

Effect of Human Implantable Medical Devices on Dose and Image Quality during Chest Radiography using Automatic Exposure Control

Kang-Min Lee^{1,2,*}

¹Department of Radiology, Korea University Anam Hospital

²Department of Medical Physics, Korea University Graduate School of Convergence Science

Received: April 22, 2024. Revised: June 20, 2024. Accepted: June 30, 2024.

ABSTRACT

In this study, we applied AEC(Auto Exposure Control), which is used in many chest examinations, to evaluate whether medical devices inserted into the body affect the dose and image quality of chest images. After attaching three HIMD(Human implantable medical devices) to the ion chamber, the Monte Carlo methodology-based program PCXMC(PC Program for X-ray Monte Carlo) 2.0 was applied to measure the effective dose by inputting the DAP(Dose Ares Product) value derived from the Pacemaker and CRT and Chemoport Additionally, to evaluate image quality, we set three regions of interest and one noise region on the chest and measured SNR and CNR. The final study results showed significant differences in DAP and Effective dose. There was a significant difference between Pacemaker and CRT when AEC was applied and not applied. ($p < 0.05$) When applied, the dose increased by 37% for Pacemaekr and 52% for CRT. Chemoport showed a 10% increase in effective dose depending on whether AEC was applied, but there was no significant difference. ($p > 0.05$) In the image quality evaluation, there was no significant difference in image quality between all HIMD insertions and AEC applied or not. ($p > 0.05$) Therefore, when the HIMD was inserted into the chest during a chest x ray and overlapped with the ion chamber sensor, the effective dose increased, and there was no difference in image quality even at a low dose without AEC. Therefore, when performing a chest X-ray examination of a patient with a HIMD inserted, it is considered that performing the examination without applying AEC is a method that can be considered to reduce the patient's radiation exposure.

KeyWords: AEC(Auto Exposure Control), Chest Radiography, HIMD(Human implantable medical devices), Monte-Carlo Simulation, SNR(Signal to Noise Ratio), CNR(Contrast to Noise Ratio)

I. INTRODUCTION

최근 의료 방사선 검사 빈도의 증가는 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 증가 추세를 보이고 있다. 의료 영역에서 방사선 검사가 빈번해지면서 방사선 피폭 선량의 증가와 함께 방사선 노출의 위험과 부작용에 대한 일반인들의 관심과 우려가 함께 증가하고 있다^[1]. 모든 의료 피폭은 직무 피폭과 마찬가지로 정당화되어야 하며, 최적화의 원칙에 따라 방사선 방호 최적화(ALARA; As Low As Reason

ably Achievable)를 확보하여야 한다. ALARA라 함은 정당화의 원칙과 관련하여 개인의 방사선 피폭, 피폭자의 수, 개인 및 집단의 잠재적 피폭 가능성은 경제적, 사회적 인자들을 고려하여 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지되어야 한다는 것이다^[2]. 의료영역에서 가장 빈번하게 행해지는 방사선 검사 중 흉부 방사선 검사(CXR; Chest X-Ray)는 X선 진단 검사로서 폐결핵, 폐수종, 무기폐, 폐렴, 진폐, 공기가슴증 등 다양한 폐질환 외에 흉수, 흉막염, 흉막 유착 및 비후 등의 진단에 이용된다. 그뿐

* Corresponding Author: Kang Min Lee

E-mail: kumc20132@gmail.com

Tel: +82-2-920-5581

만 아니라 건강 검진 선별검사, 수술 전후 추적검사, 병원 입원 시 감염병 예방 등, 임상에서의 검사 빈도는 나날이 증가하고 있어 전체 방사선 검사의 30~60%를 차지하는 가장 횡수가 많은 검사로 알려져 있다^[3]. X선을 이용한 검사의 경우 나이와 체형에 따른 방사선 검사 조건을 설정해야 하며 적정 검사 조건 설정을 위해서는 피사체의 검사 부위에 따른 두께 및 X선 흡수 정도를 파악해야 한다. 그러나 현실적으로 불가능하므로 이를 보완하고자 1942년 Morgan에 의해 소개된 자동노출제어시스템(AEC; Automatic exposure control)를 사용하게 되었다. AEC는 이온 전리조(Ion chamber)를 이용하여 영상의 농도에 필요한 적정한 방사선량이 자동으로 조사될 수 있도록 해주는 제어장치로서 X선 검사 중 흉부 검사에 가장 많이 적용되는 기능이다. 그러나 AEC는 금속성 물질이 체내에 삽입된 경우와 환자의 체형과 자세로 인해 무조건 신뢰할 수 있는 것은 아니다^[4,5]. 오늘날 의료 기술이 발달하면서 체내에 30일 이상 연속적으로 유지되는 것을 목적으로 신체 기능 일부를 대체 보조하거나 의약품 등을 주입하는 인체 이식형 의료기기(HIMD; Human implantable medical devices) 시술 환자가 증가하고 있다^[6]. 이처럼 HIMD 시술을 한 환자들은 시술 후 혹은 F/U으로 흉부 방사선 검사를 통해 삽입한 이식형 의료기기의 위치 및 정보를 확인하게 된다. 본원에서 흉부 X-Ray 검사 시 주로 관찰되었던 인체 이식형 의료기기는 공기가슴증 치료를 위한 흉부 삽입관(Chest Tube), 경정맥을 통한 삽입관(Jugular Cath), 비위관(Levin Tube), 기관내 삽입관(Endotracheal Tube), 부정맥 치료를 위한 인공심장박동기(PM; Pacemaker), 심부전 치료를 위한 심장 재동기화 치료기(CRT; Cardiac Resynchronization Therapy), 항암요법을 위한 케모포트(CP; Chemoport)가 있었으며 선행 실험을 통해 관찰되었던 HIMD 중에서 Pacemaker, CRT, Chemoport 만 AEC와 반응하여 선량 변화가 관찰되어 선행 실험을 기반으로 본 연구를 진행하였다. 이러한 HIMD의 재질은 원자번호가 높고 X선 흡수율이 높아 흉부 방사선 영상에서 골조직과 비슷하게 방사선 불투과성으로 표현되는 것을 확인할 수 있었으며 HIMD 재질의 금속과 AEC가 반응하여 환자에게 과도한 선량이 전달될 수

있다. 그러나 금속성 재질인데도 불구하고 흉부 검사 시에 속옷이나 단추 등의 탈의만 하고 좌, 우 폐 부위에 위치한 HIMD는 고려하지 않은 채 AEC를 적용하여 일률적으로 검사하고 있을 가능성이 높다고 생각되었다. 또한 선행 논문에서 이창미 외^[7]는 CT (Computed Tomography) 검사의 경우 ‘Chest CT 검사에서 자동노출조절기능(AEC) 사용 시 이물질이 있는 Topogram이 선량에 미치는 영향에 관한 연구’에서 금속성 이물질이 있는 경우 AEC에서 선량이 증가한다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 체형과 X선 흡수 정도를 고려하여 최적의 선량을 조사한다는 AEC의 사용이 환자에게 오랜 기간 지속적으로 과도한 선량을 전달하는 것에 대해 선량 저감화 연구의 필요성을 느끼고 X선 검사 중 큰 비중을 차지하는 흉부 검사 시 AEC 적용 유무에 따라 이온 전리조 센서에 Pacemaker, CRT, Chemoport가 겹쳤을 때의 선량과 화질에 어떠한 변화와 영향이 있는지 알아보려고 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 검사 장비 및 연구 재료

본원의 제조사와 모델이 다른 디지털 X선 발생장치 AccE GC85A(Samsung Healthcare, Korea) 검·교정일: 2023.06.26. Digital Diagnost Eleva(Philips, Netherlands) 검·교정일: 2023.12.28. DRX-Compass(Carestream, USA) 검·교정일: 2023.06.27 총 3대를 사용하였다. 선량 측정용 Phantom은 인체모형의 Alderson Radiation Therapy Female Rando Phantom(Radiation Management Service, Fluke Biomedical, USA)을 사용하였다. HIMD는 인공심장박동기 Pacemaker(EnPulse™, E2DR03, Medtronic Inc, Minneapolis, MN, USA), 심장 재동기화 치료기 CRT(CRT-D SureScan™, DTMA2Q1, Medtronic Inc, Minneapolis, MN, USA), 케모포트(InPORT™, InPORT, MEDIUHS Inc, Korea)를 사용하였으며 Fig. 1 과 같다.



Fig. 1. Materials used in experimental research.

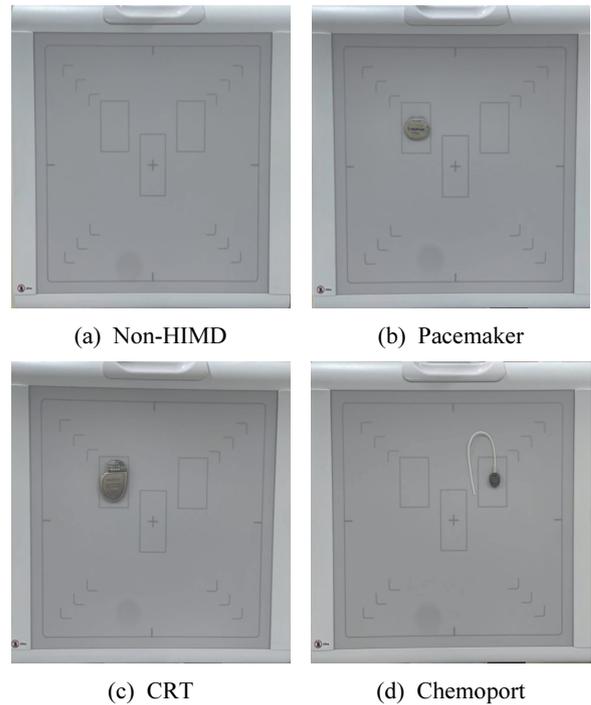


Fig. 2. Dose experiment with HIMD attached to ion chamber sensor.

2. 실험 방법

2.1. 디지털 X선 장치 별 면적선량 평가 방법

AEC 적용 유무에 따라 Phantom에 HIMD를 미부착한 Non-HIMD, HIMD를 부착한 Pacemaker, CRT, Chemoport 4가지의 실험을 하였으며 주 시술 부위와 같은 곳에 HIMD를 위치시키기 위하여 Pacemaker, CRT는 Wall Detector의 왼쪽 이온 전리조 센서에 부착하였고 Chemoport는 오른쪽 이온 전리조 센서에 부착한 후 검사하고 장비에서 제공하는 DAP값을 측정하였으며 과정은 Fig. 2, Fig. 3과 같다. AEC를 양측 상단 2개를 적용하여 장비에서 제공하는 면적선량(Dose Area Product, DAP) 값을 측정하였으며, 선행 논문 이진수 외^[2]의 ‘디지털 흉부 영상에서 자동노출제어 및 감도 변화를 이용한 영상 품질의 정량적 평가’에서 상단 2개의 이온 전리조 조합을 사용하는 것이 피폭선량을 최소화하면서 최적의 화질을 가진 영상을 획득할 수 있다고 한 것을 참고하였다. 각 장비를 A, B, C로 명명하고 각각 흉부 후전방향(Chest PA; Chest Posterior-Anterior) 방법으로 영상 검출기로는 Stand wall detector를 사용하여 검사하였으며 조건은 Table 1과 같다.

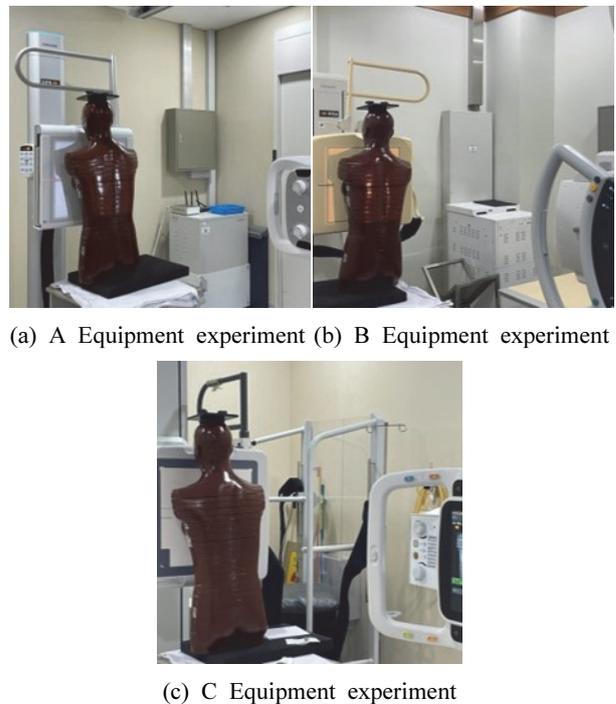


Fig. 3. Phantom application position for dose experiment.

Table 1. Parameter using Automatic Exposure Control mode for x-ray examinations

Parameter	A	B	C
Tube voltage (kVp)	120	120	120
AEC (Use/Not use)	Use	Use	Use
SID (cm)	180	180	180
Grid	12:1	12:1	12:1
Collimator size (inch)	17x17	17x17	17x17

SID: Source to Image receptor Distance

2.2. PCXMC 2.0을 이용한 유효선량 평가 방법

PCXMC 2.0 프로그램은 일반 방사선 촬영 시 환자의 장기선량 및 유효선량(Effective Dose)을 계산하기 위해서 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 컴퓨터 프로그램으로서 1988년 Servomaa and Tapiovara에 의해 개발되었다⁸⁾. 프로그램은 검사 범위가 지정되면 29개의 인체 기관과 조직을 대상으로 계산되며 X선과 물질과의 상호작용에 대한 확률적 시뮬레이션을 기반으로 계산된다. 유효선량 계산은 ICRP Publication 103(2007)의 조직 가중치와 ICRP Publication 60(1991)의 조직 가중치를 모두 사용하여 계산한다^{9,10)}. 본 연구의 몬테카를로 시뮬레이션에 적용된 정보는 Phantom data(178.6 cm, 73.2 kg), Simulation 광자수 10,000개, 장비 별 Tube anode angle A: 12°, B: 13°, C: 14°, Filter 0.1 Cu + 1 Al mm를 사용하여 장비 별 획득된 DAP 값을 입력하여 유효선량을 계산하였다.

2.3. Image J을 이용한 SNR, CNR 화질 평가 방법

유효선량 평가에서 AEC 적용 시 선량이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, AEC 미적용 시 영상과 비교하기 위하여 장비 별 AEC를 적용하였을 때 측정되었던 가장 낮은 mAs를 적용하여 Manual Mode에서 Non-HIMD, Pacemaker, CRT, Chemoport 부착 후 영상을 획득하였으며 검사 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Inspection conditions applied when evaluating image quality

Parameter	A	B	C
Tube voltage(kVp)	120	120	120
AEC(Use/Not use)	Not use	Not use	Not use
Tube current(mAs)	2.8	2.9	2.9
SID(cm)	180	180	180
Grid	12:1	12:1	12:1
Collimator size(inch)	17x17	17x17	17x17

AEC 적용 시 선량 변화에 의한 영상의 화질을 정량적으로 평가를 하기 위해 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 형식의 파일로 획득한 후 image processing software(Image J version 1.43u, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) 사용하였다. 검사한 영상에 신호대잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio)와 대조도대잡음비(CNR; Contrast to Noise Ratio)를 측정하였으며, 이때 관심 영역 ROI(Region of Interest)를 Phantom 영상에서 오른쪽 횡격막 각(Rt costophrenic angle), 왼쪽 심저부(Left heart base), 오른쪽 폐야(Rt lung field) 3곳 신호(Signal)로 설정하고 왼쪽 상단을 잡음(Noise)으로 설정하였으며 Fig. 4 과 같다.

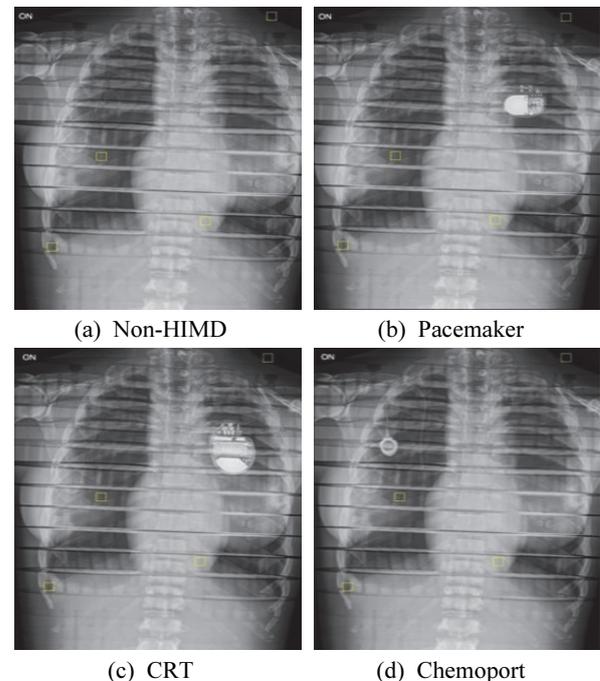


Fig. 4. SNR, CNR measurement using Image j program.

(1) SNR 측정

SNR은 측정된 Lesion SI를 Background Noise SD로 나누어 계산하였으며 Eq. (1)을 사용하였다.

$$SNR = \frac{Lesion\ SI}{Background\ Noise\ SD} \quad (1)$$

(2) CNR 측정

CNR은 Lesion SI와 Surrounding Tissues SI의 차를 Background Noise SD로 나누어 계산하였으며 Eq. (2)을 사용하였다.

$$CNR = \frac{Lesion\ SI - Surrounding\ Tissue\ SI}{Background\ Noise\ SD} \quad (2)$$

3. 데이터 분석 및 통계

SPSS(version 21.0, SPSS Inc Chicago, IL, USA) 통계 패키지 프로그램을 사용하여 신뢰구간 95%에서 그룹 간 유의성을 검증하였다. AEC 적용한 그룹의 영상과 적용하지 않은 그룹의 영상으로 분류하였으며 총 여덟 그룹(AEC Use Group: Non HIMD, PM, CRT, Chemo), (AEC Not use Group: Non HIMD, PM, CRT, Chemo)를 설정하고 일원배치 분산분석(One-Way Anova test)을 시행하였고 사후검정으로 Tukey test를 시행하였다.

III. RESULT

1. 선량평가 결과

1.1. AEC 적용 유무에 따른 DAP 평가

실험장비에서 제공하는 DAP 값을 측정하였으며 결과는 Table 3 과 같다. 실험장비의 평균 DAP 값은 AEC 적용 시 Non-HIMD: 209 ± 13 mGy·cm², PM: 339 ± 12 mGy·cm², CRT: 492 ± 41 mGy·cm², Chemo: 255 ± 20 mGy·cm² 로 측정되었으며, AEC 미적용 시 Non-HIMD: 184 ± 24 mGy·cm², PM: 212 ± 6 mGy·cm², CRT: 234 ± 7 mGy·cm², Chemo: 225 ± 11 mGy·cm² 로 측정되었으며 Fig.5과 같다. DAP 값은 AEC 적용과

미적용 시 그룹 간 비교 결과 PM과 CRT에서 p>0.05 유의한 차이를 보였다. 나머지 Non-HIMD와 Chemo에서는 (p = 0.094, 0.081)로 유의한 차이를 보이지 않았다.

1.2. AEC 적용 유무에 따른 유효선량 평가

영상에서 얻은 DAP 값을 통해 PCXMC 2.0에서 유효선량을 얻었으며 ICRP 103에서 제공하는 조직하중계수를 통해 유효선량을 계산하였으며 결과는 Table 4 과 같다. 실험장비의 평균 유효선량은 AEC 적용 시 Non-HIMD: 0.037 ± 0.002 mSv, PM: 0.061 ± 0.002mSv, CRT: 0.089 ± 0.007 mSv, Chemo: 0.046 ± 0.003 mSv 로 측정되었으며, AEC 미적용 시 Non-HIMD: 0.033 ± 0.004 mSv, PM: 0.038 ± 0.001 mSv, CRT: 0.042 ± 0.001mSv, Chemo: 0.041 ± 0.002 mSv 로 측정되었으며 Fig.6 과 같다. 유효선량을 AEC 적용과 미적용 시 그룹 간 비교 결과 PM과 CRT에서 p>0.05 유의한 차이를 보였다. 나머지 Non-HIMD와 Chemo에서는 (p = 0.082, 0.089)로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 3. DAP value results depending on whether AEC is applied or not (Unit : mGy·cm²)

AEC	DAP					
	A Equipment		B Equipment		C Equipment	
	Use	Not use	Use	Not use	Use	Not use
Non	191	162	211	174	225	218
PM	341	220	323	204	354	214
CRT	488	226	444	234	546	244
Chemo	226	220	274	241	265	214

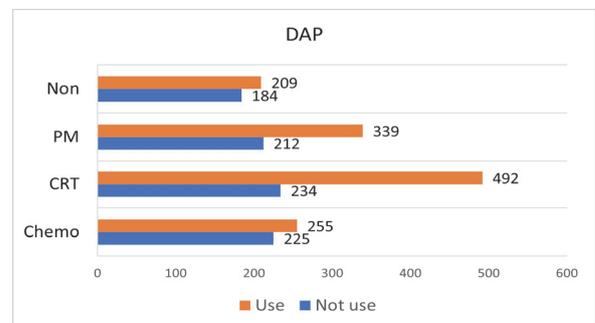


Fig. 5. Average DAP measurement value of experimental equipment.

Table 4. Effective dose measurement results depending on whether AEC is applied or not (Unit : mSv)

AEC	Effective Dose					
	A Equipment		B Equipment		C Equipment	
	Use	Not use	Use	Not use	Use	Not use
Non	0.034	0.029	0.038	0.031	0.041	0.039
PM	0.062	0.040	0.059	0.037	0.064	0.039
CRT	0.089	0.041	0.081	0.042	0.099	0.044
Chemo	0.041	0.040	0.050	0.044	0.048	0.039

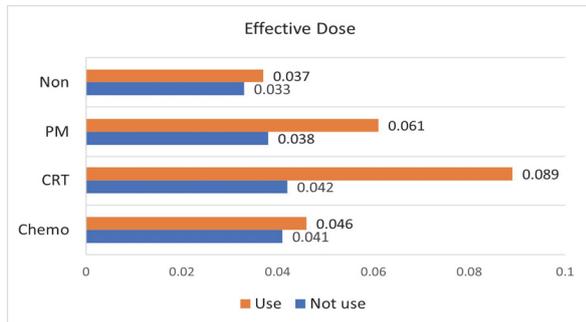


Fig. 6. Average Effective Dose measurement value of experimental equipment

2. 화질평가 결과

2.1. AEC 적용 유무에 따른 SNR, CNR 결과

AEC 적용과 미적용에 따른 그룹 간 실험에 대한 화질평가 SNR 결과는 Table 5 과 같다. AEC 적용 시 Non-HIMD: 8.6 ± 0.5 , PM: 8.6 ± 0.3 , CRT: 8.9 ± 0.6 , Chemo: 8.4 ± 0.2 로 측정되었으며, AEC 미적용 시 Non-HIMD: 8.6 ± 0.3 , PM: 8.8 ± 0.4 , CRT: 9.2 ± 0.4 , Chemo: 8.8 ± 0.4 로 측정되었으며 Fig.7 과 같다. SNR은 AEC 적용과 미적용 시 Non-HIMD, PM, CRT, Chemo로 통계적으로 서로 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. ($p = 1.0, 1.0, 0.099, 0.098$)

Table 5. SNR measurement results depending on whether AEC is applied or not

AEC	SNR					
	A Equipment		B Equipment		C Equipment	
	Use	Not use	Use	Not use	Use	Not use
Non	8.18	8.26	9.42	9.13	8.20	8.66
PM	8.46	8.77	9.13	9.42	8.28	8.35
CRT	8.58	8.89	9.83	9.83	8.35	8.91
Chemo	8.44	8.78	8.76	9.32	8.11	8.28

AEC 적용과 미적용에 따른 그룹 간 실험에 대한 화질평가 CNR 결과는 Table 6 과 같다. AEC 적용 시 Non-HIMD: 8.5 ± 0.5 , PM: 8.5 ± 0.3 , CRT: 8.6 ± 0.5 , Chemo: 8.3 ± 0.2 로 측정되었으며, AEC 미적용 시 Non-HIMD: 8.1 ± 0.1 , PM: 8.3 ± 0.1 , CRT: 8.4 ± 0.2 , Chemo: 8.2 ± 0.1 로 측정되었으며 Fig.8 과 같다. CNR은 AEC 적용과 미적용 시 Non-HIMD, PM, CRT, Chemo로 통계적으로 서로 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. ($p = 0.096, 0.099, 0.099, 1.0$)

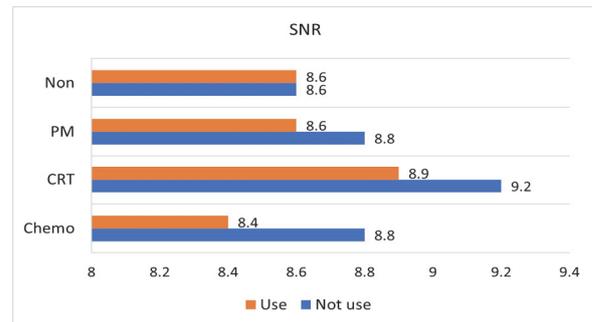


Fig. 7. Average SNR measurement value of experimental equipment.

Table 6. CNR measurement results depending on whether AEC is applied or not

AEC	CNR					
	A Equipment		B Equipment		C Equipment	
	Use	Not use	Use	Not use	Use	Not use
Non	8.21	8.08	9.4	8.40	8.06	8.06
PM	8.11	8.42	9.33	8.43	8.28	8.18
CRT	8.42	8.77	9.48	8.44	8.18	8.20
Chemo	8.21	8.21	8.68	8.38	8.2	8.06

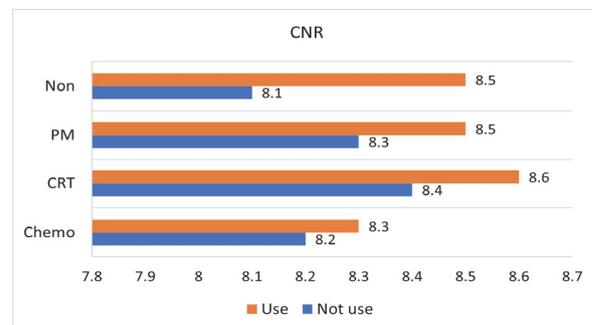


Fig. 8. Average CNR measurement value of experimental equipment.

IV. DISCUSSION

디지털 영상의 발전은 아날로그 영상에 비해 방사선 선량을 줄일 수 있을 것이라 예상하였지만 오히려 환자의 피폭선량은 증가하였다^[11,12]. 그럼에도 불구하고 다양한 연구를 통해 디지털 환경에서 환자의 선량을 줄이면서 적절한 농도의 영상을 얻기 위한 노력이 계속되었다^[13-15]. 본 논문에서는 환자가 금속성 재질의 이식형 의료기기 시술 후 흉부 방사선 검사 시 피폭선량을 줄이는 데 사용되고 있는 AEC 적용이 과연 적절한지에 대한 의문점을 갖고 고찰해 보았다. 최종 연구의 결과는 제조사와 모델이 다른 디지털 X선 발생장치를 이용한 인체 이식형 의료기기의 AEC 적용과 미적용 그룹별 비교 실험에서 Non-HIMD, Chemoport는 그룹 간 10%의 유효선량 차이가 존재하였으나 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 정량적인 화질 평가에서도 유의미한 차이가 보이지 않았다. 그러나 Pacemaker와 CRT는 AEC 적용과 미적용 그룹별 비교에서 유효선량의 유의한 차이가 있었다. AEC를 적용하였을 때 Pacemaker는 37%, CRT는 52% 만큼 유효선량이 증가하는 걸 알 수 있었으며, 정량적인 화질 평가에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 또한 선행 실험에서 유효선량 변화가 있어 유의미한 차이가 있을 것으로 생각했던 Chemoport는 통계적으로 유의미한 차이가 없었으며 Pacemaker, CRT보다 상대적으로 부피 및 형태가 전체적인 금속 재질이 아닌 부분적 금속 재질의 이식형 의료기기라 선량은 증가하였지만, 유의미한 차이가 없었을 것이라 생각된다. 또한 AEC 적용 시 Pacemaker보다 유효선량이 48% 증가를 한 CRT는 Pacemaker 케이스 부피 (Height 51 mm, Width 42 mm, Depth 8 mm), 무게(21 g) 보다 상대적으로 금속재질의 케이스 부피 (Height 74 mm, Width 51 mm, Depth 13 mm), 무게(80 g) 가 높아 선량이 많이 흡수되었을 거라 생각된다. AEC 적용 시 3가지 HIMD를 부착한 실험에서 모두 Non-HIMD 보다 유효선량이 증가되었으며 원자력 안전법에서 정한 연간 일반인의 선량한도 1mSv와 비교해 본다면 미미한 결과라고 볼 수 있지만 방사선 방어 최적화의 원칙에 따라 AEC 미적용이 환자 피폭선량 저감화에 도움이 될 것이다. Pacemaker, C

RT, Chemoport 등의 인체 이식형 의료기기의 시술 후 흉부 검사 시 정확한 진단 정보를 제공하지만, 재질의 특성상 AEC 적용한 상태에서 검사 시 환자의 선량 증가의 원인으로 작용하는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 이에 추후 HIMD 시술 환자의 정보를 검사자가 미리 알 수 있는 병원 정보 시스템의 개발과 이와 관련된 다양한 장비와의 연동으로 이어지는 활동들, 그리고 무엇보다도 방사선사들의 관심과 노력이 이러한 연구와 함께 한다면 의료 피폭 선량 저감화에 이바지 할 수 있을 것이다. 본 연구의 한계점은 팬텀 연구로 인하여 개개인의 신체적 특성이 고려되지 않아 실제 환자가 받는 유효선량의 차이가 있을 것이며, 정성적 평가가 이루어지지 않아 임상적 유의성에 대한 부분은 부족하다. 또한 본원에서 가장 일반적으로 사용되는 Pacemaker, CRT, Chemoport를 사용하여 실험하였으며 회사별 인체 이식형 의료기기의 형태와 크기, 무게가 다를 것이라 생각한다. 그러나 이식형 의료기기 대부분 비슷한 재질로 사용되며 이식 여부에 따른 선량 증가분을 확인하여 충분히 의미 있는 연구라고 생각된다.

V. CONCLUSIONS

본 연구를 통해 AEC 적용 후 HIMD가 삽입된 환자의 흉부 X-ray 검사 시 유효선량이 증가하며, AEC 적용 유무에 따른 낮은 선량에도 흉부 영상의 품질 차이는 없음을 알 수 있었다. 이는 HIMD가 삽입된 환자의 흉부 검사 시 AEC 미사용이 환자의 선량을 낮추는 타당성을 확인한 것이며 과피폭을 주의하고 피폭 저감화를 위한 다양한 방법을 모색하여야 한다.

Reference

- [1] S. E. Jung, K. P. Kim, K. H. Do, J. Y. Lee, J. M. Kim, "Research for National Medical Radiation Exposure Reduction Infrastructure. Ministry of Food and Drug Safety. 2012.
- [2] 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.

- <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.08.275>
- [3] Y. C. Joo, D. H. Hong, B. H. Han, "A Study on New Shielding Method for Minimizing Thyroid Organ Dose on Chest Radiography Used Automatic Exposure Control", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 43, No. 5, pp. 323-329, 2020. <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.5.323>
- [4] G. Ullman, M. Sandborg, D. R. Dance, R. Hunt, G. A. Carlsson, "The influence of patient thickness and imaging system on patient dose and physical image quality in chest image", *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 114, No. 1-3, pp. 294-297, 2005. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch542>
- [5] J. S. Jung, B. W. Choi, S. H. Kim, Y. M. Kim, J. N. Shim, H. S. Ahn, J. S. Lim, D. E. Jin, S. H. Kang, "Effect of Automatic Exposure Control Marker with Chest Radiography in Radiation Reduction", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 37, No. 3, pp. 177-85, 2014.
- [6] https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/down.do?brd_id=data0005&seq=8033&data_tp=A&file_seq=1
- [7] C. M. Lee, W. Kim, S. J. Lee, T. M. Lee, M. H. Cho, "A Study on The Influence of Radiation Dose with Foreign Object of Topogram: using the Auto Exposure Control in the chest CT", *Journal of Korean Society of Computed Tomographic Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 151-157, 2013.
- [8] D. U Seong, "A study on patient dose history management in the field of radiology", *Ministry of Food and Drug Safety research report*, Vol. 111, No. 72, pp. 852, 2013.
- [9] ICRP, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", *International Commission on Radiological Protection*, Vol. 21, No. 1-3, pp. 1-201, 1991.
- [10] ICRP, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103", *International Commission on Radiological Protection*, Vol. 37, No. 2-4, pp. 1-332, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.10.003>
- [11] M. B. Williams, E. A. Krupinski, K. J. Strauss, W. K. Breeden, M. S. Rzeszutarski, K. Applegate, M. Wyatt, S. Bjork, J. A. Seibert, "Digital Radiography Image Quality: Image Acquisition", *Journal Of The American College Of Radiology*, Vol. 4, No. 6, pp. 371-388, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2007.02.002>
- [12] J. A. Seibert, "Digital radiography: image quality and radiation dose", *Health Physics: the radiation safety journal*, Vol. 95, No. 5, pp. 586-598, 2008. <http://dx.doi.org/10.1097/01.HP.0000326338.14198.a2>
- [13] W. P. Hosch, C. Fink, B. Radeleff, A. Kampschulte, G. W. Kauffmann, J. Hansmann, "Radiation Dose Reduction in Chest Radiography using a Flat-Panel Amorphous Silicon Detector", *Clinical Radiology*, Vol. 57, No. 10, pp. 902-907, 2002. <http://dx.doi.org/10.1053/crad.2002.0995>
- [14] O. W. Hamer, C. B. Sirlin, M. Strotzer, I. Borisch, N. Zorger, S. Feuerbach, M. Völk, "Chest radiography with a flat-panel detector: image quality with dose reduction after copper filtration", *Radiology*, Vol. 237, No. 2, pp. 691-700, 2005. <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2372041738>
- [15] Z. Sun, C. Lin, Y. S. Tyan, K. H. Ng, "Optimization of chest radiographic imaging parameters: a comparison of image quality and entrance skin dose for digital chest radiography systems", *Clinical Imaging*, Vol. 36, No. 4, pp. 279-286, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinimag.2011.09.006>

자동노출제어를 적용한 흉부 방사선 검사 시 인체 이식형 의료기기가 선량과 화질에 미치는 영향

이강민^{1,2,*}

¹고려대학교 안암병원 영상의학과

²고려대학교 융합과학대학원 의학물리학과

요약

본 연구는 자동노출제어 흉부 방사선 검사 시 신체 기능 일부를 대체 보조하거나 의약품 등을 주입하는 인체 이식형 의료기기가 흉부 영상의 선량과 화질에 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 제조회사와 모델이 다른 3대의 디지털 X선 발생장치와 인체모형 팬텀을 사용하여 흉부 검사와 동일한 방법으로 위치잡이를 선정 후 선행 연구에서 선량의 변화가 관찰된 인공심장박동기(Pacemaker), 심장 재동기화 치료기(CRT), 케모포트(Chemoport) 3개의 HIMD(Human Implantable Medical Device)를 상단 이온전리조센서에 부착한 후 Monte Carlo 방법론 기반의 프로그램 PCXMC 2.0을 사용하여 실험에서 도출된 DAP(Dose Area Product) 값을 입력하여 유효선량을 측정하였다. 또한 흉부 영상의 화질 평가를 하기 위해 가슴 부위에 관심 영역 3곳과 잡음영역 1곳을 설정하고 신호대잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio), 대조도대잡음비(CNR; Contrast to Noise Ratio)를 측정하였다. 연구 결과는 유효선량의 유의미한 차이를 보여주었으며 AEC 적용과 미적용 그룹을 비교하였을 때 Pacemaker와 CRT는 유의한 차이가 있었다. ($p < 0.05$) AEC 적용 시 Pacemaker에서 37%, CRT에서 52% 유효선량이 증가하였다. Chemoport는 유효선량의 10% 차이는 있었지만, 유의미한 차이를 보이지 않았다. ($p > 0.05$) 영상 품질 평가에서는 모든 HIMD 삽입과 AEC 적용 유무에 따른 SNR, CNR의 유의미한 차이를 보이지 않았다. ($p > 0.05$) 최종 결론은 AEC 적용 후 HIMD가 삽입된 환자의 흉부 X-ray 검사 시 유효선량이 증가하였으며 AEC 적용 유무에 따른 흉부 영상의 품질 차이는 없음을 알 수 있었다. 이는 HIMD가 삽입된 환자의 흉부 검사 시 AEC 미사용이 환자의 선량을 낮추는 타당성을 확인한 것이며 과피폭을 주의하고 피폭 저감화를 위한 다양한 방법을 모색하여야 한다.

중심단어: 자동노출제어, 흉부 방사선, 인체 이식형 의료기기, 몬테카를로 시뮬레이션, 신호대잡음비, 대조도대잡음비

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	이강민	고려대학교 안암병원 영상의학과 고려대학교 융합과학대학원 의학물리학과	방사선사 석사과정