

## &lt;원저&gt;

## 인터벤션에서 자동노출제어장치와 수동노출 사용 시 두께 변화에 따른 선량감소 방안 연구

황준호<sup>1,2)</sup>·정구민<sup>1)</sup>·최지안<sup>1)</sup>·김현수<sup>3)</sup>·이경배<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>경희대학교병원 영상의학과·<sup>2)</sup>고려대학교 의용과학대학원 의학물리과·<sup>3)</sup>신구대학교 방사선과

### A Study on Dose Reduction Method according to Slice Thickness Change using Automatic Exposure Controller and Manual Exposure in Intervention

Jun-Ho Hwang<sup>1,2)</sup>·Ku-Min Jung<sup>1)</sup>·Ji-An Choi<sup>1)</sup>·Hyun-Soo Kim<sup>3)</sup>·Kyung-Bae Lee<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Radiology, Kyunghee University Hospital

<sup>2)</sup>Dept. of Medical Physics, Graduate School of Bio-Medical Science, Korea University

<sup>3)</sup>Department of Radiological Technology, Shingu University

**Abstract** We aims to perform comparative analysis on the dose area and image qualities varying on the slice thickness when using Automatic Exposure Controller (AEC) and manual exposure; thus, it wants to suggest a measure to reduce exposure dose by setting the optimal examination condition for each slice thickness. The method was to set the thickness as Thin, Normal, and Heavy adult and evaluate the dose area, spatial resolution, low contrast resolution, Signal to Noise Ratio (SNR) and Contrast to Noise Ratio (CNR) according to each slice thickness by using the AEC and the manual exposure controller. The dose area according to each slice thickness all increased both when using the AEC and the manual exposure. However, the manual exposure showed lower dose area product than the AEC. Spatial resolutions and low contrast resolutions were all observed to be higher than the evaluation standard. Also, the SNR and CNR of each thickness all increased when using the AEC. When using the manual exposure, SNR and CNR increased in all cases other than the Heavy Adult. Consequently, the Thin and Normal Adult showed dose reduction about 2 times when using the manual exposure controller, while ensuring the image quality. Heavy adult was able to maintain good image quality by using AEC.

**Key Words:** NEMA Phantom, Automatic Exposure Controller(AEC), Manual Exposure, Dose Area, Image Quality

**중심 단어:** NEMA Phantom, 자동노출제어장치, 수동노출, 면적선량, 영상화질

## I. 서 론

현대 의학에서 영상의학검사는 질병의 진단과 치료에 중심적인 역할을 수행하고 있다[1-3]. 그 중 인터벤션은 IVR (Interventional Radiography) 장비의 도입 이래로 실시간으로 영상을 획득할 수 있다는 장점을 통해 수술을 대체하는 하나의 대안으로 각광받고 있다[2,3]. 다만 영상의학을

통해 이루어지는 대부분의 검사는 전자를 가속시켜 발생하는 X선을 이용하기 때문에 피폭선량이 문제가 된다[4-6]. 인터벤션은 장시간 정격으로 연속부하를 허용하고, 실시간으로 영상을 확인하는 특징을 가지기 때문에 방사선 피폭은 더욱 중요하게 논의되어진다[7,8]. 그에 따라 인터벤션 방사선 시술 시 발생하는 피폭선량과 관련된 다양한 연구를 진행하고 있으며[7,9], 또한 국제적으로 피폭선량을 줄이기

Corresponding author: Kyung-Bae Lee, Department of Radiology, Kyunghee University Hospital, 23, Kyungheedaero, Dongdaemungu, Seoul, 02447, Korea Tel : +82-2-958-8627 / E-mail : yly7@hanmail.net

Received 23 February 2018; Revised 20 March 2018; Accepted 04 April 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

위한 다양한 권고안이 발표되고 있다[10,11]. 그 중 인터벤션은 국제적으로 방사선 방호의 관점에서 확률적 영향을 최소화하는 데에 권고안의 초점이 맞춰지고 있다[5,6,10]. 인터벤션은 일정 범위의 인체에 흡수된 선량의 총합을 나타내는 지표인 면적선량(Dose Area Product; DAP)으로 선량을 평가하고 있는데, 면적선량은 확률적 영향의 평가와 관련된 방사선 방호의 지표이기 때문이다[5,6,10,11]. 확률적 영향에 기인하여, 비교적 낮은 선량임에도 불구하고 병이 발생할 위험이 있기 때문에[5,6], 인터벤션의 방사선량을 조절하는 것은 중요하다고 할 수 있다[10].

무조건적인 선량 감소는 영상화질의 질적인 저하를 가져온다. 영상화질은 보통 방사선 검사조건과 비례하여 좋아지기 때문에 무조건적으로 선량을 감소시키는 것은 무리이다[11-13]. 인터벤션 방사선 시술에 있어서 영상화질의 저하는 정확한 진단과 치료를 방해하는 요소로 작용하기 때문에 술자는 방사선량과 영상화질을 최적으로 관리해야 할 필요가 있다[10,12]. 최근에 도입된 디지털 방사선(Digital Radiography; DR) 시스템은 자동노출제어장치(Automatic Exposure Controller; AEC)를 이용하여 방사선량과 영상화질을 최적으로 조절 가능하며[14-16], 인터벤션 또한 DR 시스템 방식인 경우에는 대부분의 검사가 AEC를 통하여 방사선량과 영상화질을 조절하고 있다[14,17]. 다만 AEC를 사용한다 하더라도 방사선량과 영상화질을 모두 적절하게 보장한다고 보기는 어렵다. AEC는 두께에 따라서 관전류량을 조절하는 방식을 통해 선량을 조절하는데[14-16], 두께가 두꺼울수록 많은 관전류량을 발생시키기 때문이다. 그러므로 인터벤션 환경에서 관전류량이 증가한다는 것은 면적선량의 증가를 의미하며 이는 보다 많은 방사선량이 발생된다는 의미이다[12,17].

특히 인터벤션 시술 같은 경우에는 시술종류, 사용된 도구, 조영제, 개인특성, 두께 등 다양한 변수에 의해 피폭선량의 변화가 발생하기 때문에 이러한 변수들을 고려해줄 필요가 있으며[10-12,17], AEC를 사용하는 경우에는 두께에 비례하여 관전류량이 증가하므로 적어도 두께에 대해서는 선량을 제대로 조절할 수 없다는 것을 의미한다. 그렇다고 수동노출을 사용하는 경우에는 AEC와 비교했을 때 어느 정도의 선량감소효과를 얻을 수는 있어도 매번 흡수선량과 촬영조건을 전부 고려하여 조건을 설정해서 임상에 적용할 수 없을 뿐만 아니라 제대로 된 검사조건을 설정하지 못하게 되면 영상화질을 보장할 수 없는 경우에 직면하게 된다[10,12,16]. 기존의 연구들은 면적선량과 영상화질의 관계를 비교분석하여 선량을 저감화 할 수 있는 방안을 제안하거나[12,17], 대부분 수동노출과 AEC를 사용하여 선량과 영

상화질을 분석해 최적의 검사조건을 얻으려는 연구로 국한되었고[12,15-17], 이는 다양한 개인차 중 두께를 고려하여 영상화질과 선량을 평가한 경우는 없었다는 것을 의미한다[12-18]. 이에 착안하여 본 연구는 동일한 환경에서 AEC와 수동노출을 사용하여 두께 변화에 따른 면적선량과 영상화질을 비교분석하고, 각 두께 별로 최적의 검사조건을 설정하여 피폭선량을 줄이기 위한 기반을 마련하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 조사대상 및 실험기기

실험은 2018년 1월 13일부터 23일까지 10 차례에 걸쳐 진행하였다. 방사선 발생장치는 A병원에서 사용 중인 Philips사의 ALLURA XPER FD 20/10 Biplane으로 평판형 검출기(Flat Panel Detector; FPD) 형태이다. 팬텀은 인터벤션의 정도관리와 영상화질평가에 이용하는 NEMA Standard XR-21 Phantom (National Electric Manufacturers Association, USA)을 사용하였다. 실험은 전후방향으로 위치한 성인을 기준으로 하였으며 환자 두께에 따른 영상화질과 면적선량을 비교분석하기 위하여 각각의 번호를 가진 2.5 cm 두께의 슬라이스를 NEMA Phantom의 메뉴얼에 따라 다른 성인, 보통 성인, 비만 성인으로 조합시켜 실험하였다. 다른 성인은 위에서 아래로 슬라이스 번호를 4-2-1-3, 보통 성인은 5-5-4-2-1-3-5-6, 비만 성인은 7-7-5-5-4-1-2-3-5-6-7-7로 조합하였고 검출기에 대각선 방향으로 배치시켰다. 이때 장비의 오른쪽 전방 사방향(Right Anterior Oblique; RAO), 왼쪽 전방 사방향(Left Anterior Oblique; LAO), 머리쪽 방향(Cranial; CRA), 다리쪽 방향(Caudal; CAU)은 0°이었다[Fig. 1].

### 2. 실험방법

#### 1) 두께 별 면적선량 측정

실험은 모두 Spot 촬영을 기준으로 하였다. 방사선량은 방사선 발생장치에 내장된 면적선량계를 통해 측정하였고, AEC를 이용하여 각각의 두께에 따른 면적선량을 30번씩 측정하여 얻은 평균과 표준편차로 구하였다. 그 후 AEC에서 발생한 관전류량과 동일한 관전류량을 수동노출에 적용하여 각 두께 별로 30번씩 측정된 면적선량의 평균과 표준편차를 측정하였다. 그 외의 검사조건은 관전압은 80 kVp, Field Size는 48 × 48 cm, SID (Source Image Distance)는 100 cm 으로 고정하였다(Table 1).



(a) Thin adult (b) Normal adult (c) Heavy adult  
**Fig. 1** NEMA Phantom's diagonal arrangement between tube and detector

**Table 1** Examination condition

Examination size	Mode	Tube voltage (kVp)	Exposure	Field Size (cm)	SID (cm)
Thin adult (Slice number 4-2-1-3)					
Normal adult (Slice number 5-5-4-2-1-3-5-6)	Spot	80	Automatic exposure and manual exposure	48 × 48	100
Heavy adult (Slice number 7-7-5-5-4-1-2-3-5-6-7-7)					

2) 두께 별 공간 분해능과 저 대조도 분해능 측정

AEC와 수동노출을 이용하여 두께 별 영상화질을 평가하였다. 영상화질평가에 이용한 영상은 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일이며, NEMA Phantom의 1번 슬라이스에 내장되어있는 해상력 차트를 통해 영상의 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 평가하였다. 공간 분해능과 저 대조도 분해능은 순간촬영을 기준으로 관독용 모니터로 120 cm 거리에서 3인 이상이 관찰하여 평가하였으며, 면적선량과 마찬가지로 30번씩 검사한 후 산출된 평균과 표준편차로 평가하였다.

3) 두께 별 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비 측정

AEC와 수동노출을 이용하여 두께 별로 30회씩 얻은 영상에 대한 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; SNR)와 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio; CNR)를 평가하였다. 저 대조도 분해능의 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비를 평가하기 위해 직사각형의 관심영역(Region of Interest; ROI)을 25, 100 mg/cc는 0.7 × 0.6 cm<sup>2</sup> 로 50, 200 mg/cc는 0.6 × 0.7 cm<sup>2</sup> 으로 각각 설정하였으며, 백그

라운드 표준편차는 우측 아래에 지정하였다. 식 (1)과 식 (2)를 통하여 화질을 평가하였고, pixel size는 264 μm, 25와 100 mg/cc의 pixel number는 26 × 23, 50과 200 mg/cc의 pixel number는 23 × 26이었다[Fig. 2].

$$SNR = \frac{\text{mean value of ROI}}{SD \text{ of } BG} \quad \text{식 (1)}$$

\* mean value of ROI : 관심영역 신호강도 평균

\* SD of BG : 백그라운드 표준편차

$$CNR = \left| \frac{(BG SI_{avg} - ROI SI_{avg})}{SD \text{ of } BG} \right| \quad \text{식 (2)}$$

\* BG SI<sub>avg</sub> : 백그라운드 신호강도 평균

\* ROI SI<sub>avg</sub> : 관심영역 신호강도 평균

또한 AEC와 수동노출을 이용하여 얻은 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비는 SPSS 18.0 (Statistical Package for the Social Science, USA) 통계 프로그램으로 paired t-test를 시행하였고 p<0.05로 통계적 유의성을 분석하였다.

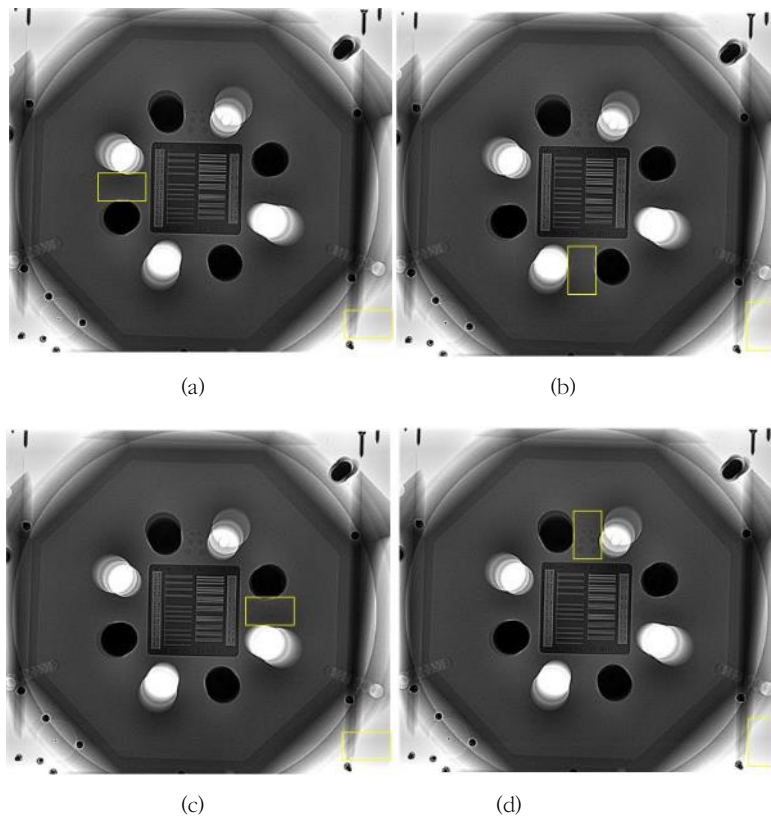


Fig. 2 Analyze the low contrast resolution's SNR and CNR of (a) 25, (b) 50, (c) 100, (d) 200 mg/cc

### III. 결 과

#### 1. 두께 별 면적선량의 평가

관전압을 80 kVp로 고정한 후 장비에 내장된 면적선량계로 두께에 따른 면적선량을 30번씩 얻은 결과, AEC는 마른 성인일 때 4 mAs의 관전류량을 나타냈으며, 면적선량의 평균(표준편차)은  $478(\pm 3.7)$  mGycm<sup>2</sup>이었다. 보통 성인은 40 mAs에  $4,160(\pm 45)$  mGycm<sup>2</sup>, 비만 성인은 80 mAs에  $7,486(\pm 287)$  mGycm<sup>2</sup>이었다.

동일한 관전압과 관전류량으로 고정한 후 수동노출을 이용하여 면적선량을 얻은 결과, 마른 성인은 4 mAs일 때 면적선량의 평균(표준편차)은  $215(\pm 2.5)$  mGycm<sup>2</sup>이었다. 보통 성인은 40 mAs일 때  $2,148(\pm 55)$  mGycm<sup>2</sup>, 비만 성인은 80 mAs일 때  $6,783(\pm 73)$  mGycm<sup>2</sup>이었다<Table 2>.

#### 2. 두께 별 공간 분해능과 저 대조도 분해능 평가

두께에 따른 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 화질을 평가한 결과, AEC는 마른 성인일 때, 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 평균(표준편차)은  $1.6(\pm 0.01)$  lp/mm,  $97.8(\pm 21.8)$  mg/cc이었다. 보통 성인은  $1.70(\pm 0.02)$  lp/mm,  $100(\pm 14.4)$

mg/cc, 비만 성인은  $1.72(\pm 0.02)$  lp/mm,  $85(\pm 5.59)$  mg/cc이었다.

수동노출은 마른 성인일 때, 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 평균(표준편차)은  $1.7(\pm 0.01)$  lp/mm,  $97.8(\pm 9.99)$  mg/cc이었다. 보통 성인은  $1.71(\pm 0.02)$  lp/mm,  $127.5(\pm 24.2)$  mg/cc, 비만 성인은  $0.8(\pm 0.01)$  lp/mm,  $192.9(\pm 66.1)$  mg/cc로 나타났다<Table 3>, [Fig. 3].

#### 3. 두께 별 신호 대 잡음비와 대조도 대 잡음비의 평가

AEC와 수동노출을 이용하여 두께 별로 30회 측정된 SNR과 CNR의 평균(표준편차)은 AEC의 경우, 마른 성인은 25, 50, 100, 200 mg/cc가 각각  $25.44(\pm 3.31)$ 과  $22.16(\pm 4.01)$ ,  $25.41(\pm 2.03)$ 과  $23.17(\pm 1.83)$ ,  $26.97(\pm 3.54)$ 와  $25.26(\pm 2.01)$ ,  $24.58(\pm 3.27)$ 과  $24.44(\pm 4.19)$ 이었다. 보통 성인은  $75.41(\pm 4.41)$ 과  $71.31(\pm 3.94)$ ,  $73.29(\pm 2.61)$ 과  $73.47(\pm 3.09)$ ,  $76.77(\pm 2.84)$ 와  $73.38(\pm 4.93)$ ,  $73.38(\pm 3.33)$ 과  $74.34(\pm 4.06)$ , 비만 성인은  $78.33(\pm 5.09)$ 와  $79.87(\pm 3.06)$ ,  $77.73(\pm 4.43)$ 과  $76.97(\pm 4.41)$ ,  $79.95(\pm 3.05)$ 와  $76.78(\pm 3.51)$ ,  $80.01(\pm 5.53)$ 과  $77.13(\pm 1.49)$ 이었다.

수동노출의 마른 성인은  $30.03(\pm 2.08)$ 과  $29.91(\pm 1.87)$ ,  $33.31(\pm 3.65)$ 와  $30.09(\pm 4.31)$ ,  $31.44(\pm 4.06)$ 과  $32.09(\pm 2.98)$ ,

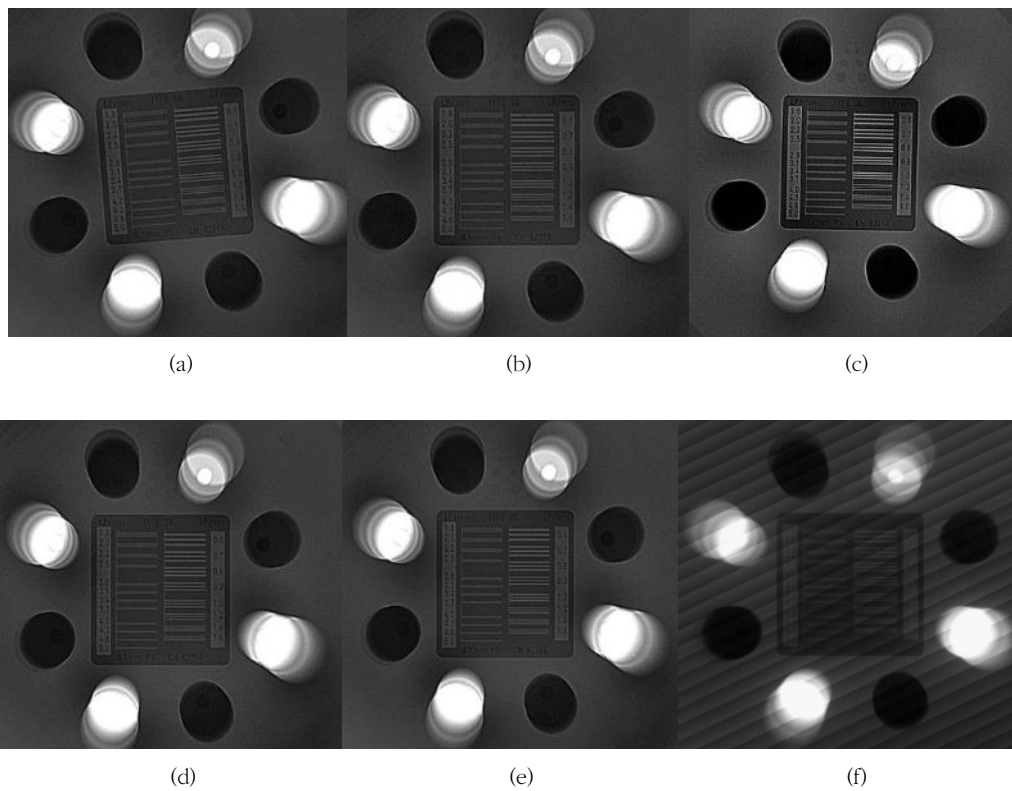
**Table 2** Average and standard deviation of dose area product by thickness obtained using AEC and manual exposure

Examination size	Condition		Dose area product (mGycm <sup>2</sup> )	
	kVp	mAs	Automatic exposure (n = 30)	Manual exposure (n = 30)
Thin adult		4	478(±3.7)	215(±2.5)
Normal adult	80	40	4160(±45)	2148(±55)
Heavy adult		80	7486(±287)	6783(±73)

**Table 3** Average and standard deviation of spatial resolution and low contrast resolution by thickness obtained using AEC and manual exposure

Exposure type	Image quality	Examination size		
		Thin adult	Normal adult	Heavy adult
Automatic exposure (n = 30)	Spatial resolution* (lp/mm)	1,6(±0,01)	1,70(±0,02)	1,72(±0,02)
	Low contrast resolution* (mg/cc)	97,8(±21,8)	100(±14,4)	85(±5,59)
Manual exposure (n = 30)	Spatial resolution* (lp/mm)	1,7(±0,01)	1,71(±0,02)	0,8(±0,01)
	Low contrast resolution* (mg/cc)	97,8(±9,99)	127,5(±24,2)	192,9(±66,1)

\* Over spatial resolution 0,8 lp/mm and at least low contrast resolution 200 mg/cc  
(Only in case of flat panel detector, field size over 45 cm)



**Fig. 3** Image evaluation of spatial resolution, low contrast resolution – Automatic (a) Thin adult, (b) Normal adult, (c) Heavy adult and Manual (d) Thin adult (e) Normal adult (f) Heavy adult

**Table 4** Evaluation of SNR and CNR of low contrast resolution

Exposure type	Examination size	Low contrast resolution (mg/cc)							
		25		50		100		200	
		SNR*	CNR*	SNR*	CNR*	SNR*	CNR*	SNR*	CNR*
Automatic exposure (n = 30)	Thin adult	25.44 (±3.31)	22.16 (±4.01)	25.41 (±2.03)	23.17 (±1.83)	26.97 (±3.54)	25.26 (±2.01)	24.58 (±3.27)	24.44 (±4.19)
	Normal adult	75.41 (±4.41)	71.31 (±3.94)	73.29 (±2.61)	73.47 (±3.09)	76.77 (±2.84)	73.38 (±4.93)	73.38 (±3.33)	74.34 (±4.06)
	Heavy adult	78.33 (±5.09)	79.87 (±3.06)	77.73 (±4.43)	76.97 (±4.41)	79.95 (±3.05)	76.78 (±3.51)	80.01 (±5.53)	77.13 (±1.49)
Manual exposure (n = 30)	Thin adult	30.03 (±2.08)	29.91 (±1.87)	33.31 (±3.65)	30.09 (±4.31)	31.44 (±4.06)	32.09 (±2.98)	29.87 (±3.42)	29.81 (±4.01)
	Normal adult	80.37 (±4.12)	83.22 (±3.08)	81.18 (±3.22)	82.29 (±4.09)	80.11 (±3.28)	82.29 (±3.86)	79.38 (±3.33)	82.01 (±4.21)
	Heavy adult	53.78 (±5.54)	50.09 (±3.48)	55.42 (±4.41)	51.23 (±3.09)	51.11 (±2.97)	53.21 (±3.09)	49.89 (±4.59)	52.19 (±4.09)

\* p<0.05 (Except for Heavy adult of manual exposure)

29.87(±3.42)와 29.81(±4.01)이었다. 보통 성인은 80.37(±4.12)와 83.22(±3.08), 81.18(±3.22)와 82.29(±4.09), 80.11(±3.28)과 82.29(±3.86), 79.38(±3.33)과 82.01(±4.21), 비만 성인은 53.78(±5.54)와 50.09(±3.48), 55.42(±4.41)과 51.23(±3.09), 51.11(±2.97)과 53.21(±3.09), 49.89(±4.59)와 52.19(±4.09)이었다. 또한 각 항목의 SNR과 CNR은 수동노출의 비만 성인을 제외하고 p<0.05로 유의한 차이가 있었다<Table 4>.

#### IV. 고 찰

방사선 피폭에 대한 관심은 점차 증가하는 추세이며, 국제적으로 방사선 피폭을 줄이기 위한 다각적인 노력을 보이고 있다 [10,11]. 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에서는 2000년에 ICRP Report 85를 출판하면서 인터벤션의 선량 저감화 방안을 권고하고 있으며[10], 최근 2017년에는 ICRP Report 135를 출판함으로써 무분별한 방사선 피폭을 줄이기 위한 노력의 일환으로 의료방사선의 진단참조준위(Diagnostic Reference Level; DRL)를 발표하 바 있다[11]. 특히 ICRP Report 135는 상대적으로 많은 선량으로 검사가 이루어지는 전산화단층촬영(Computed Tomography; CT)와 인터벤션의 진단참조준위에 대하여 중요하게 명시했다는 점이다[11]. 그만큼 의료방사선에 의해 발생하는 피폭은 중요하게 인식되고 있다[10,11].

의료방사선에서 발생하는 방사선량을 조절하기 위해서는 검사조건이나 방법을 변화시켜야 하는데, 이러한 방법을 적용하면 필연적으로 영상화질이 함께 변화하게 된다 [12,16]. 그렇기 때문에 방사선량과 영상화질을 최적으로

유지하기 위한 일환으로 X선의 조사와 직접적으로 관련된 연구와 최종적으로 영상을 받아내는 검출기에 관련된 연구를 진행하고 있다[16,19,20]. X선 조사는 관전압과 관전류와 같은 특성에 관한 연구[21,22], 검출부는 검출기 양자 효율(Detective Quantum Efficiency; DQE), AEC 등과 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다[16,19,20]. 인터벤션 또한 방사선 발생장치를 이용하기 때문에 X선 조사와 검출기와 관련된 연구를 통하여 방사선량과 영상화질을 유지하려는 연구가 이루어지고 있다[10,12].

다만 이를 통해 선량과 영상화질을 조절한다 하더라도 인터벤션의 경우 선량이 인체에 면적으로 흡수되고 또한 검사 소요시간, 사용된 도구, 조영제, 두께 등의 여러 가지 변수에 의해 방사선량의 변화가 발생하기 때문에[10,16,17], 다른 검사에 비해 선량을 조절할 때 각별한 주의가 필요하다 [6,7,10]. 특히 현재 임상에서 자주 사용하는 방식인 AEC 같은 경우에는 두께에 따라 선량과 영상화질을 조절하는 방식이기 때문에 두께가 두꺼우면 많은 선량이 발생하게 되며 [14-16], 그렇다고 수동노출을 사용하는 경우에는 선량을 감소시킴에 따라 영상화질 또한 함께 감소할 우려가 있기 때문에 두께에 따른 선량과 영상화질을 보장할 수 없게 된다 [12]. 따라서 본 연구는 인터벤션 환경에서 영상화질을 유지하면서도 두께에 따른 면적선량을 최소한으로 조절하는 것이 중요하다는 점에 착안하여 AEC와 수동노출을 사용해서 두께 별 면적선량과 영상화질을 비교분석하고 선량감소와 최적의 영상화질을 얻을 수 있는 방법을 마련하고자 하였다.

AEC와 수동노출을 사용하여 따른 성인, 보통 성인, 비만 성인의 면적선량을 얻은 결과, 면적선량은 노출방식 모두 두께에 비례하여 증가하였다. 이는 AEC의 특성 상 두께가

두꺼울수록 관전류량을 증가시켜 영상화질을 조절하기 때문에 나타난 결과이며[14-16], 수동노출 또한 두께가 두꺼울수록 관전류량을 증가시켜준 결과이다[10,12]. 다만 AEC를 사용하여 검사했을 때는 수동노출을 사용하여 검사했을 때 보다 모든 두께에서 면적선량이 2배가량 높게 나타났다. 이는 AEC를 사용하면 검출기의 감도가 설정되어서 검출기가 방사선량을 보다 민감하게 인식하기 때문이다[15,16]. 즉 면적선량은 모든 두께에서 AEC보다 수동노출을 사용 시 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

이를 토대로 영상화질을 평가한 결과는 다양한 양상을 보였다. NEMA Phantom 사용 시 방사선 발생장치의 공간 분해능 합격기준은 평판형 검출기에 Field size가 45 cm 이상 일 때 0.8 lp/mm 이상, 저 대조도 분해능은 최소 200 mg/cc인데[23,24], AEC와 수동노출을 이용하여 검사한 두께 별 공간 분해능과 저 대조도 분해능은 모두 합격기준 안에 들었다. 특히 AEC 같은 경우에는 모든 두께에서 합격기준 이상의 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 보였으며 각 두께 별로 비교했을 때에도 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 수치 차이가 크게 나지 않아 안정된 영상화질을 얻을 수 있었다. 이는 AEC의 특성 상 선량과 영상화질을 비례성을 안정적으로 유지하기 때문에 나타난 결과이다[14-16]. 다만 수동노출 같은 경우에는 마른 성인과 보통 성인은 합격기준 이상의 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 보였으나 비만 성인은 비교적 얇은 두께들과 비교했을 때 상대적으로 많은 잡음이 관찰됨에 따라 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 저하를 나타냈다. 특히 AEC의 비만 성인과 비교했을 때 공간 분해능과 저 대조도 분해능이 약 2배 이상 낮게 관찰되었다. 마찬가지로 AEC 사용 시 두께 별 SNR과 CNR은 모두 검사조건이 높게 설정될수록 검출기에서 받는 방사선량이 증가함에 따라 높게 나타났다[19]. 다만 비만 성인은 필요 이상으로 방사선이 과잉 노출된 경우에는 잡음 또한 함께 증가하기 때문에 선량과 영상화질의 증가비율이 선형성을 잃는 전형적인 특징을 보였다[12,19]. 즉 마른 성인과 보통 성인에서 SNR과 CNR이 크게 증가한 점과 비교했을 때 비만 성인은 영상화질의 증가폭이 크지 않음을 알 수 있었다[12,19]. 이러한 특성은 수동노출을 사용했을 때 더욱 두드러지게 나타났다. 특히 수동노출의 마른 성인과 보통 성인은 AEC와 마찬가지로 방사선량에 비례하여 SNR과 CNR이 크게 증가하였으나, 비만 성인 같은 경우에는 잡음이 크게 증가함에 따라 오히려 SNR과 CNR은 감소함을 알 수 있었다[19]. 통계적으로도 수동노출의 paired t-test의  $p > 0.05$ 인 것을 감안한다면, 수동노출을 이용하여 비만 성인을 검사한 결과는 필요 이상으로 방사선이 과잉 노출 됐

다는 것을 의미한다.

## V. 결 론

본 연구는 다양한 인터벤션 장비를 대상으로 실험하지 못한 제한점을 가진다. 그럼에도 불구하고 AEC와 수동노출을 사용하여 두께 변화에 따른 면적선량과 영상화질을 비교분석하고 선량감소와 최적의 영상화질을 얻을 수 있는 방법을 마련하고자 하였다. 두꺼운 두께에서는 수동노출 사용 시 같은 조건이라 할지라도 영상화질이 저하되기 때문에 AEC를 사용하는 것을 권장한다. 임상에서 검사 시 비교적 얇은 두께에서는 AEC와 수동노출을 사용하여 적정의 영상화질을 유지해야하며, 또한 방사선량을 감소시킬 목적이라면 수동노출을 사용하여 검사하는 것이 방법이 될 수 있다.

## REFERENCES

- [1] Kalra MK, Quick P, Singh S, Sandborg M, Persson A. Whole Spine CT for Evaluation of Scoliosis in Children: Feasibility of Sub-milli Sievert Scanning Protocol. *Acta Radiologica*. 2013;54(2):226-30.
- [2] Dazani GB, Valenti R, Migliorini A, Parodi G, Vergara R, Antonucci D. Percutaneous Coronary Intervention for Chronic Total Occlusions. *The American Journal of Cardiology*. 2013;112(12):1849-53.
- [3] Gorostidi M, Villalain C, Ruiz R, Jaunarena I, Lekuona A. Technique for Precaval and Laterocaval Nodes Excision at Extraperitoneal Paraaortic Lymphadenectomy. *Gynecologic Oncology*. 2018;148(1):233-4.
- [4] Matsunaga Y, Kawaguchi A, Kobayashi K, Kobayashi M, Asada Y, Minami K, et al. Patient Exposure during Plain Radiography and Mammography in Japan in 1974-2014. *Radiation Protection Dosimetry*. 2017;176(4):347-53.
- [5] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60; 1990.
- [6] International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103; 2007.

- [7] Crowhurst JA, Whitby M, Thiele D, Halligan T, Westerink A, Crown S, et al. Radiation Dose in Coronary Angiography and Intervention: Initial Result from the Establishment of a Multi Center Diagnostic Reference Level in Queensland Public Hospital. *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2014;61(3):135-41.
- [8] Morris GM, Salih Z, Wynn GJ, Ahmed FZ, Brown B, Wright DJ, et al. Patient Radiation Dose during Fluoroscopically Guided Biventricular Device Implantation. *Acta Cardiology*. 2014;69(5):491-5.
- [9] Coles DR, Smail MA, Negus IS, Wilde P, Oberhoff M, Karsch KR, et al. Comparison of Radiation Doses From Multislice Computerized Tomography Coronary Angiography and Conventional Diagnostic Angiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(9):1840-5.
- [10] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85; 2000.
- [11] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135; 2017.
- [12] Hwang JH, Jung KM, Kim HS, Kang BS, Lee KB. Dose Reduction According to the Exposure Condition in Intervention Procedure: Focus on the Change of Dose Area and Image Quality. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(3):393-400
- [13] Spink C, Avannesov M, Schmidt T, Grass M, Schoen G, Adam G, et al. Noise Reduction Angiographic Imaging Technology Reduces Radiation Dose during Bronchial Artery Embolization. *European Journal of Radiology*. 2017;97:115-8.
- [14] Doyle P, Martin CJ. Calibrating Automatic Exposure Control Devices for Digital Radiography. *Physics in Medicine and Biology*. 2006;51(21):5475-85.
- [15] Moore CS, Wood TJ, Avery G, Balcam S, Needler L, Joshi H, et al. Automatic Exposure Control Calibration and Optimization for Abdomen, Pelvis and Lumbar spine Imaging with an Agfa Computed Radiography System. *Physics in Medicine and Biology*. 2016;61(21):N551-64.
- [16] Hwang JH, Lee KB. A study on the Quantitative Analysis Method through the Absorbed Dose and the Histogram in the Performance Evaluation of the Detector according to the Sensitivity Change of Auto Exposure Control(AEC) in DR(Digital Radiography). *Journal of the Korea Contents Association*. 2018; 18(1):232-40.
- [17] Kang BS, Yoon YS. Evaluation of Patient Radiation Doses Using DAP Meter in Interventional Radiology Procedures. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(1):27-34.
- [18] Oliveira da Silva MV, Canevaro LV, Hunt J, Rodrigues BBD. Comparing Measured and Calculated Doses in Interventional Cardiology Procedures. *Radiation Protection Dosimetry*. 2017;176(4):439-43.
- [19] Shepard SJ, Flynn M, Gingold E, Goldman L, Krugh K, Leong DL, et al. An Exposure Indicator for Digital Radiography: AAPM Task Group 116 (Executive Summary). *Journal of Medical Physics*. 2009;36(7): 2898-914.
- [20] Sebert JA, Morin RL. The Standardized Exposure Index for Digital Radiography: an Opportunity for Optimization of Radiation Dose to the Pediatric Population. *Journal of Pediatric Radiology*. 2011; 41(5):573-81.
- [21] Hong SS, Kim HC. A Study on Dose and Image Quality according to X-ray Photon Detection Method in Digital Radiography System. *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*. 2013;50(12): 247-53.
- [22] Uffmann M, Schaefer-prokop C. Digital radiography: The Balance Between Image and Required Radiation Dose. *European Journal Radiology*. 2009; 72(2):202-8.
- [23] Ionita CN, Dohatcu A, Jain A, Keleshis C, Hoffmann KR, Bednarek DR, et al. Modification of the NEMA XR21-2000 Cardiac Phantom for Testing of Imaging Systems used in Endovascular Image Guided Interventions. *Physics of Medical Imaging*. 2009; 7258:72584R-9.
- [24] Kang BS, Son JH, Kim SC. Establishment of Quality Control System for Angiographic Unit. *Journal of the Korea Contents Association*. 2011;11(1):236-44.