

The Study for Optimal Exposure Condition of Chest Examination of Digital Radiography System

Ji-Koon Park, Bong-Jae Jung, Hyong-Hu Park, Si-Cheol Noh, Sang-Sik Kang*

Department of Radiological Science, International University of Korea

Received: February 01, 2016. Revised: February 15, 2016. Accepted: February 29, 2016.

ABSTRACT

Despite of increasing the use of the digital imaging device in the radiology area, the setting on the optimal irradiation conditions are insufficient. In this study, the exposure dose and image quality by exposure condition of digital radiography device were compared. The exposure doses were obtained by adjusting the exposure condition as 5 steps respectively based on the exposure conditions that are currently used of CR and DR radiography devices. The acquired image has been assessed by 20 medical image professors using the assessment method of the Japanese Society for Tuberculosis Prevent. As a result, in the case of the CR system, the better image quality was obtained in the condition of 120 kVp and 1.5 mAs~2.4 mAs (quality score 91~95.5 points) than standard exposure condition(110 kVp, 3.2 mAs, 86 points). And exposure dose was evaluated as low with 61.3~98.4 μ Gy than standard condition(105.1 μ Gy). In DR system, however, the image quality score was higher as 97~98.6 points in the lower tube voltage range (112 kVp, 2.4~3.2 mAs) condition than the standard exposure condition (125 kVp, 3.2 mAs, 91 points). In addition, the exposure dose was 61.5-77.2 μ Gy lower than standard condition(93 μ Gy). In addition, the exposure dose was low as 61.5-77.2 μ Gy than standard condition(93 μ Gy). With the results of this study, we confirmed that it is possible to reduce the patient exposure dose with the same image quality by adjusting the optimal exposure condition of digital device.

Keywords: Digital Imaging system, Patient Dose, Image Quality, Tube Voltage, milli-ampere second

I. INTRODUCTION

최근 X선 진단검사의 증가 빈도가 높아짐에 따라 의료 방사선에 의한 피폭이 점차 증가하고 있다. 2006년 미국방사선방호측정위원회(NCRP) 보고에 의하면 인공 방사선에 의한 대중의 연간 피폭선량 3.3 mSv 중 가장 많은 비중(약 3.2 mSv 정도)을 차지하는 것이 의료용 방사선의 이용으로 보고하고 있다.^[1] 이렇듯 의료용 방사선에 의한 피폭이 증가되는 시점에서 환자의 피폭 선량을 저감시키기 위한 많은 노력이 필요한 것이다. 이는 단순히 촬영에 요하는 방사선량만 줄인다면 방사선 영상 화질의 변화를 초래할 수 있기 때문에 환자 피폭선량은 반드시 영상화질과 함께 고려되어야 한다. 이에 기존의 필름/스크린 기반의 아날로그 장치를 대체할

수 있는 다양한 디지털 방사선 촬영장치의 이용이 크게 증가되고 있는 것이다.^[2-4] 하지만 이러한 디지털 영상 장치의 경우, 디지털 영상을 획득하는 원리에 따라 다양한 영상소자를 이용하고 있으며, 장치에 따라 영상 획득에 필요한 방사선량과 영상의 화질은 다소 차이를 보인다. 그럼에도 불구하고 현재까지 디지털 방사선 영상장치의 촬영조건은 기존의 필름/스크린 장치의 것과 다르지 않게 사용하고 있다.^[5] 기존의 필름/스크린 기반의 아날로그 영상 방식에 비해 CR(Computed Radiography) 또는 DR(Digital Radiography) 등의 디지털 방사선 영상 장치는 영상화에 필요한 X선 노광량에 대한 진단에 유용한 영상의 농도(디지털 영상의 경우, Gray scale로 표현)를 형성시키는 범위인 노광관용도 또는 동적영역(Dynamic Range) 특성이 다르다.^[6] 디지털 영상

장치의 경우 기존 필름/스크린 방식에 비해 매우 넓은 동적영역을 가지고 있기 때문에, 다소 낮은 노출조건이라 하더라도 충분히 진단에 유용한 화질을 제공할 수 있는 장점이 있는 것이다. 그럼에도 불구하고 현재 많은 디지털 영상 시스템을 사용함에 있어 기존 필름/스크린에 최적화된 X선 조사조건을 사용하고 있거나, 최적의 조사조건에 대한 적절한 기준 설정없이 사용하고 있어 환자의 피폭선량 증가의 원인이 될 수 있는 것이다.

이에 본 연구에서는 디지털 방사선 영상장치의 사용에 있어 인체 부위에 대한 최적의 조사조건 설정을 통해 진단능이 우수한 화질의 영상의 제공 뿐만 아니라 환자 피폭선량 저감을 위한 연구로써, 흉부촬영시의 디지털 영상 장치에서의 조사조건 설정에 관한 연구를 수행하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

디지털 방사선 영상 장치의 최적 조사조건 선정을 본 연구에서는 먼저 기존 필름에서 사용하고 있는 CR, DR 두 장치에 대해 흉부촬영시의 일반적인 기준 조사조건을 기준으로 관전압과 관전류량을 변화시켜 영상을 획득하고, 획득한 영상을 일본결핵예방회의 흉부영상판독기준을 적용하여 영상화질을 객관적이고 정량적으로 평가하였다. 또한 사용한 각 조사조건에서의 피폭선량을 산출하여, 현재 사용하고 있는 기준 조사조건에 대한 다른 조사조건에서의 영상화질과 피폭선량을 비교 분석하였다.

1. 영상획득

본 연구에서는 영상획득을 위해 사용한 디지털 방사선 영상 장치는 CR과 DR 두 대의 장치를 이용하였다. 먼저 CR 방식의 영상획득은 CXD-R185 (Choongwa Medical Corporation, Korea) 모델의 X선발생장치와 신규 Image Plate(CRMD4.0 General, AGFA, Germany)를 이용하였고, DR 장치는 평판형 검출기 방식인 INOVISION-LX(Dong Kang Medical System, Korea)를 이용하였다.

영상획득을 위해 사용한 흉부 팬텀은 43 cm(L)×36 cm(W)×21 cm(T) 사이즈의 Fluke Biomedical LLC사의 RS111를 이용하였다. 팬텀을 위한 흉부 촬영조건은 20여개 병원에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 관전압과

관전류량을 기준 조건으로 설정하였으며, 설정된 기준 조건은 CR의 경우 110 kVp, 3.2 mAs이었으며, DR의 경우는 125 kVp, 3.2 mAs이었다. 영상획득을 위한 장치의 조사조건은 설정된 기준조건을 기준으로 관전압을 $\pm 5\%$ 씩 5단계로 조절하였으며, 관전류량 또한 $\pm 30\%$ 씩 각 5단계로 조절하였다. 이는 의료 영상 획득시 가시농도 변화를 인지할 수 있는 조사조건의 변화이며, 관전압 5%변화와 관전류량 30%변화에 대한 정확한 지시값이 설정되지 않은 경우에는 최대한 유사한 값으로 설정하였다.

2. 영상평가

다양한 조사조건의 변화에 대해 획득된 영상의 평가를 위해 의료영상전문가 20명(영상의학과 전문의 12명, 응급의학과 전문의 4명, 임상경력 10년 이상 방사선사 4명)에게 일본결핵예방회에서 제안한 평가법을 기준으로 블라인드 테스트를 실시하였다. 디지털 장치를 통해 획득한 평가 영상은 PACS에 의해 저장된 영상을 기타 영상처리하지 않고 동일한 Window width 및 level 하에서 동일한 관독용 모니터(MGD521, BARCO, Belgium)를 이용하였다. 영상 평가로 제안한 일본결핵예방회의 흉부판독 평가는 흉부를 해부학적 구조로 크게 폐야부와 종격부로 나누고, 더 세분해서 폐야부 말초측, 폐야부 종격측, 종격부 상부, 하부로 분류한다. 그 이유는 각기 농도영역 및 구조에서 화상을 구성하는 요소가 틀리기 때문이다. 이에 폐의 해부학적 구조를 파악하고 혈관음영의 분해능이나 종격부의 묘출에 대해서 일정한 기준을 설정한다. 또한 영상 화질의 물리적 인자를 대조도, 입상성, 선예도를 해부학적으로 가장 평가하기 쉬운 부위를 선택하고 시각적 평가를 하며, 그 평가는 Table 1과 같이 세분화하며, 각 평가는 5단계로 점수화하며, 그 평가기준과 배점은 일본결핵예방회의 평가를 기준으로 하였다.^[7-9]

3. 피폭선량의 산출

피폭선량의 산출은 다양한 조사조건에서 영상화질 평가 전문가들에 의해 흉부영상 화질로써 적합한 영상에 대해서만 평가를 수행하였다.

조사선량의 측정에는 팬텀 중심부에 Radcal사의 2026 C 모델의 3cc 전리조를 이용하여, 각 조건에서 총 10회 반복 측정하여 산출된 값을 산술 평균하여 처리하였다.

피폭선량의 산출을 위해 각 조사조건에서의 반가층을 측정하여 유효에너지를 산출하고, 이를 바탕으로 질량 에너지 흡수계수를 도출한 후, 조사선량과 흡수선량과의 관계를 이용하여 산출하였다.

Table 1. Evaluation table of Japan Anti-Tuberculosis Association

평가부위	최우수	우수	보통	저하	아주저하
우측 S2우측 말초혈관의 추적	15	12	9	6	3
우측 S8우측 말초혈관의 추적	15	12	9	6	3
좌측상 폐동맥의 분기	8	6	4	2	0
우측하 폐동맥의 분기	8	6	4	2	0
좌측 주기관지의 추적	8	6	4	2	0
종격부 경계선의 분해능	8	6	4	2	0
심장 횡격막부의 혈관염영	8	6	4	2	0
입상성	10	8	6	4	2
선예성	10	8	6	4	2
대조도	10	8	6	4	2
합 계	100	78	56	34	12

III. RESULT

CR 장치를 이용한 다양한 촬영조건에서 획득한 영상은 평가를 위해 W/W은 853, W/L은 284로 장비에서 제공하고 있는 기준 CR Chest 레벨로 통일시켜 평가하였으며, 일본결핵예방회에서 제시하는 판독가능한 화질점수 78점 이상의 영상에 대해서만 피폭선량을 산출하였으며 결과는 표 2에서 나타내고 있다.

그 결과 기준 조사조건인 110 kVp 3.2 mAs에서 환자피폭선량 105.11 μ Gy, 화질점수 86점으로 나타났으며, 화질점수 78점 이상의 영상에 대해 피폭선량은 최소 82.2 μ Gy에서 최고 125.78 μ Gy에 분포하고 있음을 알 수 있다.

기준 조사조건인 110 kVp, 3.2 mAs를 기준으로 관전압이

낮은 99 kVp 및 104 kVp에서는 관전류량에 관계없이 화질점수가 낮게 평가되었다. 하지만 기준 조사조건에 비해 높은 관전압인 115 kVp, 120 kVp에서는 관전류량이 증가함에 따라 화질 점수는 증가되는 결과를 나타내었다.

Table 2. The results of image evaluation and patient dose at CR system

kVp	Exposure Condition		Patient Dose [μ Gy]	Score
	kVp	mAs		
99 kVp		1.5mAs	-	36
		2.4mAs	-	45
		3.2mAs	-	55
		4mAs	-	65.5
		5.1mAs	-	70
104 kVp		1.5mAs	-	50
		2.4mAs	-	57
		3.2mAs	82.2	74.5
		4mAs	101	83
		5.1mAs	123.01	88
110 kVp		1.5mAs	40.95	63.5
		2.4mAs	75.74	73
		3.2mAs	105.11	86
		4mAs	131.38	88.5
		5.1mAs	168.89	93.5
115 kVp		1.5mAs	57.13	72
		2.4mAs	91.39	85
		3.2mAs	115.03	95.5
		4mAs	142.42	98
		5.1mAs	183.14	97.5
120 kVp		1.5mAs	61.34	91
		2.4mAs	98.40	95.5
		3.2mAs	125.78	96.5
		4mAs	156.07	84.5
		5.1mAs	198.00	82

DR 장치를 이용한 다양한 촬영조건에서 획득한 영상은 W/W은 2047, W/L은 4095로 장비에서 제공하고 있는 기준 DR Chest 레벨로 통일시켜 평가하였다. 표 3에서 나타난바와 같이 DR 장치에서의 결과는 전반적으로 모두 판독 가능한 우수한 영상으로 나타났다.

기준 조사조건인 125 kVp 3.2 mAs에서 환자피폭선량 92.9 μ Gy, 화질점수 91점으로 나타났으며, 화질 평가 우수 점수인 78점 이상의 영상에 대한 피폭선량은 최소 46.45 μ Gy에서 최대 225.79 μ Gy의 분포로 나타났다.

기준 조사조건인 125 kVp, 3.2 mAs를 기준으로 관전압에 증가에 관계없이 화질 점수는 우수하게 나타났지만, 관전압이 증가됨에 따라 환자피폭선량이 증가되는 결과를 나타내었다. 하지만 DR 장치에서는 관전압이 낮은 112 kVp 및 118 kVp에서 오히려 기준 조사조건과 높은 관전압에서의 화질 점수에 비해 높은 화질 점수를 나타내었으며, 환자 피폭선량 또한 낮게 측정되었다.

증가함에 따라 환자 피폭선량 또한 급격히 증가됨을 알 수 있다.

Table 3. The results of image evaluation and patient dose at DR system

Exposure Conditions		Patient Dose [μGy]	Score
kVp	mAs		
112 kVp	1.5mAs	46.45	88.6
	2.4mAs	61.52	97
	3.2mAs	77.25	98.6
	4mAs	122.37	98.6
	5.1mAs	153.97	98
118 kVp	1.5mAs	52.34	91.6
	2.4mAs	69.11	93.6
	3.2mAs	83.76	94.6
	4mAs	135.61	94.6
	5.1mAs	170.14	93
125 kVp	1.5mAs	58.29	86.3
	2.4mAs	77.04	88
	3.2mAs	92.97	91
	4mAs	140.41	90
	5.1mAs	189.38	89.3
131 kVp	1.5mAs	64.38	85.6
	2.4mAs	85.09	88.6
	3.2mAs	102.10	89
	4mAs	165.23	86.3
	5.1mAs	207.12	84.3
137 kVp	1.5mAs	69.89	84.3
	2.4mAs	82.61	88.6
	3.2mAs	110.89	80
	4mAs	179.76	88.6
	5.1mAs	225.79	83.6

Fig 1은 CR 시스템에서 획득한 영상으로 기준 조사조건에 대해 관전압이 높고, 관전류량을 낮게 설정함으로써 우수한 화질을 획득할 수 있음을 알 수 있다. 또한 Fig 2는 DR 시스템에서 획득한 영상을 보여주고 있으며, DR 시스템의 경우 기준 조사조건에 비해 낮은 관전압에서 우수한 화질을 획득할 수 있음을 알 수 있다. 하지만 기준 관전압 보다 낮은 112 kVp에서 관전류량이

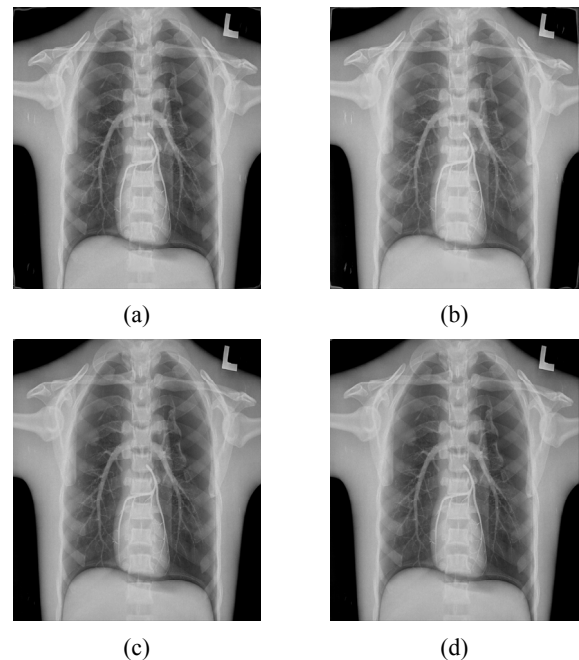
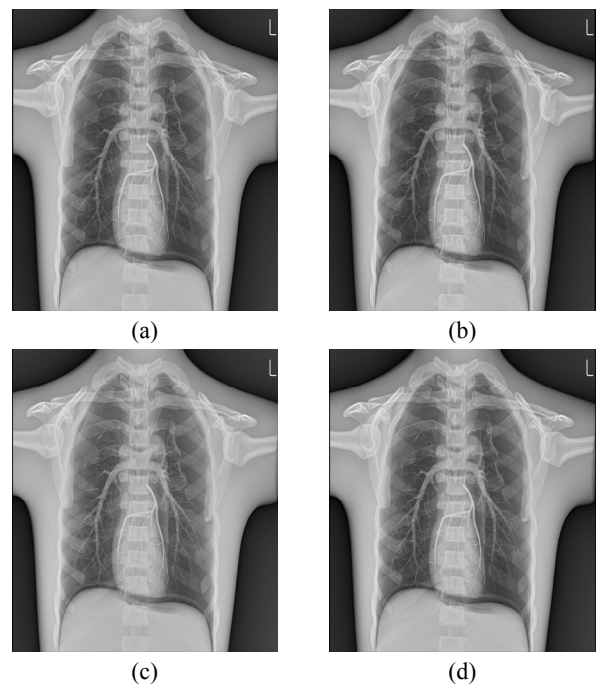


Fig. 1. Acquired Image using by CR system.

- (a) 110kVp, 3.2mAs, Patients dose 105.1 μGy, Score 86
- (b) 104kVp, 5.2mAs, Patients dose 123 μGy, Score 88
- (c) 120kVp, 1.5mAs, Patients dose 61.3 μGy, Score 91
- (d) 120kVp, 2.4mAs, Patients dose 98.4 μGy, Score 95.5



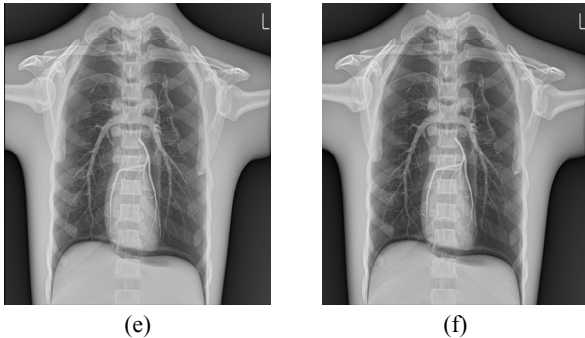


Fig. 2. Acquired Image using by DR system.

- (a) 125kVp, 3.2mAs, Patients dose 92.9 μ Gy, Score 91
 (b) 137kVp, 3.2mAs, Patients dose 110.8 μ Gy, Score 88
 (c) 112kVp, 1.5mAs, Patients dose 61.5 μ Gy, Score 97
 (d) 112kVp, 2.4mAs, Patients dose 77.3 μ Gy, Score 98.6
 (e) 112kVp, 4.0mAs, Patients dose 122.4 μ Gy, Score 99.6
 (f) 112kVp, 5.2mAs, Patients dose 153.9 μ Gy, Score 98

IV. DISCUSSION

본 연구에서는 CR 및 DR 장치를 이용하여 디지털 방사선 영상장치의 사용에 있어 우수한 화질의 제공 뿐만 아니라 환자 피폭선량 저감을 위한 연구로써 흉부촬영에 대한 조사조건 설정 연구를 수행하였다.

그 결과 CR 시스템의 경우, 임상에서 많이 사용하고 있는 기준 조사조건인 110 kVp, 3.2 mAs에서의 환자피폭선량은 105.11 μ Gy, 화질 점수는 86점으로 평가되었다. 하지만 동일 시스템에서 관전압을 120 kVp로 관전류량을 1.5 mAs 조절하였을 때, 환자 피폭선량은 61.3 μ Gy, 화질 점수는 91점으로 기준 조사조건에 비해 낮은 환자 피폭선량으로 훨씬 우수한 영상화질을 획득함을 알 수 있었다. 현재 임상에서 많이 적용되고 있는 기준 조사조건인 110 kVp에서 120 kVp로 관전압을 증가시키고, 관전류량을 3.2 mAs에서 1.5 mAs 낮추어서 사용할 때, 영상 화질은 보다 우수하면서도 환자 피폭선량은 저감시킬 수 있다는 결론을 도출할 수 있었다.

DR 시스템의 경우 또한 기준 조사조건인 125 kVp, 3.2 mAs에서 92.9 μ Gy의 환자 피폭선량과 91점의 화질 점수를 획득하였다.

동일 DR 시스템에서 관전압을 112 kVp로 관전류량을 1.5 mAs로 조절하였을 때, 환자 피폭선량은 61.5 μ Gy, 화질 점수는 97점으로 평가되었다. 이는 기준 조사

조건에 비해 오히려 우수한 영상 화질을 획득하면서도 환자 피폭선량은 66% 정도 감소시킬 수 있다는 결론을 도출할 수 있다.

V. CONCLUSION

방사선을 이용한 의학 검사가 점차 증가하고 있는 시점에서 방사선 피폭 저감에 대한 문제는 필요하다. 이에 본 연구에서는 디지털 방사선 영상 장치의 사용 시 최적의 조사조건 설정에 관한 연구를 수행하였으며, 그 결과 동일한 화질을 유지하면서 환자 피폭선량을 저감시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 디지털 흉부 X선 촬영시 피폭선량을 기준치의 65~68% 정도 줄여도 병변을 발견하는데 의미있는 차이가 없다는 연구결과와 동일한 의미를 갖는다.^[3] 또한 골격계 X선 촬영시 평판형 검출기를 이용한 디지털 방사선 영상장치에서 피폭선량을 절반으로 줄여도 화질의 큰 차이가 없다는 Reissberg 등의 연구결과와 동일한 결과이다.^[10]

디지털 방사선 영상 장치가 급격히 도입될 시점, 디지털 장치의 가장 큰 이점 중 하나가 우수한 영상화질과 함께 환자 피폭선량을 대폭 저감시킬 수 있다고 하였다.^[11] 그렇다면 디지털 방사선 영상 장치의 사용에 있어 촬영의 노출조건 또한 기존의 필름/스크린과 달리 적용하여야 할 것이다.

이에 본 연구의 결과에 나타나듯 실제 촬영검사시 사용하고 있는 조사조건에 대한 충분한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

This work was supported by International University of Korea's research fund in 2015.

Reference

- [1] S. C. Bushong, Radiologic science for technologists ; Physics, Biology, and Protection, 10th Ed., Elsevier Publishing Co., pp.6, 2013.
 [2] R. M. Harrison, "Digital Radiography", Phys. Med. Biol, Vol. 33, No. 7, pp. 751-784, 1988
 [3] M. J. Yaffe, J. A. Rowlands, "X-ray detectors for di

- gital radiography", *Phys. Med. Biol*, Vol. 42, pp. 139, 1997
- [4] S. H. Jung, Y. S. Kim, Y. B. Kim, M. S. Yoon, S. H. Nam, J. K. Park, "The study of Pbo sintering effect for high efficiency x-ray detection sensor", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 3, No. 3, pp. 37-41, 2009
- [5] B. R. Pakr, D. W. Sung, "A comparative study of image quality and radiation dose with changes in tube voltage and current for digital chest radiography", *Journal of Korean Society of Radiology*, Vol. 2, No. 2, pp. 131~137, 2010
- [6] J. L. Ecuyer, A. Mouton, A. Legros, A. Selmani, S. Degtorov, "Applications of selenium-based alloys for digital radiography", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Resarch A*, Vol. 380, PP. 493-496, 1996
- [7] Yasahiro sasagawa, "The report of medical exposures in diagnostic radiology(part2)", *The journal of japan Association of Radiological Technologists*, vol.44, No.11, 1997
- [8] J. Heo, "Image quality control of Radiological diagnosis and chest X-ray of Cancer", *Journal of Radiological Science and technology*, Vol. 18, No. 2 pp. 15-25, 1995
- [9] Y. A. Jang, H. S. Moon, H. Y. Lim, H. J. Oh, S. S. Kim, Y. I. Kim, "Comparison study of Chest Analog-digital chest image", *Journal of the Korean society of digital imaging technology*, Vol. 2, No. 1, pp. 74-82, 1996
- [10] S. Reissberg, C. Hoeschen, R. Fiedler, "First clinical experience with a full-size flat panel detector for imaging the peripheral skeletal system", *Medical Physics*, Vol.33, No. 4, pp. 4169-4175, 2006
- [11] K. Barcher, P.O. Smeets, K. Bonnarens, A. D. Hauwere, H. Thierens, "Dose reduction in patients undergoing chest imaging", *American Journal of Radiology*, pp. 923-929, 2003

디지털 방사선 촬영장치의 흥부촬영 최적 조사조건에 관한 연구

박지균, 정봉재, 박형후, 노시철, 강상식*

한국국제대학교 방사선학과

요 약

방사선학 영역에서의 디지털 영상 장치의 사용이 급격히 증가되고 있음에도 불구하고, 사용 장치에서의 최적 조사 조건 설정이 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 디지털 방사선 장치의 촬영조건에 따른 피폭선량과 화질을 비교 평가하고자 하였다. 이에 CR, DR의 디지털 방사선 촬영장치를 이용하여 현재 사용하고 있는 촬영조건을 기준으로 각 5단계씩 조건을 변경시키면서 피폭선량을 측정하였으며, 획득한 영상은 의료영상전문가 20명에게 일본 결핵예방학회의 평가법을 준용하여 평가하였다. 그 결과, CR 시스템의 경우 기준 조건인 110 kVp, 3.2 mAs에서의 화질평가 86점 보다 120 kVp, 1.5~2.4 mAs에서 화질평가 91, 95.5 점으로 보다 우수하게 나타났으며, 이 때 피폭선량 또한 기준 조건에서의 105.11 μ Gy 보다 낮은 61.3~98.4 μ Gy로 평가되었다. DR 시스템 경우는 오히려 기준 조건인 125 kVp, 3.2 mAs에서의 화질평가 91점보다 관전압이 낮은 영역인 112 kVp, 2.4~3.2 mAs에서 97점, 98.6점 사이의 높은 화질평가 점수를 나타내었으며, 피폭선량 또한 기준 조건에서의 93 μ Gy 보다 낮은 61.5 μ Gy, 77.2 μ Gy로 평가되었다. 이러한 결과는 디지털 장치의 적절한 조사조건을 설정함으로써 동일한 화질의 영상에 대해 환자 피폭선량을 저감시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

중심단어: 디지털 영상 장치, 피폭선량, 화질, 관전압, 관전류량