는 다른 접촉 장비의 오염도보다 높으며, 환자의 피부가 detector에 직접 접촉하는 것은 접촉 감염에 노출될 확률을 증가시킬 수 있다고 보고하였다[8].

이에, 본 연구에서는 두부 측 방향 검사 시 SID와 자세 변화에 따른 선량과 영상품질의 비교를 통해 환자의 피부를 detector에 접촉하지 않는 검사 자세의 유용성에 대해 고찰하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 인체등가전선촬영 모형인 Anthropomorphic RANDO woman phantom (Alderson Research Laboratories, Stamford, USA)을 사용하였고, X선 발생장치는 GC 85A (Samsung Electronics, Korea)를 이용하였다. 선량 측정기는 Unfors PSD(Unfors Instruments Inc, New Milford, USA)를 사용하였으며, 영상품질 평가는 영상분석프로그램

(Image J Ver. 1.53e, National Institutes of Health, USA)을 이용하였다.

2. 연구 방법

1) 실험 방법

phantom의 우측면이 detector를 향하게 위치시켰고, detector와 phantom의 MSP는 평행, IOML은 수직이 되도록 자세잡이 했다. 조사 조건은 70 kVp, 200 mA, 10 mAs로 동일하게 적용하였고, 조사야 크기는 가로 32.258 cm × 세로 34.544 cm, 중심 X선은 EAM을 향해 수직 입사하였으며, 모든 영상 획득 방법에서 동일하게 적용하였다.

(1) SID 거리 변화에 따른 영상 획득 방법

Phantom은 skull lateral position으로 고정 후 SID를 110 cm와 180 cm로 구분하여 조사하였으며[Fig. 1. (a), (b)], SID 110 cm는 110 cm, SID 180 cm는 180 cm이라고 정의하였다. 참고로 SID 110 cm는 현재 임상에서 일반적으로 적용되는 SID 이다.

(2) 검사 자세 변화에 따른 영상 획득 방법

검사 자세 변화에 따른 영상 획득 방법은 SID 180 cm로 고정시킨 후, skull lateral position에서 detector에 밀착시켰을 때와 그렇지 않은 경우로 구분하였으며, detector에 밀착한 경우를 Contact, 그렇지 않은 경우를 Uncontact로 정의하였다[Fig. 1. (b)].

(3) 성별에 따른 영상 획득 방법

SID 180 cm, Uncontact 자세에서 진행하였으며, 피사체와 영상수용체 간 거리(object to image receptor distance; OID)를 고려하여 여성과 남성의 어깨 넓이를 구분하여 조사하였다. phantom의 어깨 넓이가 한국인 여성의 평균 어깨 넓이와 동일하였기 때문에 phantom의 어깨를 detector에 밀착시킨 경우를 Female로 설정하였고, detector로부터 어깨를 2 cm 떨어뜨린 경우를 Male이라고 정의하였다. 한국인의 평균 어깨 넓이는 2015년 한국인 인체지수조사(여성: 12.05 cm, 남성: 14.25 cm)를 참고하였다[9], [Fig. 1. (c)].

2) 선량 측정 방법

선량 측정은 입사표면선량(entrance surface dose; ESD)를 측정하였다. 반도체 소자는 EAM에 고정하였으며, 각 조건 별로 30회 조사하여 획득한 선량 값을 기록하였다.

3) 영상품질 측정 방법

영상품질 인자는 신호 대 잡음 비(signal to noise ratio; SNR)와 대조도 대 잡음 비(contrast to noise ratio; CNR)를 이용하였고, Image J (Ver. 1.53e, National Institutes of Health, USA) 프로그램을 사용하여 평가하였다. SNR, CNR 측정을 위한 관심영역(region of interest; ROI)은 1 × 1 cm² 크기로 총 3곳 (전두동; frontal sinus, 외이도; EAM, 안장; sella turcica)에서 측정하였으며[Fig. 1. (d)], SNR과 CNR은 식(1), (2)와 같은 방법으로 계산하였다[10].

4) 자료분석방법

본 연구에서 수집된 자료는 정규성 검정(Shapiro-Wilk)을 통해 정규성 확인 후($p > 0.05$), 독립표본 t 검정(independent t -test)을 이용해, 각 그룹의 ESD와 SNR, CNR의 평균값을 비교분석 하였다. 통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의확률(p)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

$$SNR = \frac{(Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg})}{ROI SD} \dots\dots (Eq.1)$$

$$CNR = \frac{(Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg})}{\sqrt{Background SD^2 + ROI SD^2}} \dots\dots (Eq.2)$$

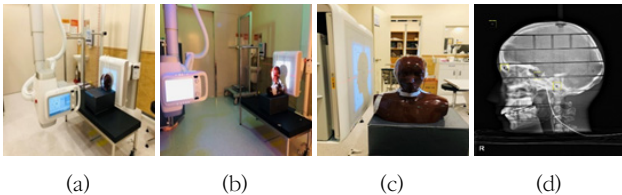


Fig. 1. Image acquisition method
 (a) conventional lateral head examination method at SID 110 cm
 (b) modified head side examination method at SID 180 cm
 (c) an image measured with the side of the phantom's shoulder 2 cm away from the detector.
 (d) CNR and SNR measurements of evaluation point in skull lateral image.

III. 결과

1. SID 간 거리 변화에 따른 선량 및 영상품질 인자 비교 결과

SID 거리 변화에 따른 ESD의 평균값은 110 cm의 경우

729.18±4.62 μ Gy, 180 cm의 경우 224.18±0.74 μ Gy로 나타났다. Frontal sinus, EAM, sella turcica에서 SID 거리 변화에 따른 SNR의 평균값은 110 cm의 경우 4.02±0.01 dB, 10.92±0.04 dB, 3.56±0.01 dB이었고, 180 cm의 경우 2.65±0.01 dB, 10.04±0.07 dB, 3.46±0.01 dB로 나타났다. 세 위치에서 CNR의 평균값은 110 cm의 경우 5.68±0.01 dB, 15.43±0.06 dB, 5.03±0.01 dB이었고, 180 cm의 경우 3.74±0.01 dB, 14.15±0.10 dB, 4.89±0.02 dB로 나타났다. 모든 ESD와 영상품질 인자의 각 그룹 간 평균값의 차이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$), (Table 1), [Fig. 2. (a), (b)].

2. 검사 자세 변화에 따른 선량 및 영상품질 인자 비교 결과

Contact와 Uncontact에서 측정된 ESD의 평균값은 224.18±0.74 μ Gy와 251.58±1.04 μ Gy로 측정되었다. 두 자세에서 신호 대 잡음비의 평균값은 Contact의 경우 2.65±0.01 dB(frontal sinus), 10.04±0.07 dB(EAM), 3.46±0.01 dB(sella turcica)이었고, Uncontact의 경우 3.72±0.01 dB, 8.44±0.06 dB, 2.66±0.01 dB이었다. Contact 자세에서 Frontal sinus, EAM, sella turcica에서 CNR의 평균값은 3.74±0.01 dB, 14.15±0.10 dB, 4.89±0.02 dB이었고, Uncontact 자세에서는 각각의 위치에서 5.26±0.02 dB, 11.00±0.09 dB, 3.76±0.01 dB로 나타났다. ESD와 영상품질 인자의 평균값은 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.01$), (Table 2), [Fig. 2. (c), (d)].

3. 성별에 따른 선량 및 영상품질 인자 비교 결과

Female과 Male의 ESD 평균값은 251.58±1.04 μ Gy와 263.39±1.21 μ Gy로 나타났다. SNR의 평균값은 Female의 경우 frontal sinus는 3.72±0.01 dB, EAM은 8.44±0.06 dB, frontal sinus는 2.66±0.01 dB이었고, Male의 경우 frontal sinus는 3.43±0.01 dB, EAM은 9.81±0.07 dB, sella turcica는 3.00±0.01 dB로 측정되었다. 세 위치 (Frontal sinus, EAM, sella turcica)에서 CNR의 평균값은 Female 그룹에서는 5.26±0.02 dB, 11.00±0.09 dB, 3.76±0.01 dB이었고, Male 그룹에서는 4.85±0.01 dB, 13.79±0.10 dB, 4.23±0.01 dB이었다. ESD와 영상품질 인자 모두 각 그룹간의 평균값 비교 결과 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($p < 0.01$), (Table 3), [Fig. 2. (e), (f)].

Table 1. Comparison of dose values, SNR and CNR according to SID change

Group	Location	SID(cm)	n	Mean±SD	Min	Max	t	p
ESD (μGy)	EAM	110	30	729.18±4.62	710.80	734.60	590.51	0.01
		180		224.18±0.74	221.70	225.40		
SNR (dB)	Frontal sinus	110		4.02±0.01	4.01	4.03	976.74	0.01
		180		2.65±0.01	2.64	2.67		
	EAM	110		10.92±0.04	10.84	11.01	57.67	0.01
		180		10.04±0.07	9.93	10.29		
CNR (dB)	Sella turcica	110		3.56±0.01	3.54	3.57	39.62	0.01
		180		3.46±0.01	3.44	3.51		
	Frontal sinus	110		5.68±0.01	5.67	5.70	978.45	0.01
		180		3.74±0.01	3.73	3.77		
CNR (dB)	EAM	110		15.43±0.06	15.32	15.55	59.11	0.01
		180		14.15±0.10	13.99	14.50		
	Sella turcica	110	5.03±0.01	5.01	5.05	40.22	0.01	
		180	4.89±0.02	4.86	4.95			

1. ESD is entrance surface dose. SNR is signal-to-noise ratio. CNR is Contrast to Noise Ratio.
2. 'p' is calculated by independent t-test.
3. Location is the point where dose values and quality factors (SNR, CNR) are measured.
4. 110 is SID 110 cm in a state in which the right side of the head is in contact with the detector, and 180 is SID 180 cm in a state in which the right side of the head is in contact with the detector.

Table 2. Comparison of dose value, SNR and CNR according to change of examination posture in SID 180 cm

Group	Location	Posture	n	Mean±SD	Min	Max	t	p
ESD (μGy)	EAM	Contact	30	224.18±0.74	221.70	225.40	-117.39	0.01
		Uncontact		251.58±1.04	249.10	254.60		
SNR (dB)	Frontal sinus	Contact		2.65±0.01	2.64	2.67	-493.04	0.01
		Uncontact		3.72±0.01	3.71	3.77		
	EAM	Contact		10.04±0.07	9.93	10.29	91.21	0.01
		Uncontact		8.44±0.06	8.34	8.66		
CNR (dB)	Sella turcica	Contact		3.46±0.01	3.44	3.51	283.42	0.01
		Uncontact		2.66±0.01	2.65	2.70		
	Frontal sinus	Contact		3.74±0.01	3.73	3.77	-493.07	0.01
		Uncontact		5.26±0.02	5.25	5.32		
CNR (dB)	EAM	Contact		14.15±0.10	13.99	14.50	91.22	0.01
		Uncontact		11.00±0.09	11.77	12.21		
	Sella turcica	Contact	4.89±0.02	4.86	4.95	283.35	0.01	
		Uncontact	3.76±0.01	3.74	3.81			

1. ESD is entrance surface dose. SNR is signal-to-noise ratio. CNR is Contrast to Noise Ratio.
2. 'p' is calculated by independent t-test
3. Location is the point where dose values and quality factors (SNR, CNR) are measured.
4. Contact means that the head of the phantom contacted the detector at SID 180 cm, and Uncontact means that the head of the phantom contacted the detector at SID 180 cm.

Table 3. Comparison of dose values, SNR, and CNR according to sex in SID 180 cm

Group	Location	sex	n	Mean±SD	Min	Max	t	p
ESD (μGy)	EAM	Female	30	251.58±1.04	249.10	254.60	40.53	0.01
		Male		263.39±1.21	260.10	265.40		
SNR (dB)	Frontal sinus	Female	3.72±0.01	3.71	3.77	-136.25	0.01	
		Male	3.43±0.01	3.42	3.44			
	EAM	Female	8.44±0.06	8.34	8.66			
		Male	9.81±0.07	9.73	10.03			
CNR (dB)	Sella turcica	Female	2.66±0.01	2.65	2.70	173.49	0.01	
		Male	3.00±0.01	2.99	3.01			
	Frontal sinus	Female	5.26±0.02	5.25	5.32			
		Male	4.85±0.01	4.83	4.86			
CNR (dB)	EAM	Female	11.00±0.09	11.77	12.21	78.91	0.01	
		Male	13.79±0.10	13.67	14.07			
	Sella turcica	Female	3.76±0.01	3.74	3.81			
		Male	4.23±0.01	4.22	4.25			

1. ESD is entrance surface dose, SNR is signal-to-noise ratio, CNR is Contrast to Noise Ratio.
2. 'p' is calculated by independent t-test.
3. Location is the point where dose values and quality factors (SNR, CNR) are measured.
4. Female has the phantom's head not in contact with the detector in SID 180 cm, and Male is a posture with the phantom's right shoulder 2 cm away from the detector at SID 180 cm.

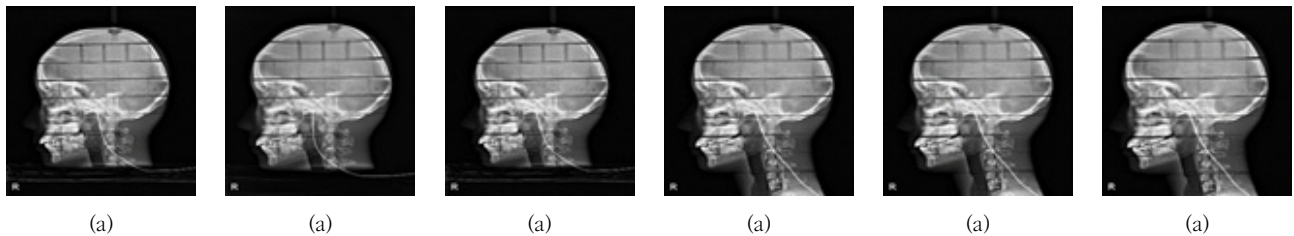


Fig. 2. Images obtained to measure the quality(SNR, CNR) factor for each condition change

- (a) and (b) are images by attaching the side of the phantom to the detector at SID 110 cm and 180 cm
- (c) and (d) are images with and without attaching the side of the phantom to the detector at SID 180 cm
- (e) and (f) are images obtained by attaching the shoulder of the phantom to the detector and the shoulder of the detector 2 cm apart at SID 180 cm

IV. 고찰

두부 방사선검사는 머리에 외부적인 충격이나 교통사고 등으로 응급실 내원 시 기본적으로 실시하는 검사로, 이 중 skull lateral projection은 대부분 앉은 자세에서 검사한다 [7, 11]. 하지만, 이 자세는 경부의 운동범위가 제한적이거나 심한 외상 환자의 경우 적용에 한계가 있고, detector에 환자의 신체를 직접 접촉함으로써 인해 교차 감염의 가능성이 높아질 수 있으며[12], 의료 관련 감염의 경우 의료인이 주의하거나 환경을 조절함으로써 30~35%의 예방 효과가 있음이 밝혀졌다[13]. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 기존의

skull lateral 검사법에서 SID와 검사자세를 변화시켜 선량과 영상품질 평가를 진행하였고, 새로운 검사방법에 대한 유용성을 증명하여 임상에서의 적용을 제안하고자 진행하였다.

본 연구의 결과, 동일한 조건에서 SID를 110 cm에서 180 cm로 증가 하였을 때, ESD는 약 70%, SNR과 CNR은 약 10% 감소하였다. 이 같은 결과는 복부 단순 방사선검사 (abdominal radiography) 시 SID 거리를 100 cm에서 140 cm로 증가 시 ESD가 17.42% 감소하고, 늑골 후·전면 방향 방사선검사 시 SID 거리를 100 cm에서 180 cm로 증가 하였을 때 약 4.4배의 ESD 감소 효과가 있었다는 선행연구와 유

사했다[14, 15]. Detector의 접촉 유·무에 따른 ESD의 차이는 약 10%, SNR과 CNR은 약 20%로 나타났다. SID 180 cm에서 동일한 조건으로 phantom의 측면을 detector에 접촉한 경우보다 접촉하지 않았을 경우의 ESD 값이 더 높게 측정된 것을 보았을 때, phantom의 두부를 투과한 일부 X선이 detector에 흡수되는 과정에서 후방 산란선이 선량 값에 영향을 미친 것으로 사료된다. 성별에 따른 어깨 넓이 차이를 고려하여 SID를 180 cm로 설정하고, Uncontact와 같은 방법으로 측정하였을 때, ESD는 여성이 남성보다 약 4% 낮게 측정되었고, SNR은 남성이 여성보다 약 13% 높게 측정되었으며, CNR은 약 20% 높게 측정되었다. 이는 박영선 등의 연구에서 피사체의 두께가 두꺼울수록 환자의 피폭 선량이 증가한다는 연구 결과와 유사하였다[16].

박 등은 방사선검사서 환자 선량 감소하는 방법으로 120 cm 이상으로 SID의 증가가 필요하고, 영상의 품질을 유지하는 가능한 낮은 관전류와 검사 부위에 맞는 최적화된 조사야 조절, 대조도에 영향을 미치지 않는 높은 관전압(kVp)을 사용하는 것이라고 하였다[17].

일반적으로 OID 차이를 고려하여 SID를 증가하는 경우 거리역자승의 법칙을 이유로 선량을 증가시켜야 한다고 주장하지만, 권순무 등의 연구에 의하면 흉부 방사선검사 시 SID 200~300 cm 구간일 때, SID 증가에 따른 빔의 투과력 증가와 광자 수 감소의 정도가 비슷해 SNR의 변화가 적었으며, SID 180 cm에서의 영상과 유의한 차이가 없는 영상을 얻을 수 있었다고 보고하고 있다[18].

본 연구 및 선행 연구의 결과로 보았을 때 skull lateral 검사 시 SID 180 cm에서 환자의 두부를 detector에 접촉하지 않은 새로운 두부 측 방향 검사 자세는 일반적인 두부 측 방향 검사 자세와 비교하여 70%의 선량을 감소시킬 수 있었다. 영상품질 측면에서 통계적으로 정량적인 차이가 있었으나, 선행연구의 결과로 유추해 보았을 때 영상품질에 큰 영향을 주지 않을 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구는 환자 선량을 감소시키면서, 움직임에 제한이 있는 환자를 보다 편하게 검사할 수 있는 방법을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

하지만, 본 연구는 성별의 기준으로 여성과 남성의 어깨 넓이만을 비교하였고, 정성적인 평가가 이루어지지 않은 한계점을 지니고 있으며, 선량계의 특성상 후방산란선에 대한 부분은 고려되지 않았다. 추후 실제 환자를 대상으로 여성과 남성의 여러 비교 인자를 통한 연구와 정성적인 평가가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

skull lateral 시 SID와 검사 자세의 변화가 선량과 영상 품질에 미치는 영향을 비교분석 한 결과는 다음과 같다. SID를 110 cm에서 180 cm으로 조절하는 경우 약 70%의 선량 감소효과가 있었고, Uncontact 보다는 Contact 자세에서 약 10%을 줄일 수 있었다. 어깨 넓이에 따른 ESD는 여성이 남성보다 약 4% 감소하는 것으로 나타났다. 이에 본 연구는 선량감소와 접촉 감염에 대한 노출 감소를 위해 두부 측 방향 방사선검사 시 SID 180 cm에서 환자의 머리를 detector에 접촉하지 않는 Uncontact 검사법을 적용할 것을 제안하며, 이러한 검사법은 움직임에 제한이 있는 환자의 경우 무리하게 고개를 회전시키지 않아도 되기 때문에 기존의 검사법보다 자세잡이에 있어 용이할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Joyce KE, Hayaska S, Laurienti PJ. A genetic algorithm for controlling an agent-based model of the functional human brain. *Biomed Sci Instrum*. 2012;48:210-7.
- [2] Khotanlou H, Afrasiabi M. Segmentation of Multiple Sclerosis Lesions in Brain MR Images Using Spatially Constrained Possibilistic Fuzzy C-Means Classification. *J Med Signals Sens*. 2011;1:149-55.
- [3] Kim HJ, Bae WK, Cha JJ, Kim KW, Jo WS, Kim IY, Lee KS. Radiologic Findings of Acute Spontaneous Subdural Hematomas. *The Journal of the Korean Radiological Society*. 1988;38(3):391-6.
- [4] Lee SM. Clinical Feature and Outcome in Spontaneous Cerebellar Hemorrhage: Determination of Treatment Strategies. *Journal of the Korean Neurological Association*. 2004;22(4):290-4.
- [5] Lee YB, Park YS, Lee KC, Kim HS, Mok JH, Park SB. Skull Fracture and Traumatic Intracranial Lesions. *Dong-guk Medicine*. 1977;4:63-70.
- [6] Lee JK. Evaluation of maxillary sinuses and adjacent tissues on panoramic photographs according to head position. *The American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology*. 1992;22(2):315-27.
- [7] Ballinger PW. MERRILL'S ATLAS OF RADIOGRAPHIC POSITIONS and RADIOLOGIC PROCEDURES. 8th ed.

- United State: Mosby-Year Book; 1955:12.
- [8] Shin JS, Park CW, Jeon BK. Analysis on infection control of general hospital radiology. Journal of the Korean Society of Radiology. 2012;6(5):335-42.
- [9] Size Korea. 7th Human Body Index Report [Internet]; 2015. Available from: <https://sizekorea.kr/human-meas-search/human-data-search/meas-item>
- [10] Kim JS, Joo YC, Lee SK. Effect of High Tube Voltage and Scatter Ray Post-processing Software on Image Quality and Radiation Dose During Chest Anteroposterior Radiography. Journal of Radiological Science and Technology. 2021;44(4):295-300.
- [11] Min JW, Kim JM, Jeong HW. Mixed Noise reduction Filters for CR Images. Journal of Radiological Science and Technology. 2007;30(1):1-6.
- [12] Ann KH. Medical-related infection control of diagnostic radiation generator using silver nano antibacterial material [master's thesis]. Incheon: Gachon University; 2019.
- [13] Department of Health and Human Services. Guidelines; 2005.
- [14] Kim YH, Kwon SI. Effects on Patient Exposure Dose and Image Quality by Increasing Focal Film Distance in Abdominal Radiography. Journal of the Korean Society of Radiological Technology. 1988; 21(1):52-8.
- [15] Joo YC, Jung YJ. Evaluation of Relationship between Radiation Dose and Image Quality according to Source to Image Receptor Distance in Rib Series Radiography. Journal of Radiological Science and Technology. 2018;41(5):391-6.
- [16] Park YS, Ann BS. An Experiment on Scattered-ray Content Ratio and Skin Dose according to the Exposure Condition for Chest Radiography. Journal of Korean Society of Radiological Technology. 1992;15(2):3-9.
- [17] Park YW. A study on the proper examination distance of a digital X-ray imaging device for diagnosis [master's thesis]. Seosan: Hanseo University Graduate School of Health Promotion; 2014.
- [18] Kwon SM, Park CH, Park JK, Song WH, Jung JE. The Effect of Source to Image-Receptor Distance(SID) on Radiation Dose for Digital Chest Radiography. J. Korean Soc. Radiol. 2014;8(4):203-10.

구분	성명	소속	직위
제1저자	김은혜	삼성서울병원	방사선사
공동저자	김한용	삼성서울병원	방사선사/파트장
공동저자	김동환	삼성서울병원	방사선사/검사실장
교신저자	주영철	삼성서울병원	방사선사/박사