

The Study of Effectiveness in a Modified Rib Oblique Projection View Using a Chest Phantom

Ki-Tae Um, Min-Su Lee, Sung-Jin Kang*

Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital Bucheon

Received: July 25, 2018. Revised: August 25, 2018. Accepted: August 31, 2018

ABSTRACT

This study is filmed by applying the axial angle variation of the X-ray tube instead of the patient's position change during the perimetric examination of the ribs. A Reference image with the rib oblique examination using a chest phantom and experimental images applied with a six-phase variation in the axial angle by increasing 5° tube angle each from 5°~30° from the vertical incident direction of the chest phantom to the right horizontal axis were obtained. For the quantitative comparative evaluation of the images, SNR and CNR were calculated for regions of interest in the experimental images based on the reference image. Also, the left-right rib ratio in the reference image and the left-right rib ratio in the experimental images are measured and compared. As a result of the study, the experimental images with a tube angle of 25° were best shown in the measurements of the SNR, CNR and left-right rib ratio compared to the reference image with a standard examination method. The modified rib examinations will consider useful, if it is difficult to maintain the patient's examination position.

Keywords: Rib, Oblique Projection View, Right-Left Rib Ratio

I. INTRODUCTION

늑골 골절은 외상, 상해, 스포츠 활동 등 여러 원인에 의해 발생 할 수 있다. 늑골 골절의 일차적 진단에 사용되는 X-선 검사는 폐(lung) 및 심장(heart)의 음영과 척추의 추체(vertebra body)와 돌기(process), 흉골(sternum)과 종격(mediastinum) 구조물 등의 겹침과 흉곽 자체의 두께와 부피로 인한 기하학적 불선예도가 증가할 수 있는 요소가 상존하기 때문에 이의 정밀한 묘사에 다소 어려움이 있다. 특히나 늑골 골절로 인하여 극심한 통증을 호소하는 환자에 있어서는 편안한 검사 자세 유지와 신속한 검사를 위한 검사자의 숙련도, 적절한 노출조건의 설정 등이 중요하다¹⁾. 늑골 골절의 다양한 양상과 골절 위치의 정확한 묘사를 위해서는 전·후면 검사와 더불어 좌·우 사방향(oblique projection) 검사가 실시되어야 한다. 하지만 사방향 검사의 시행에는 늑골 손상을 가진 환자 스스로 검사 자세를 유지하게 하는 데에는 다소 무리가 있으며, 검사자의 도수적

(manipulative) 검사 자세 교정은 늑골 손상뿐만 아니라 기타 외상을 더욱 악화 시킬 가능성이 있다. 뿐만 아니라, 음주나 약물 투여 및 외상에 의한 의식(consciousness) 저하나 불명(unconsciousness)의 경우 환자의 의사표현이 불가능하기 때문에 세심한 주의가 필요하며, 경우에 따라서는 검사가 제한 될 수 있다. 이에 본 연구는 늑골의 사방향 검사 시 환자의 자세 변화가 아닌 X-선관의 축 방향 각도 변화를 적용하여 영상화함으로써 환자의 자세 변화를 최소화함과 동시에 검사자의 도수적 자세 유지에 대한 개입을 줄여 간접 피폭을 감소시키고, 더불어 늑골의 정확한 묘사가 가능한 영상의 획득 여부를 평가하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 대상 및 실험 방법

연구는 인체모형 팬텀(RS-111T Transp, Radiology Support Devices)과 디지털 X선 영상장치(Discovery

* Corresponding Author: Sung-Jin Kang

E-mail: xray116@hanmail.net

Tel: +82-32-621-6566

XR656, General Electric)를 이용하여 늑골 사방향의 표준 검사방법과 변형 검사방법을 비교·대조하는 실험적 방법으로 진행하였다. 대조 영상(reference image)은 Fig. 1과 같이 표준 검사방법을 적용하여 인체모형 팬텀을 앙와위(supine) 상태에서 45° 췌기(wedge) 형태의 방사선 투과성 물질을 팬텀의 오른쪽 후측에 위치시켜 좌후사위(left posterior projection, LPO)를 유지한 상태로 하고, 중심 X-선을 영상면과 수직 입사하여 영상을 획득하였다.

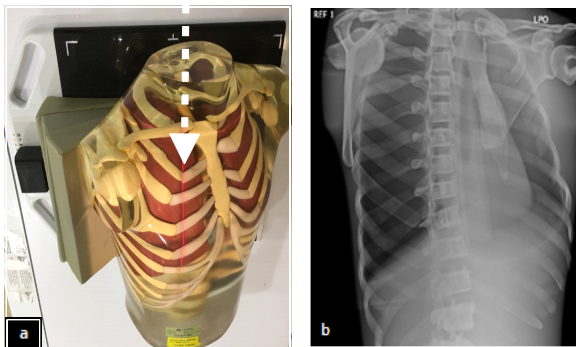


Fig. 1. Acquisition of a reference image(b) using a standard methods(a).

실험 영상(experimental image)은 Fig. 2와 같이 팬텀을 앙와위 상태로 유지한 후, 중심 X-선이 영상면과 수직되는 각도로부터 X-선의 입사각도가 사방향이 되도록 우측으로 5° 간격으로 30° 까지 6단계의 입사각도 변화를 적용하여 영상을 획득하였다. 모든 영상의 검사 조건은 관전압 80 kVp, 관전류 64 mA 노출시간 0.51 sec, X-선관 초점과 영상 간 거리(source to image distance, SID는 110 cm를 동일하게 적용하였다.

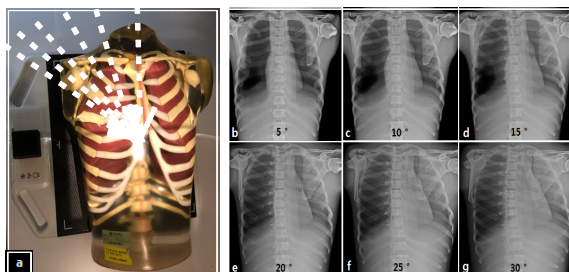


Fig. 2. Acquisition of experimental images by each angles(b), (c), (d), (e), (f), (g) using a modified methods(a).

2. SNR과 CNR을 이용한 영상의 정량적 평가

정량적 화질 평가를 위하여 Fig. 3과 같이 획득한 영상으로부터 흉골병(manubrium), 7번째 늑골(7th rib), 7번째 흉추(7th. thoracic vertebra)의 위치에 관심 영역(region of interest, ROI)을 설정하고, 피사체의 음영이 없는 부위에 배경(background, BG) 신호값을 측정할 수 있는 영역을 설정하였다.

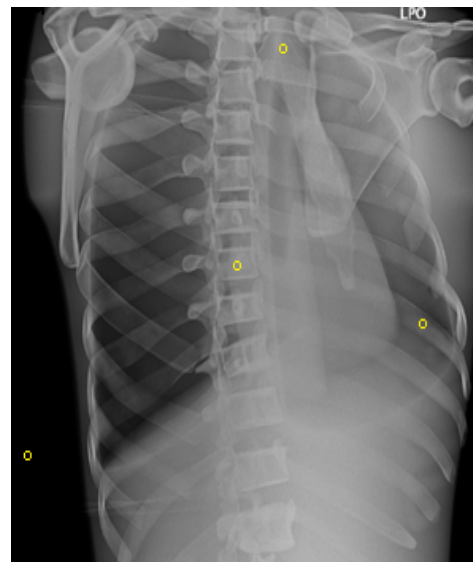


Fig. 3. Measurement of image signals from 4 region of interest for a quantitative evaluation using by SNR and CNR.

해당 영역들로부터 영상신호의 평균값(mean)과 표준편차(standard deviation)를 측정하고, 이를 이용하여 신호대잡음비(signal to noise ratio, SNR), 대조도대잡음비(contrast to noise ratio, CNR)를 계산하여 정량적 비교의 평가 지표로 선정하였다. 영상신호의 측정에는 Image J program(Wayne Rasband, NIH, USA)을 이용하였으며, 동일 관찰자가 3회 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

측정된 영상신호 값으로부터 SNR을 계산하기 위해 다음의 Eq. (1)을 사용하였다.

$$SNR = \frac{ROI_{mean}}{ROI_{SD}} \quad (1)$$

측정된 영상신호 값으로부터 CNR을 계산하기 위해 다음의 Eq. (2)를 사용하였다.

$$CNR = \frac{ROI_{mean} - BG_{mean}}{\sqrt{\frac{1}{2}(ROI_{SD}^2 + BG_{SD}^2)}} \quad (2)$$

ROI_{mean} : ROI 영상신호의 평균값
 BG_{mean} : BG 영상신호의 평균값
 ROI_{SD} : ROI 영상신호의 표준편차
 BG_{SD} : BG 영상신호의 표준편차

3. 좌·우 늑골의 비율 측정을 통한 영상의 정량적 평가

중심 X-선의 입사각도 변화에 따른 좌·우 늑골의 비율을 정량적으로 평가하기 위하여 Fig. 4에서 처럼 영상에서 우측 늑골의 길이(A), 좌측 늑골의 길이(B)를 측정하고 비율을 계산하였다.

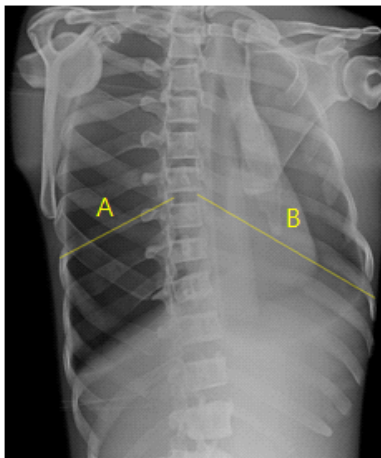


Fig. 4. Measurement of the ratio of the left and right rib.

늑골의 길이는 진성 늑골(true rib)만을 대상으로 하였으며, 영상에서의 길이 측정은 영상 표시 프로그램(DEJA-View, DEIT, KOR)의 디지털 측정자(scale bar)를 이용하였다. 길이와 비율의 측정값은 동일 관찰자가 3회 반복 측정하여 그 평균값을 이용하였다. 대조 영상에서 좌·우 늑골의 비율을 참고 기준으로 하여, 실험 영상의 각도 변화에 따른 좌·우 늑골의 비율 변화를 비교하여 대조 영상과 가장 유사한 비율을 갖는 입사각도를 선정하였다.

좌·우 늑골의 비율은 Eq. (3)을 이용하여 계산하였다.

$$\text{좌우 늑골 비율}(ratio) = \frac{\text{좌측늑골 길이}(B)}{\text{우측늑골 길이}(A)} \quad (3)$$

III. RESULTS

1. SNR과 CNR을 이용한 영상의 정량적 평가 결과

1.1 SNR의 측정값

대조 영상과 실험 영상의 관심영역 별 SNR 값은 Table 1과 같다. 세 부분의 관심영역에서 대조 영상의 SNR 값은 흉골병이 21.25, 7번째 늑골이 9.86, 7번째 흉추가 17.48 이었다. 대조 영상을 기준으로 한 실험 영상의 입사각도 별 SNR 값을 비교한 결과, Fig. 5와 같이 흉골병은 25°에서 19.50, 7번째 늑골은 20°에서 10.82, 7번째 흉추는 25°에서 27.92로 대조 영상과 가장 유사한 SNR 값을 나타내었다.

Table 1. SNR values in the region of interest in a reference image and experimental images by x-ray incidence angle.

SNR value of imaging method	ROI			
	Manubrium	7th Rib	7th Thoracic Vertebra	
Reference Image	21.25	9.86	17.48	
X-ray Incidence Angle of Experimental Images	5°	7.18	8.72	31.54
	10°	8.75	7.45	39.44
	15°	13.74	6.75	42.78
	20°	18.89	10.82	36.22
	25°	19.50	6.80	27.92
	30°	23.28	12.85	30.60

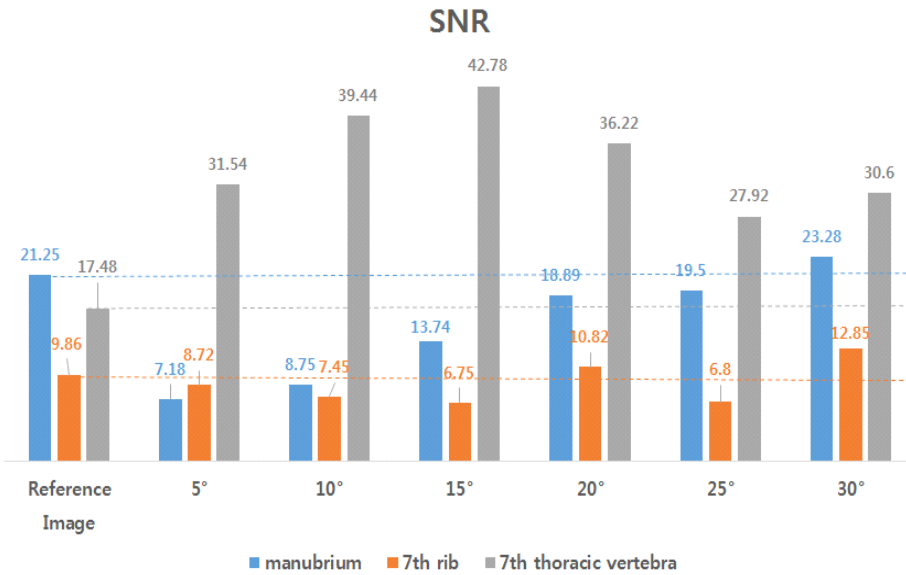


Fig. 5. Graph of SNR values in the region of interest in a reference image and experimental images by x-ray incidence angle.

1.2 CNR의 측정값

대조 영상과 실험 영상의 관심영역 별 CNR 값은 Table 2와 같다. 세 부분의 관심영역에서 대조 영상의 CNR 값은 흉골병이 30.06, 7번째 늑골이 13.94, 7번째 흉추가 24.75 이었다. 대조 영상을 기준으로 한

실험 영상의 입사각도 별 CNR 값을 비교한 결과, Fig. 6과 같이 흉골병은 25°에서 27.58, 7번째 늑골은 20°에서 15.30, 7번째 흉추는 25°에서 39.47로 대조 영상과 가장 유사한 CNR 값을 나타내었다.

Table 2. CNR values in the region of interest in a reference image and experimental images by x-ray incidence angle.

CNR value of imaging method	ROI			
	Manubrium	7th Rib	7th Thoracic Vertebra	
Reference Image	30.06	13.94	24.75	
X-ray Incidence Angle of Experimental Images	5°	10.16	12.26	44.57
	10°	12.35	10.54	55.84
	15°	19.43	9.54	60.52
	20°	26.72	15.30	51.19
	25°	27.58	9.62	39.47
	30°	32.87	18.16	43.18

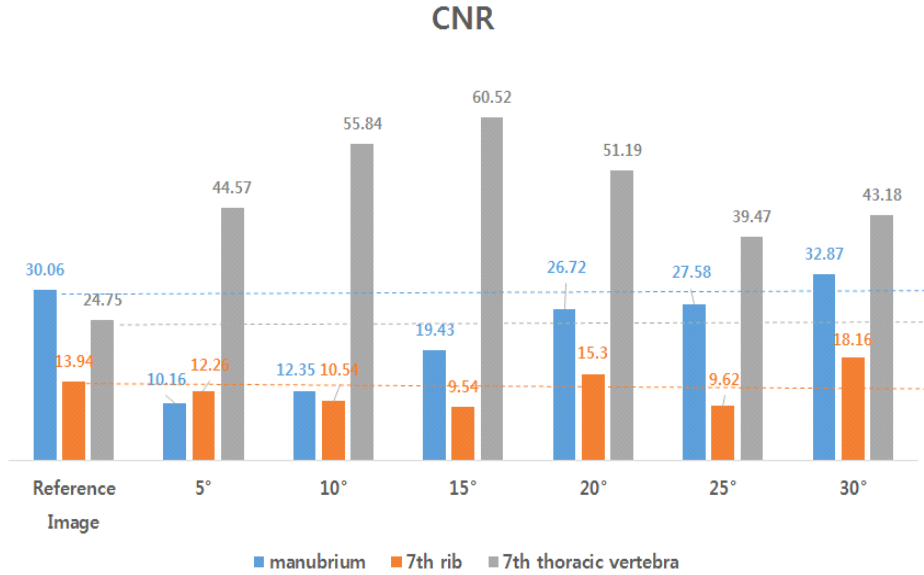


Fig. 6. Graph of CNR values in the region of interest in a reference image and experimental images by x-ray incidence angle.

2. 좌·우 늑골의 비율 측정을 통한 영상의 정량적 평가 결과

대조 영상과 실험 영상에서 좌·우 늑골의 길이 비율은 Table 3과 같다. 대조 영상의 좌·우 늑골의 길이 비율은 1번 늑골부터 12번 늑골까지 각각 1.42, 1.75, 1.76, 1.72, 1.70, 1.65, 1.64, 1.70, 1.81, 1.96, 1.97, 1.02

1.96, 1.97, 1.02의 비율로 측정되었다. 실험 영상의 좌·우 늑골의 길이 비율은 입사각도 25°에서 3번 1.77, 5번 1.73, 6번 1.65, 7번 1.65, 8번 1.75, 12번 1.02로 6개 늑골에서 대조 영상과 가장 근접한 비율을 나타내었고, 30°에서는 1번 1.53, 2번 1.51, 4번 1.70으로 3개의 늑골에서 가장 근접한 비율을 나타내었다.

Table 3. Ratio of left and right ribs in a reference image and experimental images.

Ratio of Left and Right Rib	No. of Rib											
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th
Reference image	1.42	1.75	1.76	1.72	1.70	1.65	1.64	1.70	1.81	1.96	1.97	1.02
5°	1.13	1.49	1.38	1.27	1.24	1.14	1.33	1.41	1.45	1.55	1.53	0.98
10°	1.32	1.48	1.39	1.36	1.53	1.54	1.49	1.61	1.52	1.81	1.60	0.93
15°	1.23	1.33	1.22	1.47	1.59	1.70	1.58	1.53	1.64	1.51	1.88	0.92
20°	1.13	1.43	1.63	1.56	1.64	1.77	1.38	1.56	1.79	1.77	1.81	0.97
25°	1.67	1.44	1.77	1.61	1.73	1.65	1.65	1.75	1.68	1.81	1.83	1.02
30°	1.53	1.51	1.73	1.70	1.63	1.60	1.30	1.79	1.67	1.77	1.86	0.99

IV. DISCUSSION

늑골 골절의 경우 심한 흉통과 더불어 심호흡의 장애를 초래하며, 단독으로 발생하기 보다는 타 장기의 손상을 동반하는 경우가 많다. 따라서 한 개의 늑골 골절로도 혈흉(hemothorax)이나 기흉(pneumothorax) 등 흉강 내 장기 손상뿐만 아니라 복부 장기 손상을 유발할 수도 있다^[2]. 가장 많이 골절되는 부위는 4~9번 늑골이며, 1~2번 늑골 골절 시 대동맥 등 큰 혈관 손상이 동반 될 수 있으며, 9~12번 늑골 골절 시 비장이나 간 등 복부장기 손상이 동반 될 수 있으므로 세심한 관찰이 요구된다. 따라서 조기에 늑골 골절을 발견하지 못해 적절히 치료하지 못할 경우, 특히 고령 환자에서는 치명적인 결과를 초래 할 수도 있다.^[3-5]

늑골 손상의 일차적 평가를 위한 X-선 영상 검사는 늑골의 해부학적 특성상 사방향 검사를 통한 늑골 전장의 묘사가 필요하다. 하지만 사방향 검사 자세를 유지함에 있어 극심한 통증을 호소하거나 중증의 손상이 의심되는 외상환자에게 쉽게 적용하기에는 다소 무리가 있으며, 또한 검사자로 하여금 환자의 자세유지로 인한 간접 피폭에 노출되게 한다.

본 연구는 일반적으로 적용되고 있는 늑골 사방향 검사방법에서 앞서 기술한 문제적 상황을 개선하기 위한 변형 늑골 사방향 검사법을 제안하였다. 연구에 적용된 변형 늑골 사방향 검사 방법은 환자의 자세를 사위자세(oblique position)로 유지하지 않는 대신, X-선의 입사 각도를 환자의 좌·우 체축(transverse axial) 방향으로 조절함으로써 동일한 영상효과를 얻을 수 있도록 하여 환자의 자세 변화나 검사자의 자세 유지에 대한 개입을 최소화할 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 최적의 사방향 영상효과를 얻기 위해서 다양한 X-선 입사각도를 적용하였다. 일반적인 사방향 검사에서는 환자의 자세를 45° 정도 회전시킨 상태에서 영상면과 X-선의 입사를 수직으로 하여 영상화를 권고하고 있지만^[6], 본 실험에 적용한 결과 40° 이상의 입사각도에서는 기하학적 조건에 의한 영상의 왜곡과 늑골 전체의 음영이 영상면에 포함되지 않는 현상이 나타났기 때문에 입사각도의 조절은 35° 까지로 제한하였다. 흉부의

두께로 인한 산란선의 증가는 영상 화질 개선을 위해 격자(grid)의 사용을 필요로 하지만^[7], 본 연구에서 처럼 환자의 좌·우 체축(transverse axial) 방향으로 X-선을 조사 할 경우 격자의 cut-off 현상으로 인한 영상의 농도 변화 왜곡이 발생하기 때문에 격자를 사용하지 않고 디지털 영상장치에서 사용되는 전처리(pre-processing) 과정만을 적용하여 영상화 하였다^[8].

본 연구는 인체 모형 팬텀만을 이용하였기 때문에 다양한 임상 양상을 반영하여 영상 평가를 하기에는 제약이 있었다. 디지털 영상화 방법을 이용한 영상의 화질 평가에서 잡음(noise)에 대한 평가는 질 높은 영상과 정확한 진단을 위한 필수적 요소이다.^[9-11] 따라서 변형 늑골 사방향 검사의 영상 평가는 노이즈를 반영한 SNR과 CNR을 측정하여 정량적으로 비교하였다. 또한 환자의 편의와 검사자의 간접 피폭에 관한 부분을 개선하고자 하는 제한적 목적만을 주된 관점으로 진행하였기 때문에 X-선의 입사각도에 따른 영상의 기하학적 불선예도 증가에 대한 평가를 하지 않았다. X-선의 입사각도가 증가할수록 확대(magnification)나 반음영(penumbra)에 의한 영상의 왜곡이 증가하게 된다. 하지만 연구 목적에 대한 설명을 듣고 이해한 근골격 영상의학 전문의(경력 17년)는, 변형된 늑골 사방향 검사로 인한 늑골 외측연 부위의 확대는 늑골 골절을 감별하기 위한 영상관독에 있어서 크게 저해되는 요소가 아닐 것이라고 판단된다는 의견을 제시하였다. X-선관의 입사 각도를 이용한 요추의 사방향 검사에 대한 선행 연구에서도^[12], 요추 손상 환자들에서 X-선관의 입사각도를 변형하는 검사방법은 추가적 상태 악화의 가능성을 줄임과 동시에 진단적 가치의 저하를 최소화할 수 있다고 보고된바 있다.

연구 결과를 통해 변형 사방향 검사 방법을 이용한 실험 영상의 정량적인 화질 평가 결과, SNR과 CNR은 25°의 X-선 입사각도에서 표준 영상 방법을 적용한 대조 영상과 가장 유사한 결과를 보였다. 또한 사방향 검사에서 좌·우 늑골의 길이 비율이 2:1 정도로 묘사되는 것이 적절한 영상이라고 권고되고 있는데^[6], 본 연구에서는 25°의 X-선 입사각도를 적용한 실험 영상에서 좌·우 늑골의 비율이 2:1과 가장

근접하게 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다.

V. CONCLUSION

변형 늑골 사방향 검사 영상에 대한 정량적 평가 결과, X-선관의 입사각도가 25° 정도 일 때 늑골의 표준 사방향 검사 방법을 적용한 영상과 가장 유사한 영상을 얻을 수 있었다. 본 연구에서 제시한 X-선관의 입사각도를 변형한 늑골 사방향 검사는 환자 스스로 검사 자세 유지에 대한 협조가 어렵거나 의식이 불분명한 상태 또는 중증 외상 환자의 경우에 2차적 손상을 예방할 수 있는 검사로서의 의미와 동시에 검사자로 하여금 간접피폭을 줄일 수 있는 검사로서 제한적으로 적용할 수 있는 유용한 방법이라 생각된다.

Reference

- [1] K. K. Kim, "A Study on the Best Method in Radiography of Upper Rib Fracture," Article of Daegu Industrial Information College, Vol. 15, pp. 313-319, 2001.
- [2] H. Y. Kim, M. Y. Kim, "Management of Patients with Ribs Fractures: Analysis of the Risk Factors Affecting the Outcome," The Korean Journal of thoracic and cardiovascular surgery, Vol. 43, No. 3, pp. 285-291, 2010.
- [3] E. M. Bulger, M. A. Arneson, C. N. Mock, G. J. Jurkovich, "Rib fractures in the elderly," The Journal of Trauma, Vol. 48, No. 6, pp. 1040-1046, 2000.
- [4] Y. Barnea, H. Kashtan, Y. Skornick, N. Werbin, "Rib fractures in elderly patients: mortality and morbidity" Canadian Journal of surgery, Vol. 45, No. 1, pp. 43-46, 2002.
- [5] L. I. Worthley, "Thoracic epidural in management of chest trauma. A study of 161 case," Intensive Care Medicine, Vol. 11, No. 6, pp. 312-315, 1985.
- [6] B. S. Kang, S. C. Kim, H. S. Kim, *Radiographic Imaging, 3rd Ed*, Daihaks, Seoul Korea, pp. 482, 2012.
- [7] Y. I. Kim. *Analog & Digital PACS, 8th Ed*, Daihaks, Seoul Korea, pp. 78, 2014.
- [8] N. K. Jung, J. S. Kim, Y. K. Park, J. W. Yoon, H. G. Lee, "Development of high accuracy x-ray grid & digital radiography detector integration technology", Final Report of Nuclear Research and Development, Ministry of Science and Technology, 2006.
- [9] J. M. Goo, J. G. Im, H. J. Lee, M. J. Chung, J. B. Seo, H. Y. Kim, Y. J. Lee, J. W. Kang, J. H. Kim, "Detection of simulated chest lesions by using soft-copy reading: comparison of an amorphous silicon flat-panel-detector system and a storage phosphor system", Radiology, Vol. 224, No. 1, pp. 242-246, 2002.
- [10] X. J. Rong, C. C. Shaw, X. Liu, M. R. Lemacks, S. K. Thompson, "Comparison of an amorphous silicon/cesium iodide flat panel digital chest radiography system with screen/film and computed," Medical Physics, Vol. 28, No. 11, pp. 2328-2335, 2001.
- [11] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, D. H. Kim, C. S. Kim, "Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control & Sensitivity in the Digital Chest Image", The Korea Contents Association, Vol. 13, No. 8, pp. 275-283, 2013.
- [12] D. C. Sung, J. S. Jung, S. S. Kim, N. L. Park, S. K. Park, C. B. Ahn, J. S. Lim, "Lumbar spine oblique using tube angle method of usefulness evaluation", The Korean Society of Radiological Imaging Technology, Vol. 2017, No. 1, pp. 117-122, 2017.

흉부팬텀을 이용한 변형된 늑골 사방향 검사의 유용성에 관한 연구

엄기태, 이민수, 강성진*

순천향대학교 부속 부천병원 영상의학과

요 약

본 연구는 늑골의 사방향 검사 시 환자의 자세 변화가 아닌 X-선관의 수평 축방향 각도 변화를 적용하여 영상화 하였다. 인체 모형 팬텀을 이용하여 일반적인 늑골 사방향의 표준 검사 방법을 적용한 대조 영상과 중심 X-선을 팬텀의 수직 입사 방향으로부터 오른쪽 수평 축 방향으로 5° 간격으로 5°부터 30°까지 6단계의 입사각도 변화를 적용한 변형 사방향 실험 영상을 획득하였다. 영상의 정량적 비교 평가를 위해 대조 영상을 기준으로 실험 영상의 관심 영역 별 SNR과 CNR을 계산하였다. 또한 대조 영상의 좌·우 늑골 비율과 실험 영상의 X-선 입사각도 별 좌·우 늑골 비율을 측정하여 비교하였다. 실험 결과, 25°의 X-선 입사 각도를 적용한 실험 영상이 표준 검사 방법을 적용한 대조 영상과 비교하였을 때 SNR과 CNR, 좌·우 늑골 비율의 측정값에서 가장 근사한 값을 나타내었다. 변형 늑골 사방향 검사는 환자의 검사 자세 유지가 어려울 경우 적용할 수 있는 늑골 사방향 검사 방법으로 유용할 것이라 생각된다.

중심단어: 늑골, 사방향 검사, 좌·우 늑골 비율