

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.3.819>

JCCT 2024-5-91

## 산란선 증폭시 차폐체 유무에 따른 선량 분석

### Analyze dosimetry with and without shielding when amplifying scattered rays

조창호\*, 김정래\*\*

Chang Ho Cho\*, Jeong Lae Kim\*\*

**요약** 진단용방사선발생장치를 사용함에 있어서 선량데이터를 기록하는 이유는 의료진 및 환자의 피폭선량을 기록하고 관리하기 위함이다. 진단용방사선발생장치를 사용함에 있어서 방사선량의 차이를 검증하고 위험성과 차폐체 착용의 유무의 상황에서 피폭선량에 대한 측정과 분석을 통해 사용자의 피폭선량 경감에 대한 인식을 알리고자 하였다. 에스레이튜브와 II튜브에 따라 구분하여 장비를 한국 C-arm 2대, 독일 C-arm 2대장비를 대상으로 각 장비별 선량 분석결과 한국 FPD type C-arm 이 가장 높은 선량값이 측정되었고, 독일 I.I type C-arm, 독일 FPD type C-arm, 한국, I.I type C-arm 순서로 피폭선량값이 측정되었다. 차폐체 유무에 따른 피폭선량 분석결과 일반적인 대기상태에 인체팬텀을 놓고 측정결과 산란선에 의해 피폭선량이 약 2배 증가하였으나 차폐체(0.5mm/납알치마)를 착용하니 약 5배의 피폭선량 감소하는 결과가 나타났다. 피폭선량과 차폐체를 통해 피폭선량의 관리가 중요한 역할을 하며 방사선 피폭을 줄이는 방법을 유추할 수 있다. 또한, 장비마다 출력되는 피폭선량이 다른 특성을 갖고 있으므로 차폐체를 유무를 선별하는데 선량정보로 제공을 할 것으로 기대 한다.

**주요어** : 진단용방사선발생장치, 차폐체, 피폭선량, 방사선량, C-arm

**Abstract** The reason for recording dose data when using a diagnostic radiation source is to record and manage the dose to healthcare personnel and patients. The purpose of this study was to verify the difference in radiation dose when using diagnostic radiation generating devices and to inform users' awareness of dose reduction through measurement and analysis of dose in situations with and without shielding. The dose analysis of each equipment for two Korean C-arms and two German C-arms showed that the Korean FPD type C-arm had the highest dose value, followed by the German I.I type C-arm, German FPD type C-arm, Korean, and I.I type C-arm. The results of the dose analysis with and without shielding showed that the dose to the human phantom in a normal atmosphere increased by about 2 times due to scattered radiation, but the dose to the human phantom was reduced by about 5 times by wearing a shield (0.5mm/lead apron). More important than the management of radiation dose is the study of how to reduce exposure when using radiation, and since the radiation dose output from different equipment is different, it is necessary to provide dose information with and without shielding.

**Key words** : Diagnostic Radiation Equipment, Shielding, Dosimetry, Radiation Dose, Radiation Dose, C-arm

\*정회원, 을지대학교 대학원 생체의과학융합학과 (제1저자)

\*\*정회원, 을지대학교 의료공학과 교수 (교신저자)

접수일: 2024년 3월 5일, 수정완료일: 2024년 4월 24일

게재확정일: 2024년 5월 10일

Received: March 5, 2024 / Revised: April 24, 2024

Accepted: May 10, 2024

\*\*Corresponding Author: jlkim@eulji.ac.kr

Dept. of Biomedical Engineering, Eulji Univ., Korea

## I. 서 론

방사선을 발생시키는 의료기기를 사용자는 방사선 위험을 평가하고 필요한 경우 제어를 해야 한다. 전리 방사선을 사용하는 모든 국가에서는 진단용 방사선 발생장치 사용자의 건강과 안전을 위해 정확한 방사선량을 측정해야 한다. 전리방사선이 사용되는 모든 국가에서는 모집단의 건강과 안전을 위해 정확한 방사선량 측정이 필요하다 [1]. 의료 영상에 이온화 방사선을 사용하는 것은 인간의 건강에 상당한 이점을 가져다 주었다 [2].

방사선 치료 이외의 진단 방사선 치료나 핵의학 절차를 받는 환자의 방사선 방호를 고려할 때 선량측정의 불확실성은 더 클 수 있다 [3]. 정의된 불확실성 수준을 갖는 측정의 추적성도 마찬가지로 중요하다 [4]. 이러한 이점은 최근 수십 년 동안 의료 영상의 활용률을 증가시켰으며, 그 결과 방사선 영상의 총 선량이 현저하게 증가했다 [5]. 이러한 활용도 증가는 대체로 정당화되지만 과생된 이익에 비추어 볼 때, 결과적으로 증가된 노출은 환자에 대한 방사선 방호에 대한 더 높은 수준의 감독을 필요로 하다 [6].

일부 개발도상국에서는 선량 모니터링 시스템이 구축되어 있지 않다 [7]. 또한 각 연구에서 사용된 선량 측정 방법의 상당한 차이로 인해 보고된 선량 측정 결과를 비교하는 데 어려움이 있다 [8].

반적으로 유효 선량 범위는 2-4mSv 이하이다 [9].

질병의 위치 및 전이 범위를 정확히 추적하는 것을 매우 중요하다. 하지만 정확한 진단 및 검사를 진행하면서 의료기관에서는 최근 수십 년 동안 의료 영상의 활용률을 증가시켰으며, 그 결과 방사선 영상의 총 선량이 현저하게 증가했다 [5]. 의료진이 위치하는 곳에서의 C-arm 장비의 타입에 따라 그리고 차폐체 유무에 따라 실질적으로 얼마만큼의 피폭이 감소되는지 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 측정계측기

1) Radical 9010 10X5-1800 Ion Chamber Specifications (표 1)

### 2. 측정장비 진단용방사선발생장치 (C-arm 총 4대)

측정장비는 FPD(Flat Panel Detector), II(Image Intensifier) 종류별로 한국 FPD type C-arm, 독일 FPD type C-arm, 한국 image intensifier type C-arm, 독일 image intensifier type C-arm 을 사용하였다 (표 2).

1) 온도 : 23~25°C

2) 기압 : 999~1002hpa

3) 측정장비 FPD, II type X-ray tube Specifications

표 1. 이온챔버 특성

Table 1. Ion Chamber Specifications

Chamber	Radical 9010 10X5-1800 ion chamber	
Minimum Rate	0.01 mR/hr	0.1 µGy/hr
Maximum Rate	65 R/hr	575 mGy/hr
Minimum Dose	0.1 µR	0.01 nGy
Maximum Dose	230 R	2 Gy
Cine specifications	N/A	
Calibration Accuracy	±4% using X-rays @ 150 kVp & 10.2mm Al HVL	
Exposure Rate Dependency	+0%, -5%, 0.1mR/hr to 20 R/hr, -10% to 65 R/hr	
Energy Dependence	±5%, 33 keV to 1.33 MeV (with build-up material)	
Construction	Polycarbonate walls and electrode; conducting graphite exterior coating; 1800cm <sup>3</sup> active volume; 0.54 kg	

직업상 피폭에 대한 데이터의 요약과 편집을 이용할 수 있다. 활동적 종사자가 연간 직업적 유효 선량을 10mSv 미만으로 유지하는 것은 확실히 가능하지만, 일



### III. 연구결과

#### 1. 장비 별 방사선량의 평균 차이 검증

측정장비 진단용방사선발생장치 C-arm 4대에 대한 선량의 신뢰성검토를 위해 먼저 방사선량 평균차이를 검증하였다 (표3).

표 3. 장비 별 방사선량의 평균 차이 검증  
Table 3. Validate average differences in radiation dose across devices

Unit :  $\mu\text{R}/\text{min}$

Classification by equipment	Mean	Std. Deviation	F	Sig. (P)
한국 Flat panel type C-arm	39929.03	174702.866	5.534	.001
한국 image intensifier type C-arm	16886.87	75645.082		
독일 Flat panel type C-arm	19307.08	89619.372		
독일 image intensifier type C-arm	24478.61	119369.526		

#### 2. 위치(각도)에 따른 방사선량 평균 차이를 검증

유의확률(p)값이 .001보다 작게 나타났으며 .05보다 작아 각 위치별로 방사선량의 차이가 있음을 확인하였다. 구체적인 집단 간의 평균 차이를 검증하기 위하여 사후검증을 실시하였다 (표 4).

표 4. 위치에 따른 방사선 량의 평균 차이 검증  
Table 4. Validate average differences in radiation dose based on location

Unit :  $\mu\text{R}/\text{min}$

Location (Angle)	Mean	Std. Deviation	F	Sig. (P)
0°	654.50	953.011	66.796	.000
45°	574.45	856.215		
90°	92767.97	199263.493		
135°	530.80	606.563		
180°	616.44	822.888		
225°	336.76	469.991		
270°	226.59	565.766		
315°	290.03	430.744		
Center	130356.05	270085.614		

위의 데이터를 기반으로 하여 피폭선량 팬텀과 차폐

체 유무에 따른 사용자 데이터 분석을 하였다.

A Side에서 일반적인 대기상태에서 306.286 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 일반적인 대기상태에서 차폐체 착용하였을 때 69.857 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 팬텀만 설치하였을 때 568.714 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 팬텀 설치 후 차폐체 착용하였을 때 106.571 $\mu\text{R}/\text{min}$ 의 피폭선량이 측정되었다.

분석결과, Center의 방사선량이 가장 높으며 90도가 그 다음으로 높았다. 반면, 0도, 45도, 135도, 180도, 225도, 270도, 315도는 center와 90도 보다 유의미하게 낮게 나타났으나 다른 도수들과의 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

#### 3. Side(측정면의 위치)에 따른 평균 차이를 검증

유의확률(p)값이 .001보다 작게 나타났으며 .05보다 작아 각 side별로 방사선량의 차이가 있음을 확인하였다. 구체적인 집단 간의 평균 차이를 검증하기 위하여 사후검증을 실시하였다. 분석결과, B side의 방사선량이 A side와 C side보다 유의미하게 높게 나타났다 (표 5).

표 5. A, B, C side 방사선량 차이 검증  
Table 5. Validate A, B, and C side radiation dose differences  
Unit :  $\mu\text{R}/\text{min}$

Side	Mean	Std. Deviation	F	Sig. (P)
A	394.37	480.411	138.185	.000
B	74777.19	201050.348		
C	279.64	538.719		

위의 데이터를 기반으로 하여 피폭선량 팬텀과 차폐체 유무에 따른 사용자 데이터 분석을 하였다.

A Side에서 일반적인 대기상태에서 306.286 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 일반적인 대기상태에서 차폐체 착용하였을 때 69.857 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 팬텀만 설치하였을 때 568.714 $\mu\text{R}/\text{min}$ , 팬텀 설치 후 차폐체 착용하였을 때 106.571 $\mu\text{R}/\text{min}$ 의 피폭선량이 측정되었다 (표 6).

일반적인 대기상태에서 차폐체를 착용하였을 때 약 4.384배 피폭선량이 감소하였고, 팬텀 설치 후 차폐체를 착용하였을 때 약 5.336배 피폭선량이 감소하였다.

B Side에서 일반적인 대기상태에서 733.000 $\mu\text{R}/\text{min}$ ,

일반적인 대기상태에서 차폐체 착용하였을 때 159.429 $\mu$ R/min, 팬텀만 설치하였을 때 1,389.000 $\mu$ R/min, 팬텀 설치 후 차폐체 착용하였을 때 259.857 $\mu$ R/min의 피폭선량이 측정되었다 (표 7).

차폐체를 착용하였을 때 약 3.904배 피폭선량이 감소하였다.

표 6. A side의 일반적인 대기상태와 피사체에서 차폐체 유무에 따른 분석

Table 6. Analyze the general atmosphere on the A side and the presence or absence of shielding on the subject.

Unit : $\mu$ R/min

A side	General atmospheric conditions	Shields(Apron)	Phantom	Phantom+Shields (Apron)
50kV 3mA	95	19	130	21
60kV 3mA	153	33	244	37
70kV 3mA	225	46	372	60
80kV 3mA	298	64	554	93
90kV 3mA	375	83	718	129
100kV 3mA	456	108	888	176
110kV 3mA	542	136	1,075	230
평균	306.286	69.857	568.714	106.571

표 7. B side의 일반적인 대기상태와 피사체에서 차폐체 유무에 따른 분석

Table 7. Analyze the general atmosphere on the B side and the presence or absence of shielding on the subject.

Unit : $\mu$ R/min

B side	General atmospheric conditions	Shields(Apron)	Phantom	Phantom+Shields (Apron)
50kV 3mA	221	39	291	42
60kV 3mA	367	70	558	81
70kV 3mA	541	102	897	140
80kV 3mA	727	155	1,347	228
90kV 3mA	900	198	1,757	325
100kV 3mA	1,088	255	2,196	436
110kV 3mA	1,287	297	2,677	567
평균	733.000	159.429	1,389.000	259.857

일반적인 대기상태에서 차폐체를 착용하였을 때 약 4.598배 피폭선량이 감소하였고, 팬텀 설치 후 차폐체를 착용하였을 때 약 5.345배 피폭선량이 감소하였다.

C Side에서 일반적인 대기상태에서 451.143 $\mu$ R/min, 일반적인 대기상태에서 차폐체 착용하였을 때 134.000 $\mu$ R/min, 팬텀만 설치하였을 때 956.571 $\mu$ R/min, 팬텀 설치 후 차폐체 착용하였을 때 245.000 $\mu$ R/min의 피폭선량이 측정되었다. 일반적인 대기상태에서 차폐체를 착용하였을 때 약 3.367배 피폭선량이 감소하였고, 팬텀 설치 후

일반적인 대기상태, 일반적인 대기상태에서 차폐체를 착용한 상태, 팬텀만 환자용 테이블위에 설치한 상태, 팬텀을 설치한 뒤 차폐체를 착용한 상태에서의 피폭선량을 A, B, C side의 위치에서 측정된 결과 동일하게 일반적인 대기상태에서 차폐체만 착용한 상태의 피폭선량이 가장 적게 측정되었으며, 팬텀만 설치한 상태의 피폭선량이 가장 높게 측정되었다 (표 8).

표 8. C side의 일반적인 대기상태와 피사체에서 차폐체 유무에 따른 분석

Table 8. Analyze the general atmosphere on the C side and the presence or absence of shielding on the subject.

Unit : $\mu$ R/min

C side	General atmospheric conditions	Shields(Apron)	Phantom	Phantom+Shields (Apron)
50kV 3mA	146	40	231	60
60kV 3mA	240	65	414	106
70kV 3mA	341	96	632	162
80kV 3mA	454	131	931	233
90kV 3mA	547	165	1,209	310
100kV 3mA	637	200	1,488	378
110kV 3mA	793	241	1,791	466
평균	451.143	134.000	956.571	245.000

#### IV. 고 찰

한국 FPD type C-arm, 한국 II type C-arm, 독일 FPD type C-arm, 독일 II type C-arm 총 4대의 c-arm 장치의 각도와 임의로 가정한 side의 선량을 측정하여 값으로 일원 분산 분석과 이원 분산 분석을 하였으며 side와 위치 상호작용항에 따른 피폭선량의 평균 비교한 값의 유효성을 검증한 뒤 대기상태에서 팬텀의 유무와 차폐체의 유무에 대한 선량을 분석하였다.

side와 위치간의 상호작용항에서 0°, 45°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°에서 side별로 방사선량의 차이가 나타나지 않았다. 90°에서 B side 방사선량이 A side, C side의 방사선량 보다 유의미하게 높게 나타났다. center에서도 B side의 방사선량이 A side, C side의 방사선량 보다 유의미하게 높게 나타났다.

위치에 따른 장비전체 선량 평균값은 A, B, C side 선량값 전체의 위치별 평균값으로 계산하였다. Center 위치에서 가장 많은 선량값이 측정되었다. 다음으로는 90°, 0°, 180°, 45°, 135°, 225°, 315°, 270° 순서로 정리할 수 있다. 선량값이 가장 높은 곳의 위치는 Center이며, 가장 낮은 곳은 위치는 270°이다. 장비 type에 따른 선량 분석을 위해 C-arm 장비 4대 모든 위치의 선량 평균값을 비교하여 분석하였다. 국산 FPD type C-arm의 피폭선량 평균값이 가장 높았으며, 국산 II type C-arm의 피폭선량 평균값이 가장 낮게 나타났다.

피폭선량 팬텀과 차폐체 유무에 따른 사용자 데이터 분석은 일반적인 대기상태, 일반적인 대기상태에서 차폐체를 착용한 상태, 팬텀만 환자용 테이블위에 설치한 상태, 팬텀을 설치한 뒤 차폐체를 착용한 상태에서의 피폭선량을 A, B, C side의 위치에서 측정하여 결과 동일하게 나타났으며, 일반적인 대기상태에서 차폐체만 착용한 상태의 피폭선량이 가장 적게 측정되었으며, 팬텀만 설치한 상태의 피폭선량이 가장 높게 측정되었다.

#### V. 결 론

정확한 진단 및 검사를 진행하면서 장비에 사용되는 선량의 증가로 인해 영상의 이미지의 사용이 증가하였으며 좋은 이미지를 얻었지만 결과적으로 방사선의 선량이 증가하였다. 진단용엑스선장치 c-arm의 사용 시 일반적인 대기환경 및 피사체의 산란선 증폭(팬텀사용)에 관한 선량차이, 차폐체의 사용에 의한 선량감소를 알고자 본 연구에서는 진단용방사선발생장치의 사용 시 환경의 조건에 따른 피폭선량을 연구하였으며, 일반적인 대기상태보다 피사체에 의한 산란선으로 인한 방사선량의 피폭선량이 증가하므로 선량 감소를 위해 차폐체의 착용은 필수적이며, 더 다양한 파라미터의 연구를 제안한다.

## References

- [1] International Atomic Energy Agency, SSDL Network Charter, The IAEA/WHO Network of Secondary Standards Dosimetry Laboratories, IAEA, Vienna, 2018.
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 1: Sources, United Nations, New York, 2010.
- [3] International Atomic Energy Agency, Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457, IAEA, Vienna, 2007.
- [4] International Atomic Energy Agency, Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna, 2014.
- [5] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume 1: Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Evaluation of Medical Exposures to Ionizing Radiation, United Nations, New York, 2022.
- [6] International Atomic Energy Agency, Patient Dose Optimization in Fluoroscopically Guided Interventional Procedures, IAEA- TECDOC-1641, IAEA, Vienna, 2010.
- [7] V. Tsapaki, N.A. Ahmed, J.S. AlSuwaidi, et al., Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: initial IAEA project results. *Am. J. Roentgenol.* Vol.193, pp.559 - 569, 2009. DOI : 10.2214/AJR.08.2115
- [8] K.P. KIM, D.L. Miller, S. Balter, et al., Occupational radiation doses to operators performing cardiac catheterization procedures. *Health Phys.* Vol.94, pp.211 - 227, 2008. DOI: 10.1097/01.HP.0000290614.76386.35
- [9] D.L. Miller, E. Van˜o, G. Bartal, et al., Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* Vol.33, pp.230 - 239, 2010. DOI : 10.1016/j.jvir.2010.01.007