

<원저>

동전을 이용한 제조사 별 디지털 방사선 영상 시스템의 자동노출제어 성능 평가

임세훈^{1,2)}·성열훈²⁾¹⁾충북대학교병원 영상의학과·²⁾청주대학교 보건의료대학원 방사선학과

Automatic Exposure Control Performance Evaluation of Digital Radiographic Imaging System by Manufacturer Using Coins

Se-Hun Lim^{1,2)}·Youl-Hun Seoung²⁾¹⁾Department of Radiology, Chungbuk National University Hospital²⁾Department of Radiological Science, College of Health Medical Science, Cheongju University

Abstract In this study, we proposed an image quality control for an automatic exposure control (AEC) of digital radiographic imaging system and tried to analyze the performance of the AEC by various manufacturer. The subjects of the experiment were analyzed for the AEC image quality evaluation using digital radiation generators from four manufacturer such as PHILIPS, GE Healthcare, SAMSUNG Healthcare, DK Medical Solution. We used as materials for the implementation of the image quality evaluation by coins (500 won, KOMSCO, Korea). This study evaluated the performance evaluation of the AEC as image quality and exposure dose (Milliampere-seconds; mAs). The image quality evaluation was tried visual assessment by two radiologic technologists and contrast to noise (CNR) by ImageJ. The exposure dose investigated mAs on digital radiation generators. The radiographic coin images acquired 360 images based on change in the control factors of the AEC, which were kVp, the consistency of field configuration and dominant zone, sensitivity and density. As a result, there was a significant difference in the AEC performance between manufacturer. The CNR by the AEC for each manufacturer showed a difference of up to about 1.9 times. The exposed tube current by the AEC for each manufacturer showed a difference of up to about 5.8 times. It is expected that our proposed evaluation method using coins could be applied as the AEC performance evaluation method in the future.

Key Words: Automatic Exposure Control, Coin, Digital Radiographic Imaging System, Performance Evaluation, Manufacturer

중심 단어: 자동노출제어, 동전, 디지털 방사선 영상, 성능 평가, 제조사

1. 서론

디지털 방사선 영상 시스템(Digital radiographic imaging system)의 자동노출제어(Automatic exposure control; AEC)는 영상의 적정 농도에 필요한 관전류량(Milliampere-seconds; mAs)을 자동적으로 조사하여 엑스선의 과노출을 방지할 수 있다[1]. 관전류량의 자동 노출 원리는 영상 검출

기 내부에 장착된 이온전리조(Ionization chamber)에서 흡수된 엑스선을 이온화하여 전자를 발생시킨다. 전자는 콘덴서(Condenser)에 축적되면서 특정 전하량을 미리 설정할 수 있는 사이리드론(Thyratron)을 통해 설정된 전하량 값까지 엑스선이 노출되면 조사가 자동적으로 종료되는 방식이다. 이때 이온전리조의 형상과 위치가 엑스선 노출에 대한 채광창(Field configuration) 역할을 한다. 또한 전하량

Corresponding author: Youl-Hun Seoung, Department of Radiological Science, College of Health Medical Science, Cheongju University, 239, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 28503, Republic of Korea / Tel: +82-43-229-7933 / E-mail: radimage@cju.ac.kr

Received 1 February 2022; Revised 10 February 2022; Accepted 17 February 2022
Copyright ©2022 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

설정값은 AEC 조절 인자에 의해 변화된다[2]. AEC의 조절 인자로는 이온전리조의 위치와 개수, 채광창과 지배역(Dominant zone)의 일치 유무, 민감도, 농도 등이 있다. 이러한 조절 인자들은 영상 품질과 노출 선량에 직접적인 영향을 준다[3,4]. 그뿐만 아니라 피사체의 두께, 밀도, 원자번호와 같은 피사체의 특성에 따라 감소된 엑스선과 2차 산란선에 의해 AEC 내 장착된 이온전리조는 전기적 신호 변환에 직접적으로 영향을 받고 노출 관전류량이 자동 조절된다. 임상검사 시 채광창과 검사부위의 지배역이 일치하지 않으면 오히려 엑스선이 과노출되어 환자에게 불필요한 방사선 피폭을 가할 수 있다[5]. 따라서 AEC는 전문적 지식을 갖춘 방사선사가 활용할 때 영상의 질적 변화와 선량을 최소화하면서, 검사의 편의성과 효율성을 제공할 수 있다. 이를 위해서는 AEC의 조절인자가 최적화되어야 한다. 선행연구에 의하면 부비동 엑스선검사에서 AEC 조절인자의 최적화를 통해 조사선량을 83% 감소시켰다. 하지만 최적화되지 않은 경우는 수동 조사 방식보다 3배 이상 과노출 되었다고 보고하였다[6]. AEC의 영상 품질 평가는 고정 엑스선 조사 조건으로 시행하는 수동 촬영법과 달리 AEC의 조절인자에 의해 가변적으로 변하는 엑스선 조사 조건을 고려해야 하는 제한점이 있다. 또한 AEC의 조절인자들은 제조사별로 상이하지만 AEC 관련 연구들은 인체 팬텀으로 실험하는 사례가 많아 구체적인 AEC의 성능 평가에 한계가 있었다[7,8]. 기존 팬텀의 한계점을 극복하기 위해 선행연구에서는 AEC의 채광창과 피사체 크기를 일치시키기 위해 3D 프린팅(Three dimensional printing) 기술을 이용하여 제작한 원뿔형 피라미드 팬텀을 이용하기도 하였다[4]. 그러나 이 방법도 일개 제조사를 대상으로 시도되어 범용적으로 활용하기에는 제한적인 문제점이 있다. 특히, AEC의 활용 빈도가 가장 높

은 흉부 검사는 엑스선 감약 차이가 매우 작게 있는 해부 구조물들이 흉부에 존재하기 때문에 정밀한 저 대조도 영상 획득이 필요하다[9,10]. 이에 최근 동전을 이용하여 마이크로(μm) 단위의 미세 대조도로 AEC의 성능을 평가한 보고가 있었다. 동전은 제조사별로 다양한 형태로 존재하는 채광창과 근사하게 지배역의 범위를 설정할 수 있다[11].

따라서 본 연구에서는 동전을 이용하여 제조사별로 디지털 방사선 영상 시스템의 AEC의 성능을 평가하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서는 Table 1과 같은 사양을 갖추고 있는 4개의 제조사(PHILIPS, GE Healthcare, SAMSUNG Healthcare, DK Medical Solution)의 디지털 방사선 영상 시스템에 내재된 AEC를 대상으로 실험하였다. 대상 제조사별로 조사야(Field size), 해상력(Resolution or pixels), 픽셀 피치(Pixel pitch), 픽셀 깊이(Pixel depth), 그리드 사양(Grid specification), 이온전리조의 형태와 크기(Ionization chamber shape and size)가 다른 특징을 가지고 있었다. 채광창과 지배역을 유연하게 일치시키기 위해 동전을 팬텀으로 사용하였다. 동전은 국가적으로 공인 규격화된 특성을 가지고 있으며, 주변에서 흔히 구할 수 있어 임상에서 손쉽게 활용할 수 있는 장점이 있다. 특히, 양각으로 새겨진 문양의 두께와 동전 면은 약 $198 \pm 17 \mu\text{m}$ 의 두께 차이를 가지고 있어 미세 대조도를 구현할 수 있다[11].

Table 1. Specifications of digital radiation generating devices of various manufacturer

Manufacturer	PHILIPS	GE	SAMSUNG	DK
Model name	Digital Diagnost 3.1	Discovery-XR656	GC85A	VIVIX-S1717S
Detector type	Amorphous Silicon	Amorphous Silicon	Amorphous Silicon	Amorphous Silicon
Field size	43×43 cm ²	40.4×40.4 cm ²	42.5×42.5 cm ²	43×43 cm ²
Resolution(pixels)	2,840×2,874	2,022×2,022	3,036×3,040	3,072×3,072
Pixel pitch	148 μm	200 μm	140 μm	140 μm
Pixel depth	16 bits	14 bits	16 bits	16 bits
Grid specification	Moving type (40 lines/cm)	Non-moving type (70 lines/cm)	Non-moving type (85 lines/cm)	Non-moving type (21 lines/cm)
Ionization chamber shape(size)	Round shape (Diameter 7.5 cm)	Rectangular shape (6.35×10.2 cm)	Rectangular shape (5.1×11.1 cm)	Rectangular shape (7×10 cm)
Focal spot size (small/large)	0.6 mm / 1.2 mm	0.6 mm / 1.25 mm	0.6 mm / 1.2 mm	0.6 mm / 1.2 mm

2. 엑스선 조사 조건

본 실험에서 엑스선관과 검출기까지의 거리는 110 cm, 초점의 크기는 소초점으로 고정하였다. 이때 관전압은 6단계 (70, 80, 90, 100, 110, 115 kVp)로 설정하였다. 관전류량은 AEC 조절 인자에 의해 자동 조절되어 노출되었다. 이온 전리조는 테이블 정중앙에 있는 일개 이온전리조를 대상으로 하였다. 내장된 이온전리조의 위치는 조사야 정도 관리 방법인 나인 코인 테스트(Nine coin test)를 통해 파악하였다. 조사야는 활성화한 이온전리조 영역의 면적과 일치시켰다. 또한 선량이 신뢰성 있게 노출하는지 확인하기 위해 이온전리조의 선형성 평가를 선제적으로 진행하였다. 관전압을 60 kVp부터 100 kVp까지 10 kVp씩 점진적으로 증가시켰다. 또한 각 관전압별로 PMMA 아크릴 팬텀의 두께를 25

mm부터 150 mm까지 25 mm씩 높여가며 평가하였다. 그 결과, Fig. 1과 같이 선형계수(R^2)값이 0.8 이상 측정되어 노출 관전류량의 선형성을 확인하였다.

3. AEC 조절 인자

AEC의 조절 인자는 Table 2와 같이 제조사별로 각기 다른 조절 범위를 갖추고 있다. 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 제조사별로 채광창과 지배역을 불일치시킨 경우와 채광창 위에 지배역을 일치시킨 경우로 분류하여 실험하였다.

엑스선 조사 조건은 관전압을 70 kVp에서 115 kVp까지 점진적으로 증가시켰으며, 농도 및 민감도의 설정값을 조합하여 동전 영상을 획득하였다. 이때 농도는 조절 범위 내 최솟값, 중간값, 최댓값으로 구분한 3가지 조건과 민감도 3가

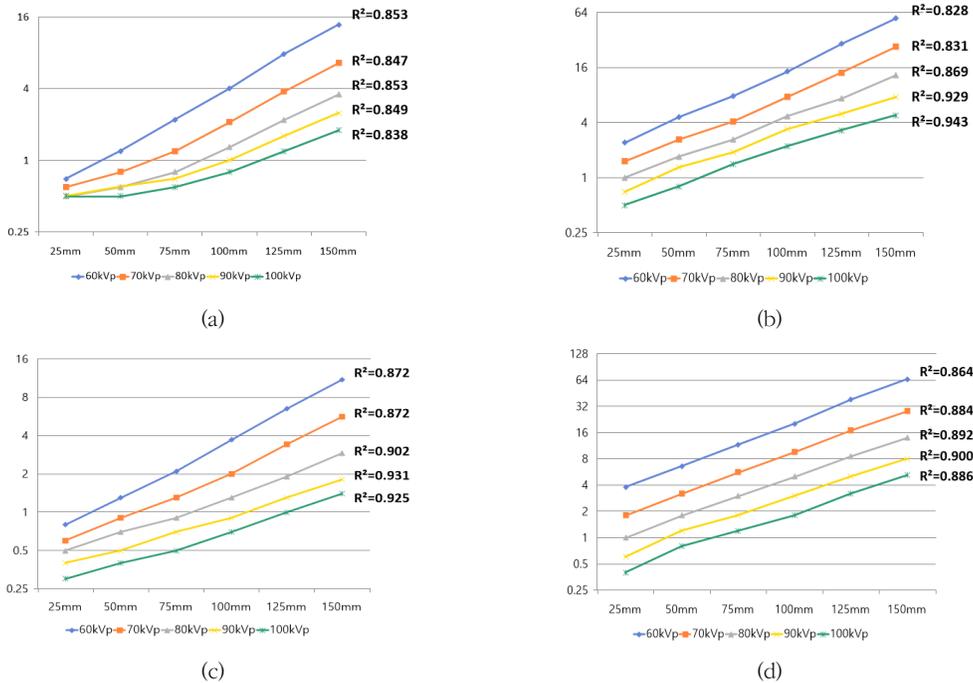


Fig. 1. The result of reliability evaluation of (a) PHILIPS manufacture (b) GE manufacture (c) SAMSUNG manufacture (d) DK manufacture

Table 2. Control range on the density and the sensitivity

Manufacturer	PHILIPS	GE	SAMSUNG	DK
Density control range	-2.5 ~ 2.5 (0.5 Unit)	Control factor	-4 ~ 4 (1 Unit)	-3 ~ 3 (1 Unit)
Level	11	-	9	7
Sensitivity control range	200 400 800	200 400 800	Slow Medium Fast	Low Middle High
Level	3	3	3	3

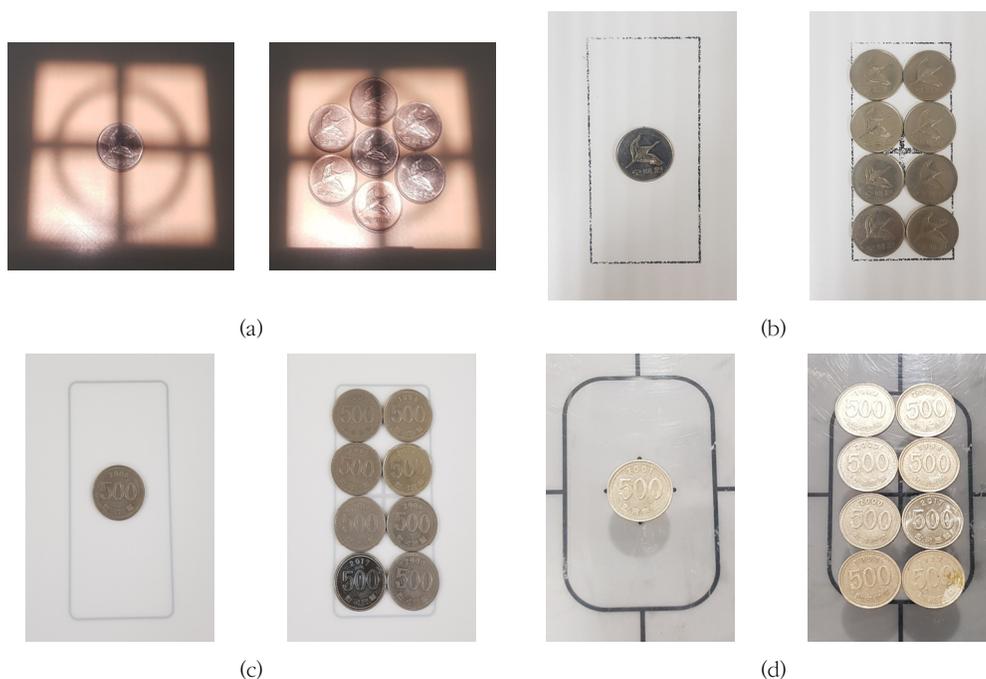


Fig. 2. The arrangement of coins of (a) PHILIPS manufacturer (b) GE manufacturer (c) SAMSUNG manufacturer (d) DK manufacturer

지 조건을 교차하여 평가하였다. 그 결과 대상 제조사인 PHILIPS, SAMSUNG, DK는 각 108가지의 조건이 설정되었으며, GE는 농도 조절 인자가 존재하지 않아 민감도만을 조절하여 36가지의 조건이 설정되었다. 그 결과 총 180가지의 영상을 채광창과 지배역 일치 유무 분류에 의해 총 360개 영상을 획득하였다.

4. AEC의 성능 평가

AEC의 성능 평가는 영상 품질과 노출 선량을 평가하였다. 영상 품질은 육안으로 실시한 정성적 평가와 대조도 대 잡음비(Contrast to noise ratio, CNR) 측정을 통한 정량적 평가를 진행하였다. 정성적 평가는 제조사별로 채광창과 지배역이 일치한 경우의 180가지와 채광창과 지배역이 불일치한 경우의 180가지에 대해 실시하였다. 정성적 평가 문항은 동전 중심 부분의 학 모양, 액면 단위의 숫자 표기, 동전 외각 부분의 발행 연도, 은행명, 점선 테두리 등을 방사선사 2명이 육안 평가하였다. 정량적 영상 품질 평가는 공인된 영상 분석 프로그램(ImageJ, National Institutes of Health, USA)을 이용하였다. 평가 방법은 식(1)과 같이 CNR을 구하였다[12]. 측정 부위는 Fig. 3과 같이 동전 내 학의 몸통과 양각이 없는 편평한 면을 대상으로 하였다. 대상 동전 면에 각각 ROI를 설정하여 픽셀의 평균값과 표준편차를 측정하였다. 노출 선량은 엑스선 발생 장치에서 자동 조사된 관전

류량을 측정하였다.

$$CNR = \frac{|Mean ROI_{signal} - Mean ROI_{background}|}{\sqrt{\frac{(SD ROI_{signal})^2 + (SD ROI_{background})^2}{2}}} \quad (1)$$

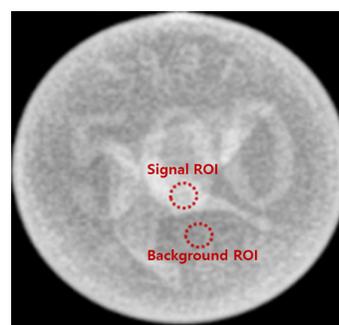


Fig. 3. Region of interest measurement location for contrast to noise ratio analysis

5. 통계적 분석

획득된 데이터들은 SPSS 프로그램(SPSS 24.0 for Window, SPSS, USA)을 이용하여 통계 분석하였다. 채광창과 지배역의 일치 유무에 따른 CNR과 노출 관전류량의 평균 차이의 유의성은 대응 T-test로 검정하였다. 또한 제조사별 CNR과 노출 선량의 평균 차이의 유의성 평가는 일원 배치

분산분석(One-way analysis of variance, ANOVA)을 한 후 Scheffe 사후 검정을 실시하였다. 이때 p 값이 0.05보다 적을 때 유의한 차이가 있다고 정의하였다.

III. 결과

1. 채광창과 지배역 범위 일치 유무에 의한 평가

1) 채광창과 지배역 범위 일치 유무에 의한 정성적 영상 평가

채광창과 지배역 범위 일치 유무에 의한 영상들은 Fig. 3과 같이 유사한 형태의 영상 품질을 보였다. Fig. 4는 관전

압 100 kVp, 민감도는 중간 단계, 농도는 저감도 조건에서 도출된 사례 영상이다. 채광창과 지배역을 동전으로 일치한 경우가 모든 제조사의 엑스선 영상에서 동전 중심 부분의 학 모양, 액면 단위의 숫자 표기, 동전 외각 부분의 발행 연도, 은행명, 점선 테두리 등이 상대적으로 선명하게 관찰되었다. 반면 채광창에 동전 하나만 올려놓아 지배역이 작게 형성되어 채광창과 지배역이 불일치한 경우는 모든 제조사에서 영상 품질이 상대적으로 불량하였다.

2) 채광창과 지배역 범위 일치 유무에 의한 정량적 평가

제조사별로 획득한 모든 조건의 영상에서 측정된 CNR과 노출 관전류량을 채광창과 지배역 범위 일치 여부로 나누어

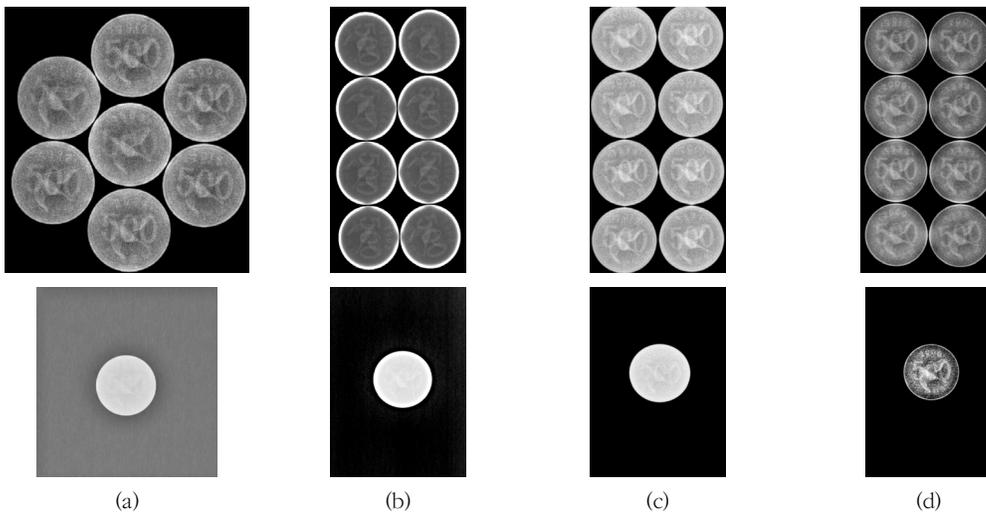


Fig. 4. Visual evaluation by manufacturer according to the consistency of the field configuration and dominant zone in (a) PHILIPS manufacturer's 100 kVp, 400 sensitivity, -2.5 density (b) GE manufacturer's 100 kVp, 400 sensitivity (c) SAMSUNG manufacturer's 100 kVp, medium sensitivity, -4.0 density (d) DK manufacturer's 100 kVp, middle sensitivity, -3.0 density

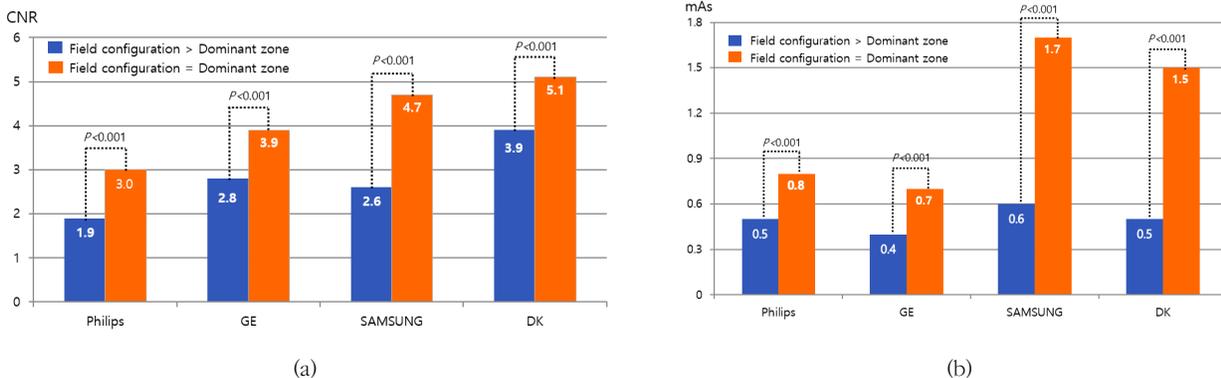


Fig. 5. (a) Image quality evaluation based on the difference in dominant zone area (b) Exposure dose evaluation based on the difference in dominant zone area

Table 3. Comparison of CNR and exposure dose among manufacturer using ANOVA

Variable	Manufacturer	Mean	SD	F-value	p-value	Scheffe
CNR	PHILIPS(a)	2,985	0,459	39,426	p<0,001	c,d)a,b
	GE(b)	3,894	0,948			
	SAMSUNG(c)	4,717	1,534			
	DK(d)	5,070	0,992			
Exposure dose (mAs)	PHILIPS(a)	0,807	0,471	5,925	p<0,001	c,d)b)a
	GE(b)	0,733	0,396			
	SAMSUNG(c)	1,746	1,824			
	DK(d)	1,583	1,656			

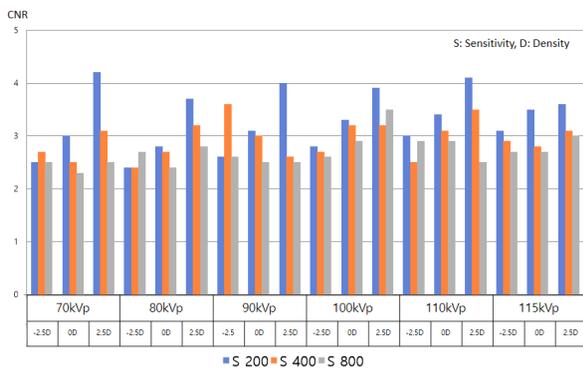
비교 평가한 결과, Fig. 5와 같이 채광창과 지배역이 일치한 경우가 채광창과 지배역이 불일치한 경우보다 유의한 차이로 평균 CNR과 노출 관전류량이 높았다($p<0.001$).

채광창과 지배역이 일치한 실험군을 제조사별로 살펴보면 Table 3과 같이 영상 품질은 DK 사가 5.070 ± 0.992 로 가장 높았고, PHILIPS 사가 2.985 ± 0.459 로 가장 낮았다. 평균 노출 관전류량이 가장 적은 제조사는 GE 사로 0.733 ± 0.396 mAs이었으며, 가장 많이 노출된 제조사는 SAMSUNG 사로 1.746 ± 1.824 mAs였다. 제조사별 CNR과 노출 관전류량은 유의한 차이를 보였다.

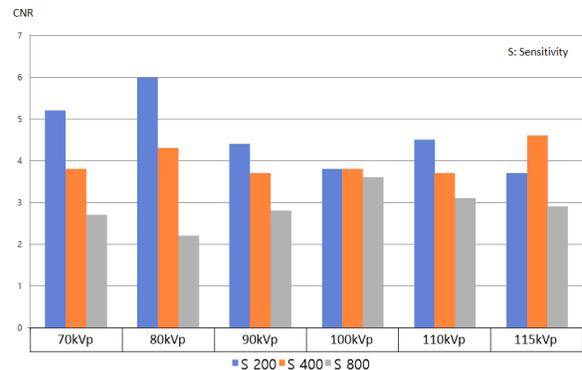
2. 민감도와 농도의 변화에 의한 제조사별 AEC 성능 평가

1) CNR 평가

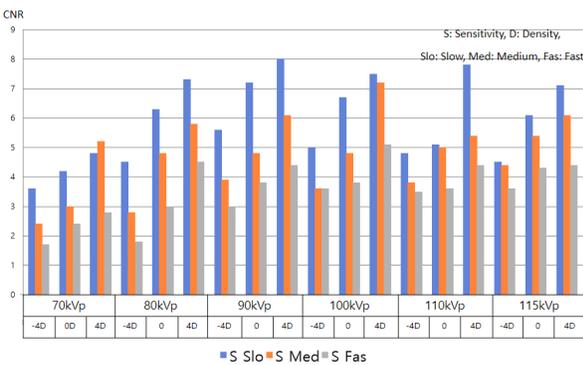
Fig. 6과 같이 4개 제조사 모두 동일한 관전압 조사 조건에서 민감도가 감소하고 농도가 증가할수록 영상 품질이 향상되었다. PHILIPS사는 70 kVp, 민감도 200, 농도 2.5(최댓값)에서 CNR 4.2, GE사는 80 kVp, 민감도 200에서 CNR 6.0, SAMSUNG사는 90 kVp, 민감도 'Slow', 농도 4.0(최댓값)에서 CNR 8.0, DK사는 80 kVp, 민감도



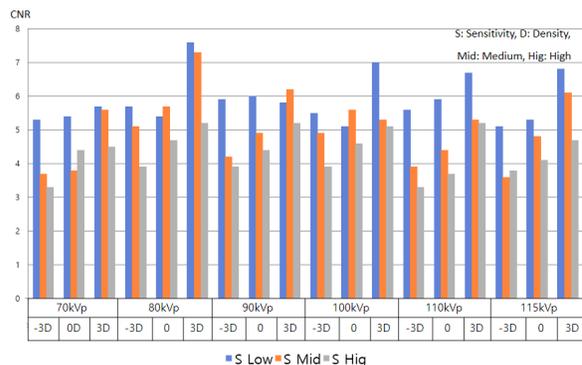
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 6. Manufacturer's image quality (CNR) evaluation based on the sensitivity and density (a) PHILIPS (b) GE (c) SAMSUNG (d) DK

‘Low’, 농도 3.0(최댓값)에서 CNR 7.6을 보였다. 따라서 제조사별 AEC에 의한 CNR은 최소 4.2에서 최대 8.0까지 약 1.9배의 차이를 보였다. 또한 관전압, 민감도, 농도 설정에 따라 PHILIPS사는 최소 2.4에서 최대 4.2까지 약 1.8배의 차이를 보였고, GE사는 최소 2.2에서 최대 6.0까지 약 2.7배의 차이를 보였다. SAMSUNG사는 최소 1.7에서 최대 8.0까지 약 4.7배의 차이를 보였고, DK사는 최소 3.3에서 최대 7.6까지 약 2.3배의 차이를 보였다.

2) 노출 관전류량 평가

Fig. 7과 같이 4개 제조사 모두 동일한 관전압 조사 조건에서 민감도가 감소하고 농도가 증가할수록 노출 관전류량이 증가하였다. 반면 고관전압일수록 노출 관전류량이 감소하였다. PHILIPS사는 70 kVp, 민감도 200, 농도 2.5(최댓값)에서 3.2 mAs, GE사는 70 kVp, 민감도 200에서 1.9 mAs, SAMSUNG사는 70 kVp, 민감도 ‘Slow’, 농도 4.0(최댓값)에서 11.0 mAs, DK 사는 70 kVp, 민감도 ‘Low’, 농도 3.0(최댓값)에서 8.8 mAs를 보였다. 따라서 제조사별 AEC에 의한 관전류량이 최소 1.9 mAs에서 최대 11.0 mAs까지

약 5.8배의 차이를 보였다. 또한 관전압, 민감도, 농도 설정에 따라 PHILIPS사는 최소 0.5 mAs에서 최대 3.2 mAs까지 약 6.4배의 차이를 보였고, GE사는 최소 0.4 mAs에서 최대 1.9 mAs까지 약 4.8배의 차이를 보였다. SAMSUNG사는 최소 0.5 mAs에서 최대 11.0 mAs까지 약 22배의 차이를 보였고, DK사는 최소 0.1 mAs에서 최대 8.8 mAs까지 약 88배의 차이를 보였다.

IV. 고찰

본 연구에서는 주변에서 흔히 구할 수 있는 동전을 이용하여 제조사별 AEC의 성능을 분석하고자 하였다. AEC 시스템은 이온전리조를 통해 영상의 적정 농도에 필요한 방사선량이 조절되어 조사되기 때문에 이온전리조에 흡수되는 선량이 가변적이다. 기존의 AAPM에서 제시하는 AEC 성능 평가는 주로 노출 선량의 직선성을 평가하였다[13]. 본 연구에서는 PMMA 팬텀을 이용하여 제조사별 노출 선량의 직선성은 확보하고 실험하였다. 그러나 AEC에서의 영상 품질은

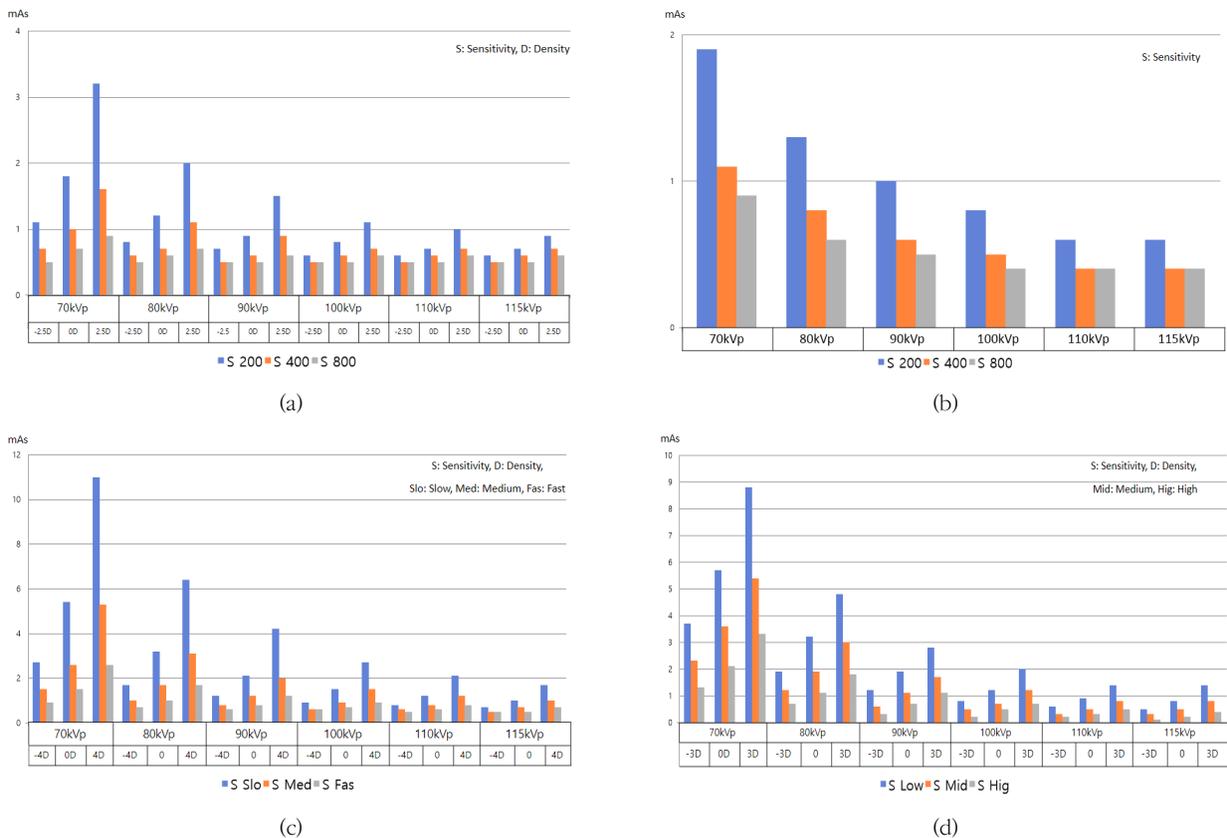


Fig. 7. Manufacturer's exposure dose evaluation based on the sensitivity and density (a) PHILIPS (b) GE (c) SAMSUNG (d) DK

자동 조절되어 조사되는 관전류량에 의존하기 때문에 영상 품질에 대한 평가는 한계가 있었으며 새로운 평가 방법의 제시가 필요하였다. AEC의 성능을 이해하고 활용하는 것이 중요하지만 이를 검증한 사례가 없었다. 그 이유는 제조사별로 상이한 이온전리조의 형태 즉, 채광창이 달라 이를 온전하게 지배할 수 있는 영상 품질 평가용 팬텀이 부재하기 때문이다. 본 연구의 대상 제조사들의 AEC들도 이온전리조의 형태와 크기가 모두 달랐다. 또한 기존 영상 품질 평가용 팬텀들의 지배역은 채광창과 일치하지 않기 때문에 AEC에서 유효한 영상을 획득하기 어려웠다.

따라서 본 연구에서는 약 198 μm 의 마이크로 단위 두께로 양각된 문양의 동전을 AEC 성능 평가용 팬텀으로 제시하였다. 동전 팬텀은 제조사별로 상이한 채광창 형태에 따라 동전을 배치할 수 있어 채광창 크기와 유사하게 지배역을 구성할 수 있는 장점이 있다[11]. 그 결과 여러 개의 동전을 채광창의 면적과 유사하게 구성하여 채광창과 지배역을 일치한 경우가 불일치한 경우보다 노출 관전류량이 높았다. 이는 지배역 범위를 충분히 포함한 동전에 1차 엑스선이 주로 흡수되어 감쇠된 엑스선이 이온전리조에 전달되고, 설정된 농도 값에 도달하도록 관전류량을 증가시켰기 때문이다. 그러나 채광창에 동전 1개로 지배역이 온전히 포함되지 못한 경우는 1차 엑스선이 이온전리조에 감쇠 없이 흡수되어 관전류량이 충분히 노출되지 못하여 피사체의 투영 정보가 대상 4개 제조사 모두 손실되었음을 육안 평가와 정량적 평가로 확인할 수 있었다. 또한 채광창과 지배역이 근사하게 일치한 영상을 기반으로 관전압, 민감도, 농도의 변화에 따른 제조사별 CNR과 노출 관전류량은 관전압과 민감도가 낮고 농도가 높을수록 증가하는 경향성을 보였다. 이 중 관전압은 높을수록 모든 제조사에서 관전류량의 노출량이 감소하였는데 고관전압 사용으로 선량이 감소한다는 선행연구와 일치하였다[14,15]. 모든 AEC 조절 인자에서 측정된 평균 CNR과 평균 노출 관전류량은 제조사별로 유의한 차이가 있었다. 이는 AEC의 조절 인자뿐만 아니라 제조사별로 AEC의 성능 차이가 있음을 시사한다. 노출 관전류량의 평균량이 가장 적은 곳은 GE사였다. GE사 영상검출기의 해상력 크기는 2,022 \times 2,022로 4개 제조사 중 가장 작았으며, 픽셀의 크기는 200 μm 로 가장 크기 때문에 높은 광자 흡수율을 보였고, 이동형 그리드가 아닌 고정형 그리드를 사용하였기 때문에 가장 낮은 관전류량이 노출된 것으로 판단된다. 모든 AEC 조절 인자에서 가장 많은 관전류량이 노출된 제조사의 경우는 SAMSUNG사의 70 kVp, 민감도 'Slow', 농도 4.0(최댓값)에서 노출된 11.0 mAs이었고, 가장 적은 관전류량이 노출된 제조사의 경우는 GE사의 70 kVp, 민감

도 200에서 1.9 mAs로 두 제조사 간에는 약 5.8배의 차이를 보였다. 또한 제조사별 노출 관전류량 차이는 PHILIPS사 약 6.4배, GE사 약 4.8배, SAMSUNG사 약 22배, DK사 약 88배의 차이를 보였다. 또한 평균 CNR이 가장 우수한 제조사는 DK 사였다. DK 사 영상검출기의 Matrix 크기는 3,072 \times 3,072로 4개 제조사 중 가장 컸으며 픽셀의 크기는 140 μm 로 SAMSUNG 사와 함께 가장 작았지만 Matrix 크기가 상대적으로 컸기 때문에 CNR이 가장 우수한 것으로 판단된다. 모든 AEC 조절 인자에서 가장 높은 CNR은 SAMSUNG 사의 90 kVp, 민감도 'Slow', 농도 4.0(최댓값)에서 8.0이었고, 가장 낮은 CNR은 PHILIPS사의 70 kVp, 민감도 200, 농도 2.5(최댓값)에서 4.2로 두 제조사 간 약 1.9배의 차이를 보였다. 제조사별로 CNR 차이는 PHILIPS사 약 1.8배, GE사 약 2.7배, SAMSUNG사 약 4.7배, DK사 약 2.3배의 차이를 보였다. 이러한 결과는 제조사 간 AEC의 성능 차이뿐만 아니라 동일 제조사 내 제품의 AEC 조절인자 설정에 따라 성능 차이가 있음을 동전 팬텀으로 실증적으로 비교한 세계 최초의 연구성과라고 할 수 있다. 본 연구에서는 제시한 AEC 성능 평가법은 성-임 평가법(Seung-Lim; S-L Method)이라고 명명하기로 한다. 향후 이 S-L 평가법은 범용적인 AEC 정도 관리 기술로 활용할 수 있으리라 기대한다.

연구의 제한점으로는 제조사별 일개 장비를 대상으로 실험한 점과 표준 선질보다는 임상 장비의 선질을 그대로 사용한 점이다. 또한, 본 연구에서는 정중앙 일개의 이온전리조만을 활성화하여 실험한 제한점을 가지고 있다. 앞으로 영상 품질 평가항목인 선예도와 해상력의 추가적인 연구와 동전 사이 공간의 1차선 흡수에 대한 평가가 요구된다.

V. 결론

본 연구에서는 동전을 이용한 S-L 평가법으로 제조사별 디지털 방사선 영상 시스템의 AEC의 성능을 분석하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 첫째, 제조사 간의 AEC 성능은 유의한 차이가 있었다.
- 둘째, 제조사별 AEC에 의한 CNR은 최대 약 1.9배의 차이를 보였다.
- 셋째, 제조사별 AEC에 의한 노출 관전류량은 최대 약 5.8배의 차이를 보였다.
- 넷째, 동전을 이용한 S-L 평가법은 향후 범용적인 AEC 영상 품질 정도 관리법으로 적용할 수 있으리라 기대한다.

REFERENCES

- [1] Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt Jr. EM, Boone JM. The Essential Physics of Medical Imaging, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
- [2] Seibert JA. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residentents. Imaging & Therapeutic Technology. 1997;17(6):1533-57.
- [3] Bushong SC. Radiologic science for technologists: Physics, biology, and protection, 10th ed. St. Louis, MO. Elsevier-Mosby; 2013.
- [4] 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. The Korean Society of Radiology. 2020;14(5):635-42.
- [5] Jung JS, Choi BW, Kim SH, Kim YM, Shim JN, Ahn HS, et al. Effect of Automacit Exposure Control Marker with Chest Radiography in Radiation Reduction. Korean Society of Radiological Science. 2014;37(3):170-85.
- [6] Jeong MG, Seoung YH. Effects of Exposure Dose Reduction by Optimization of Automatic Exposure Control Factors in Digital Radiographic Examination of Paranasal Sinus. Journal of the Korean Society of Radiological Science. 2021;44(3):173-81.
- [7] Choi SS, Lim CH, Jeong SH. A Study on the Using of Automatic Exposure Control in the Chest Radiography. Journal of the Korean Society of Radiological Science. 2019;42(1):19-24.
- [8] Yoon SH, Choi JG, Han DK. The Influence of the Change of Patient Radiation Exposure Dose Distribution on the Grid Condition and Detector Acquisition Dose on the Exposure Distance in the Use of Amorphous Silicon Thin Film Transistor Detector with AEC. Journal of the Korean Society for Digital Imaging in Medicine. 2007;9(2):23-30.
- [9] Park HS, Kim MS, Jeong HM, Lee JW. A Study on the Optimization of Image Quality and Dose in Chest PA Digital Radiography. The Korean Society of Radiology. 2017;11(1):55-61.
- [10] 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.
- [11] Lim SH, Seoung YH. Correlation Analysis of Control Factors in Automatic Exposure Control of Digital Radiography System Based on Fine Contrast Images. Journal of the Korean Society of Radiological Science. 2021;44(1):1-8.
- [12] Majoor JEA, Vermeer KA, Andrinopoulou ER, Lemij HG. Contrast-to-Noise Ratios for Assessing the Detection of Progression in the Various Stages of Glaucoma. Transl Vis Sci Tech. 2019;8(3):1-12.
- [13] Rossi RP, Lin PJP, Rauch PL, Strauss KJ. Report of the Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group on Performance Specifications and Acceptance Testing for X-Ray Generators and Automatic Exposure Control Devices. AAPM REPORT No. 14; 1985.
- [14] Dobbins JT, Samei E, Chotas HG. Chest radiography: Optimization of x-ray spectrum for cesium iodide-amorphous silicon flat-panel detector. Radiology. 2003;226(1):221-30.
- [15] Seoung YH, Lim JD. A Study on Reducing of Entrance Surface Dose with the Eye in the Computed Radiography by Using High Kilo Voltage Peak Technique. Journal of the Korea Safety Management & Science. 2011;13(2):91-6.

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