

<원저>

미세 대조도 영상을 기반한 디지털 방사선 영상 시스템의 자동노출제어
조절인자 간의 상관관계 분석임세훈^{1,2)}·성열훈²⁾¹⁾충북대학교병원 영상의학과·²⁾청주대학교 보건의료대학원 방사선학과Correlation Analysis of Control Factors in Automatic Exposure Control of Digital
Radiography System Based on Fine Contrast ImagesLim Se-Hun^{1,2)}·Seoung Youl-Hun²⁾¹⁾Department of Radiology, ChungBuk National University Hospital²⁾Department of Radiological Science, Graduate School of Health Sciences, Cheongju University

Abstract The purpose of this study was to analyze the effect of automatic exposure control (AEC) control factors in digital radiography systems based on the fine contrast images using coin phantoms. The AEC control factors were targeted at the range of dominant zone, sensitivity, and density. The dominant zone was divided into cases where a single coin was used to cover the field configuration, and cases where seven coins were used to cover the field configuration. The sensitivity was classified into three stages (200, 400, 800) and the density was classified into three stages (2.5, 0, 2.5). Image quality was evaluated by signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR). Then, the automatically exposed tube current was measured. As a result, the X-ray image of seven coins obtained a result value of about 1.2 times higher for SNR and 1.9 times higher for CNR than the X-ray image for one coin. The tube current was also about 1.6 times higher. In conclusion, In AEC, the higher the field configuration and dominant zone are matched and the higher the density, the lower the sensitivity, which increases the tube current and CNR, which increases the image quality. Therefore, it is judged that the appropriate setting of the range of dominant zone, sensitivity, and density of the control, which is the AEC control factor, could improve the fine contrast of images.

Key Words: Automatic exposure control, Fine contrast, Digital radiography system, Control factors, Coin

중심 단어: 자동노출제어, 미세 대조도, 디지털 방사선 영상 시스템, 조절인자, 동전

I. 서론

디지털 영상 시스템은 아날로그 필름 방식에 비해 대조도 분해능과 미세 병변 검출 능력이 우수하여 현대 영상 의학에서 널리 이용되고 있다[1]. 또한, 디지털 영상 시스템의 넓은 관용도 특성은 엑스선 과노출에도 진단이 가능한 영상을 얻게 한다. 그러나 선량 부족으로 잡음(noise)이 생기는 현상을 꺼리는 검사자들의 태도로 인해 엑스선이 과노출되는 노

출 크리프(Exposure Creep) 현상이 유발된다[2]. 의료분야에서 엑스선의 사용은 “모든 피폭은 경제적 및 사회적 요인을 고려해 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지하지 않으면 안 된다”라는 ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 최적화 원칙을 달성할 수 있도록 주의해야 한다[3]. 그러나 엑스선 검사 시 피사체의 두께와 밀도는 환자의 상태에 따라 다르기 때문에 적절한 조사선량을 설정하지 못한다면 엑스선을 과노출할 가능성이 높다. 자동노출제어

Corresponding author: Youl-Hun Seoung, Department of Radiological Science, Cheongju University, 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 28503, Republic of Korea / Tel: +82-43-229-7993 / E-mail: radimage@cju.ac.kr

Received 3 February 2021; Revised 15 February 2021; Accepted 21 February 2021

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

(Automatic exposure control, AEC)는 영상의 적정 농도에 필요한 관전류량(mAs)을 자동적으로 조사하기 때문에 엑스선의 과노출을 방지할 수 있다[4]. 따라서 AEC는 영상의 질적인 변화를 최대한 감소시키고, 검사자에게 편의성과 효율성을 제공한다. AEC의 조절인자로는 감도(Sensitivity), 농도(Density), 채광창(Field configuration), 지배역(Dominant zone) 등이 있다[5]. 감도는 이온 전리도가 방사선을 민감하게 인식하는 정도를 수치로 정량화한 것이며, 감도 조절은 흡수선량의 변화로 나타난다. 농도는 이온 전리도에서 엑스선의 강도(I)와 조사 시간(T)의 곱으로 정의할 수 있어 이온 타이머를 이용해 농도 값을 설정할 수 있다. 채광창은 조사된 엑스선을 받아들일 수 있는 검출기의 특정 영역을 말하며, 검출기 내에 위치하는 이온 전리도 영역과 일치한다. 영상 검사 시 환자 검사 부위 중 검사할 영역을 지배역이라고 한다[5]. 이러한 조절인자들은 영상 품질과 선량에 직접적인 영향을 준다. 예를 들어 엑스선 감약 값이 큰 금속물이 채광창에 위치한 경우 높은 관전류량이 조사되며, 영상의 농도 값에 영향을 준다[6]. 따라서 AEC를 사용할 때는 조절인자에 대한 특성을 파악하고, AEC 조절인자의 올바른 설정이 요구된다. 그러나 많은 선행연구에서는 감도와 농도만을 조절하여 영상 품질과 선량을 평가한 제한점이 있다[7-9]. 또한, AEC는 흉부 검사에 주로 사용되고 있다. 흉부는 엑스선 감약 차이가 미세하게 있는 해부 구조물들이 존재하기 때문에 고관전압 촬영법으로 검사하여 저대조도 영상을 얻어야 한다[10]. 그러나 AEC 관련 선행연구들은 육안적 평가가 가능한 인체 팬텀을 사용하였기 때문에 마이크로(μm) 단위의 구조물 두께에 의한 미세 대조도를 평가하는데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 마이크로 단위 두께의 미세 대조도를 평가할 수 있는 실험 방법을 제시하고 획득된 미세 대조도 영상을 기반으로 디지털 방사선 영상 시스템의 AEC 조절인자 간의 상관관계를 분석하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 실험 장비

본 연구에 사용한 장비는 디지털 엑스선 발생 장치(Digital

Diagnost 3,1 Ver, Philips, Netherlands)를 이용하였다. 영상 획득은 Amorphous Silicon의 디지털 간접 검출기로 17×17 inch, $2,840 \times 2,874$ pixels, 16 bit로 구성되었다. 검출기 내부에는 지름 7.5 cm의 원형 타입의 이온 전리도가 검출기의 정중앙과 좌우 측 상단에 각각 내장되어 있다. 본 실험에서는 검출기의 정중앙에 위치한 지름 7.5 cm 원형 이온 전리도 한 개를 대상으로 하였다. 검출기 상부에는 이동 그리드(40 lines/cm)가 설치되어 있다. 팬텀으로는 주변에서 흔히 구할 수 있고 국가적으로 공인된 일정 크기로 규격화된 특성을 가진 동전(500원, 한국조폐공사, 한국)을 사용하였다. 동전은 Table 1과 같은 특성으로 앞면에는 두루미(학), 액면 단위의 한국어 표기(오백 원), 뒷면에는 액면 숫자, 중앙은행의 한국어 표기(한국은행), 발행 연도를 가지고 있다. 이때 양각으로 새겨진 문양의 두께와 동전 면은 약 $198 \pm 17 \mu\text{m}$ 의 미세한 두께 차이를 가지고 있었다.

2. 엑스선 조사 조건

본 실험에서 엑스선관과 검출기까지의 거리는 110 cm, 초점의 크기는 소초점으로 고정하였다. 이때 관전압은 7단계(70 kVp, 80 kVp, 90 kVp, 102 kVp, 110 kVp, 117 kVp, 125 kVp)로 설정하였다. 관전류량은 AEC 조절인자에 의해 자동적으로 조절하여 노출되었다. 정중앙의 이온 전리도 위치는 검출기 필드 영역 네 모서리를 대각선으로 연결한 뒤 교차하는 지점으로 정하였다. 조사야는 검출기의 중앙에 위치한 이온 전리도 영역과 일치시키기 위해 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 크기로 설정하였다. 최종 획득된 영상들은 국제 의료영상표준안으로 사용되는 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일로 저장하여 사용하였다.

3. AEC 조절 인자

본 연구에서는 AEC 조절인자로 고정된 채광창을 제외한 지배역 범위, 감도, 그리고 농도를 대상으로 하였다. 지배역의 범위는 채광창과 지배역의 불일치성과 일치성에 대한 차이를 실험하기 위해 Fig. 1과 같이 동전 1개로 채광창을 가린 경우와 동전 7개로 채광창을 가린 경우로 설계하였고 나머지

Table 1. Characteristics of Korean coins (500 Won)

Materials	Cu 75% + Ni 25%
Weight	7.70 g
Diameter	26.50 mm
Thickness	2.00 mm
Thickness between embossment pattern and background	$198 \pm 17 \mu\text{m}$

엑스선 조사 조건 및 AEC 조절인자는 동일하게 하였다.

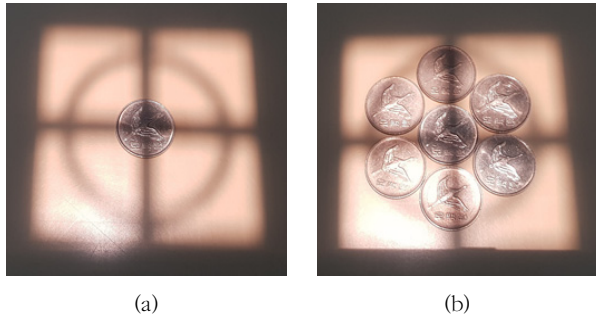


Fig. 1. In case the Field configuration is covered with (a) one coin and (b) seven coins

이때 감도는 제조사에서 설정된 3단계(200, 400, 800)와 농도 3단계(-2.5, 0, 2.5)로 분류하였다. 실험 영상은 각 관전압별로 지배역 범위와 감도 그리고 농도의 여러 조건들을 조합하여 획득된 동전 엑스선 영상 63가지를 대상으로 하였다.

4. 영상 품질 및 선량 평가

본 연구에서는 미세 대조도 영상을 기반으로 영상 품질과 선량 평가 그리고 AEC 조절인자 간의 상관관계를 두 단계로 나누어 실험하였다. 첫 번째 단계는 지배역 범위에 따른 영상 품질과 선량을 평가하였다. 먼저 지배역 범위에 따라 동전에 새겨진 문양을 육안적으로 평가하였다. 그리고 영상 분석 프로그램(Image J, National Institutes of Health, USA)을 이용하여 정량적으로 영상을 평가하였다. AEC의 성능평가로 선형연구에서 제안한 신호 대 잡음비(Signal to noise ratio, SNR)를 정량적 영상 품질 평가 방법으로 사용하였다[11]. 식(1)을 이용하여 SNR을 분석하였고 미세 대조도 평가를 위해 식(2)과 같이 대조도 대 잡음비(Contrast to noise ratio, CNR)로 분석하였다.

$$SNR = \frac{Mean ROI_{signal}}{SD of Background} \quad (1)$$

*SD: Standard Deviation

*ROI: Region of Interest

$$CNR = \frac{|Mean ROI_{signal} - Mean ROI_{background}|}{\sqrt{\frac{(SD ROI_{signal})^2 + (SD ROI_{background})^2}{2}}} \quad (2)$$

SNR은 Fig. 2(a)와 같이 채광창 정중앙에 위치한 동전 안쪽 전체를 관심 영역(Region of interest, ROI)으로 지정

하여 픽셀의 평균값을 측정하고 동전 밖의 관심 영역에서 픽셀의 표준편차를 측정하였다. CNR은 Fig. 2(b)와 같이 동전 내 화 모양의 양각 두께가 두꺼운 부위(학의 몸통)와 양각이 없는 편평한 면을 대상으로 각각 픽셀의 평균값과 표준편차를 측정하였다. 그리고 63가지의 AEC 조절인자 조건에 대해 두 가지 지배역 범위에서 노출된 관전류량을 측정하였다.

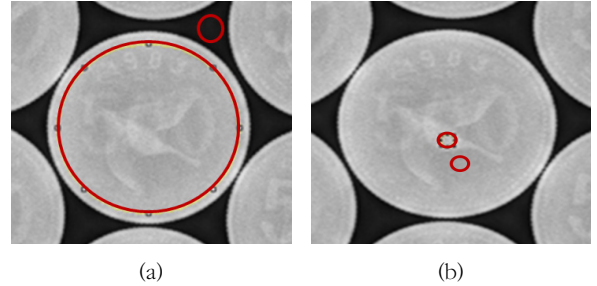


Fig. 2. Region of interest measurement location for (a) signal to noise ratio and (b) contrast to noise ratio analysis.

두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 도출된 우수한 품질의 영상을 획득한 지배역 범위를 기준으로 감도, 농도, SNR, CNR, 관전압, 관전류량 간의 상관관계를 분석하였다.

5. 통계적 분석

획득된 데이터들은 SPSS 프로그램(SPSS 24.0 for Window, SPSS, USA)을 이용하여 통계분석하였다. 2가지의 지배역 범위를 독립변수로 정의하고 63가지의 AEC 조절인자 조건으로 도출된 SNR과 CNR 그리고 관전류량의 평균의 차이를 평가하기 위해 독립 표본 T-test 검정을 시행하였다. 이때 p 값이 0.05보다 작을 때 유의한 차이가 있다고 정의하였다. 감도, 농도, SNR, CNR, 관전압, 관전류량 간의 상관관계는 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient, r)를 이용하였으며, r 값이 1에 가까울수록 높은 상관관계를 나타낸다.

III. 결과

1. 지배역 범위 차이에 의한 육안 평가

채광창과 지배역에 의한 영상 차이는 관전압, 감도, 농도 별로 최대, 중간, 최소값을 표본으로 대표하여 확인하였다.

그 결과 Fig. 3과 같이 동전 7개로 채광창을 다 가린 엑스선 영상이 동전 1개의 엑스선 영상과 육안적으로 비교하여 두 루미(화), 액면 단위, 숫자, 중앙은행의 한국어 표기, 발행 연도 등을 선명하게 확인할 수 있었다. 이때 최솟값 조건인 관전압 70 kVp, 감도 200, 농도 -2.5에서 동전 1개에 조사했을 때 0.6 mAs, 동전 7개에 조사했을 때 1.1 mAs가 조사되었다. 중간값 조건인 관전압 102 kVp, 감도 400, 농도 0에서 동전 1개에 조사했을 때 0.5 mAs, 동전 7개에 조사했을 때 0.6 mAs가 조사되었다. 최댓값 조건인 관전압 125 kVp, 감도 800, 농도 2.5에서 동전 1개에 조사했을 때 0.5 mAs, 동전 7개에 조사했을 때 0.6 mAs가 조사되었다.

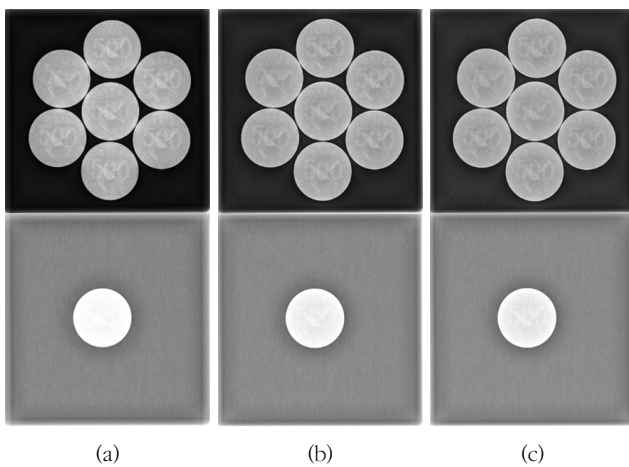


Fig. 3. Visual evaluation of cases as (a) 70 kVp, 200 of sensitivity, -2.5 of density (b) 102 kVp, 400 of sensitivity, 0 of density (c) 125 kVp, 800 of sensitivity, 2.5 of density.

2. 지배역 범위 차이에 의한 SNR과 CNR 및 선량 평가

63가지의 AEC 조절인자 조건에서 획득한 SNR과 CNR을 2가지의 지배역 범위와 비교한 결과, Fig. 4와 같이 동전 1개의 엑스선 영상에서는 SNR이 55.4 ± 7.4 , 동전 7개의 엑스선 영상에서는 SNR은 65.9 ± 16.1 로 동전 7개의 엑스선 영상이 유의하게 높았다($p = .001$). 또한 CNR도 동전 1개의 엑스선 영상은 1.6 ± 0.3 , 동전 7개의 엑스선 영상은 3.0 ± 0.5 로 동전 7개의 엑스선 영상이 유의하게 높았다($p = .001$).

채광창에서 동전 1개와 7개로 획득된 영상의 관전류를 비교한 결과, Fig. 5와 같이 동전 1개의 엑스선 영상에서는 0.5 ± 0.1 mAs, 동전 7개의 엑스선 영상에서는 0.8 ± 0.4 mAs로 동전 7개의 엑스선 영상이 유의하게 높았다($p = .001$).

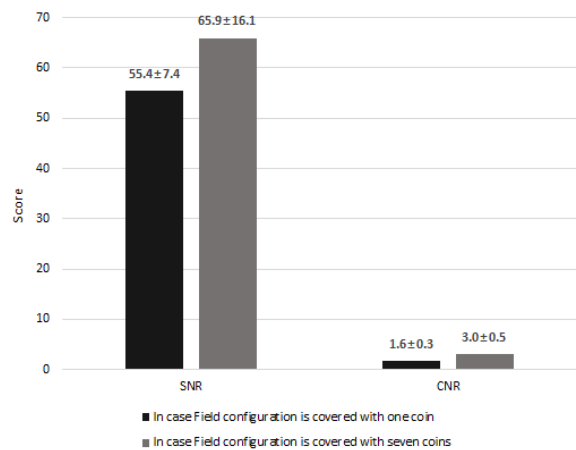


Fig. 4. SNR and CNR measurements according to the number of coins

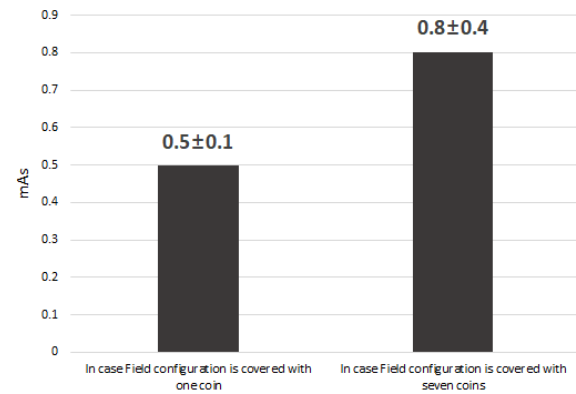


Fig. 5. The mAs measurements according to the number of coins

3. 채광창과 지배역 일치 조건에서의 AEC 조절인자 기술통계

미세 대조도 영상이 획득된 동일한 동전 7개의 엑스선 영상에서 AEC 조절인자의 기술통계 결과는 Table 2와 같다. 관전압이 증가할수록 CNR은 증가하는 경향을 보이고 있지만 SNR과 mAs는 감소하는 경향을 보이고 있다. 감도는 증가할수록 CNR, SNR, mAs가 감소하였다. 반면 농도는 증가할수록 CNR, SNR, mAs가 증가하였다.

4. 채광창과 지배역 일치 조건에서의 AEC 조절인자 상관관계 검정 결과

동전 7개의 엑스선 영상에서 Table 3과 같이 관전압과 SNR은 $r = -.757$ 로 유의하게 음(-)의 상관관계를 보였다.

Table 2. Descriptive statistics of control factors

Control factors	Indicators	Mean	SD	
kVp	CNR	2,92	0,55	
	70	SNR	98,06	16,13
		mAs	1,28	0,84
	80	CNR	2,84	0,43
		SNR	71,15	5,59
		mAs	0,91	0,47
	90	CNR	3,00	0,55
		SNR	65,19	7,98
		mAs	0,74	0,32
	102	CNR	3,18	0,41
		SNR	60,00	5,50
		mAs	0,66	0,19
	110	CNR	3,13	0,49
		SNR	57,25	4,85
		mAs	0,63	0,16
	117	CNR	3,10	0,32
		SNR	54,73	1,94
		mAs	0,62	0,13
125	CNR	3,13	0,43	
	SNR	55,17	3,30	
	mAs	0,61	0,13	
Sensitivity	CNR	3,36	0,54	
	200	SNR	69,85	20,41
		mAs	1,07	0,62
	400	CNR	2,98	0,32
		SNR	65,61	14,40
		mAs	0,70	0,26
	800	CNR	2,79	0,26
		SNR	62,34	12,29
		mAs	0,57	0,10
Density	CNR	2,79	0,29	
	-2,5	SNR	60,86	11,87
		mAs	0,59	0,15
	0	CNR	3,02	0,30
		SNR	65,79	16,29
		mAs	0,73	0,30
	2,5	CNR	3,33	0,55
		SNR	71,15	18,52
		mAs	1,02	0,63

감도는 CNR과 관전류량 사이에 각각 $r=-.514$, $r=-.464$ 로 유의하게 음(-)의 상관관계를 보였다. 반면 농도는 CNR과 관전류량 사이에 각각 $r=.493$, $r=.407$ 로 유의하게

양(+)의 상관관계를 보였다. 관전류량은 CNR과 SNR 사이에 각각 $r=.502$, $r=.785$ 로 유의하게 양(+)의 상관관계를 보였다.

Table 3. Correlation matrix of all control factors

Control factors	kVp	Sensitivity	Density	CNR	SNR	mAs
kVp	1	.000	.000	.204	-.757**	-.437**
Sensitivity		1	.000	-.514**	-.192	-.464**
Density			1	.493	.263*	.407**
CNR				1	.097	.502**
SNR					1	.785**
mAs						1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

IV. 고찰

본 연구에서는 동전 팬텀을 이용한 미세 대조도 평가 방법을 제시하고, 디지털 방사선 영상 시스템의 AEC 조절인자 간의 상관관계를 분석하고자 하였다. 엑스선 검사 시 동일한 두께의 부위더라도 엑스선의 흡수 정도에 따라 항상 같은 농도의 영상을 형성하기 어렵다. 이 경우 AEC를 이용해 자동적으로 노출을 적정화할 수 있다. 따라서 검사자는 AEC의 특성을 파악하고, AEC 조절인자의 올바른 설정이 요구된다. 그러나 일부 선행연구에서는 감도와 농도의 변화는 크게 고려하지 않아도 된다고 보고하였다[12]. 또한, 다른 선행연구에서는 관전압과 감도가 높게 설정될수록 SNR과 CNR, 그리고 관전류량이 감소한다는 실험 결과를 보고하였다[13]. 하지만 앞선 두 선행연구에서는 AEC 조절인자 중 지배역의 범위를 고려하지 않아 채광창과 지배역의 일치 유무를 확인할 수 없었다. 그러나 본 연구에서는 채광창과 지배역의 일치에 따른 영상 품질과 선량 변화를 살펴보기 위해 동전을 이용하여 지배역의 범위를 조정하였다. 채광창과 지배역의 일치 유무에 따라 영상 품질과 선량에 미치는 영향을 확인하였다. 그 결과, 채광창과 지배역이 일치한 경우 SNR과 CNR이 향상되었으며 관전류량 역시 증가하였다. 그리고 감도는 낮을수록 농도는 높을수록 CNR과 관전류량이 증가하여 영상 품질이 향상되었다. 앞선 선행연구들과 다른 실험 결과가 도출되었으며, 실험 결과값에 대한 신뢰성이 검증되었다고 판단된다.

정민규 등은 납 차폐체를 이용하여 채광창 차폐 정도가 넓어질수록 관전류량이 선형적으로 증가한다고 보고하였다 [5]. 본 연구에서도 동전 1개의 엑스선 영상의 관전류량은 0.5 ± 0.1 mAs, 동전 7개의 엑스선 영상에서는 0.8 ± 0.4 mAs로 동전 7개의 엑스선 영상의 관전류량이 동전 1개의 엑스선 영상보다 약 1.6배 높았다. 이는 채광창 위에 동전 7개로 지배역을 설정하여 1차 엑스선이 동전에 주로 흡수되었기 때문에 이온 전리조에 충분한 전리전류가 생성되도록

관전류량이 증가된 것이다. 그러나 채광창에 지배역이 온전하게 설정되지 않았던 동전 1개로 지배역을 설정한 경우 선량이 감소하여 피사체의 투영 정보가 손실되었다. AEC는 환자의 신체적 크기와 병리학적인 변화가 가장 많은 흉부 검사에서 전통적으로 주로 사용되었지만, 현재는 척추 및 복부 등에 확대 적용하고 있다[14-16]. 특히, 흉부는 엑스선의 감약 차이가 상대적으로 작은 해부학적 구조물과 중첩에 의한 구조물의 감약 차이를 관찰할 수 있는 저대조도 영상으로 획득해야 진단적 가치가 높아지기 때문에 고관전압 촬영법을 사용하고 있다[17]. 그러나 선행연구들은 미세 대조도를 평가함에 있어 팬텀의 구조적 한계가 있었다. 최권규 등은 흉부 엑스선 검사에서 폐문리를 미세하게 말초까지 식별하기 위해 피사체를 가상의 팬텀으로 폐야는 8.0 cm 두께의 아크릴(Acryl)판, 전후늑골은 0.6 cm의 알루미늄(Aluminium)판, 혈관은 0.5 cm의 아크릴판을 배열하여 혈관의 식별능을 평가하였다[17]. 반면 본 연구에서는 미세하게 양각된 문양의 형태를 지닌 동전을 팬텀으로 이용하여 약 198 μ m 내외의 미세한 두께의 대조도를 영상화하였다. 이는 0.5 cm (=5,000 μ m) 두께로 영상을 획득한 선행연구보다 약 1/25배 얇은 두께의 미세 대조도를 구현한 결과이다. 특히 본 연구에서는 마이크로 단위의 두께에 대한 대조도 평가로 미세 대조도의 실험방법을 최초로 제시했다는 데 큰 의미가 있다. 또한, 정량적인 영상 품질 평가 결과로, 동전 1개의 엑스선 영상에서 SNR과 CNR은 각각 55.4 ± 7.4 , 1.6 ± 0.3 이며, 동전 7개의 엑스선 영상은 각각 65.9 ± 16.1 , 3.0 ± 0.5 의 평균값을 나타냈다. 동전 7개의 엑스선 영상이 동전 1개의 엑스선 영상보다 SNR은 약 1.2배, CNR은 약 1.9배 높은 결과값을 얻었다. 이는 채광창과 지배역을 일치시켜 적절한 관전류량이 노출되었기 때문에 영상의 품질을 향상시킬 수 있다.

미세 대조도 영상을 기반으로 AEC 조절인자 간의 상관관계를 보기 위해 측정된 피어슨 상관계수를 분석하였다. 그 결과, 감도는 CNR과 관전류량 사이에 각각 $r = -.514$,

$r = -.464$ 로 유의하게 음(-)의 상관관계를 보였다. 반면 농도는 CNR과 관전류량 사이에 각각 $r = .493$, $r = .407$ 로 유의하게 양(+)의 상관관계를 보였다. 관전류량은 CNR과 SNR 사이에 각각 $r = .502$, $r = .785$ 로 유의하게 양(+)의 상관관계를 보였다. 감도는 낮을수록, 농도는 높을수록 CNR과 관전류량이 증가하여 영상 품질이 향상되었다.

본 연구에서는 동전을 이용하여 200 μm 이하 두께의 미세 대조도를 구현함으로써 실험 방법의 차별성과 진보성을 확보하였다. 또한, 미세 대조도 영상을 기반으로 AEC 조절인자 간의 상관관계를 실험적으로 증명하여 AEC 사용의 이론적 근거를 제시했다는 데 큰 의미가 있다. 그러나 연구의 제한점으로는 AEC 관련하여 산란선을 최소화하기 위해 물 팬텀이나 PMMA 팬텀을 사용하지만 본 실험에서는 동전을 사용하여 발생할 수 있는 산란선에 대한 영향을 배제한 점이 다[18]. 향후 동전에 의한 산란선 연구는 추가 실험이 요구된다.

V. 결론

본 연구에서는 동전 팬텀을 이용하여 AEC 조절인자가 영상의 미세 대조도에 미치는 영향을 실험하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 미세 대조도 평가 방법으로 동전 팬텀이 유효하게 사용되었으며 향후 AEC 성능평가 방법으로 활용할 수 있으리라 기대한다.

둘째, AEC에서 채광창과 지배역을 일치시킨 경우가 관전류량이 적절하게 조사되어 SNR과 CNR이 우수한 미세 대조도 영상을 획득할 수 있었다.

셋째, AEC 조절인자인 감도는 낮을수록 농도는 높을수록 자동조사 관전류량이 증가하여 영상품질에 영향을 주었다.

REFERENCES

- [1] Kim SH. A convergence study on evaluation of usefulness of copper additional filter in the digital radiography system. *The Society of Digital Policy & Management*. 2015;13(9):351-59.
- [2] Lee KJ, Kim MG, Lee JW, Kim HC. Research for the environmental optimization of dose and image quality in digital radiography. *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*. 2013;50(2):203-09.
- [3] Jo GW. What is ALARA? *Korea Isotope Association*. 1995;10(2):14-7.
- [4] Jung JS, Choi BW, Kim SH, Kim YM, Shim JN, Ahn HS, et al. Effect of automatic exposure control marker with chest radiography in radiation reduction. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2014; 37(3):170-85.
- [5] Jeong MG, Seoung YH. Effects of field configuration shielding area and changing of density and sensitivity on tube current and image quality in automatic exposure control system. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2020;14(5):635-42.
- [6] Kim KW, Kwon YR, Seo SW, Kwon KT, Oh JY, Son SY, et al. Comparison of exposure dose by using AEC mode of abdomen AP study in radiography. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2015;38(3):205-11.
- [7] 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). *The Korea Contents Association*. 2018;18(1):232-40.
- [8] Hwang JH, Yang HJ, Choi JW, Lee KB. Evaluation of image quality and stability of radiation output according to change in tube voltage and sensitivity when abdomen and pelvis examination of Digital Radiography (DR). *The Korea Contents Association*. 2019;19(12):517-26.
- [9] Lee JS, Kim CS. The additional filter and ion chamber sensor combination for reducing patient dose in digital chest X-ray projection. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2015;9(3):175-81.
- [10] Park HS, Kim MS, Jeong HM, Lee JW. A study on the optimization of image quality and dose in chest PA digital radiography. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2017;11(1):55-61.
- [11] Monnelly P, Kenny P. Assessment of AEC performance in DR systems. *European Journal of Medical Physics*. 2016;32(7):948.
- [12] Choi BY, Jung MJ, Cha JW, Ha JH, Kim SH, Nho JS. Study on radiation dose and image density according to the auto exposure and sensitivity set-

- tings using the test method in the chest PA chest phantom. The Korean Society of Radiological Imaging Technology. 2016;13(1):73-80.
- [13] Lee JS, Go SJ, Kang SS, Kim JH, Kim DH, Kim CS. Quantitative evaluation of image quality using automatic exposure control & sensitivity in the digital chest image. The Korea Contents Association. 2013;13(8):275-83.
- [14] Choi SS, Lim CH, Jeong SH. A study on the using of automatic exposure control in the chest radiography. Journal of Radiological Science and Technology. 2019;42(1):19-24.
- [15] Koo NH, Yoon HS, Choi KW, Lee JE, Kim JJ. The effect of body mass index on entrance surface air Kerma in abdominal X-ray radiography using automatic exposure control. Journal of the Korean Society of Radiology. 2018;12(5):659-667.
- [16] Kim JJ, Jang SW, Park JH, Lee KS, Ha DY. Evaluation of organ and effective dose using A PC-Based Monte Carlo Program in AEC Mode and Fix Mode for the whole spine antero-posterior radiography. Korean Journal of Digital Imaging in Medicine. 2012;14(2):23-31.
- [17] Choi KK, Lee CY, Shin DS, Kim CN, Choi KY, Huh J. Visual evaluation of rib shading and lung marking in high-tube-voltage of chest radiography. Journal of the Korean Society of Radiological Technology. 1992;15(1):99-105.
- [18] Doyle P, Martin CJ. Calibrating automatic exposure control devices for digital radiography. Phys. Med. Biol. Physics in Medicine and Biology. 2006;51(21):5475-85.

구분	성명	소속	직위
제1저자	임세훈	청주대학교	대학원생(석사)
교신저자	성열훈	청주대학교	교수