

<원저>

인터벤션 방사선발생장치에서 입사표면선량을 평가

강병삼¹⁾·장광현²⁾¹⁾신구대학교 방사선과·²⁾삼성서울병원 영상의학과

Evaluation of Radiation Entrance Surface Dose Rates for Interventional Radiology Equipment

Byung-Sam Kang¹⁾·Kwang-Hyun Chang²⁾¹⁾Department of Radiological Technology, Shingu College²⁾Department of Radiology, Samsung Seoul Hospital

Abstract IVR procedures are on the rise, and patient doses are on the rise. It is necessary to evaluate fluoroscopy dose in IVR procedure. Evaluate ESD on IVR equipment as a reference to DRL settings, I would like to present the direction of improvement in the ESD rate test criteria for fluoroscopy dose. The experimental method is measured with 6cc ionization chamber under the 20cm PMMA Phantom. Radiation is subject to abdominal procedure. The average dose rate of the incident surface was 21.6 ± 11.4 mGy/min. The highest dose equipment was 58.5 mGy/min, and there was no equipment exceeding the domestic standard of 100 mGy/min. However, there were five units above 50 mGy/min. To reduce fluoroscopy dose, it is recommended to reduce pulse rate, The dose increases as the image receptor ages. It is recommended to modify the domestic inspection criteria to 50 mGy/min.

Key Words: DRL, Fluoroscopy, Dose rate, IVR, Dose Reduction

중심 단어: 진단참조수준, 투시, 선량률, 인터벤션, 선량저감

I. 서 론

인터벤션 영상의학(Interventional Radiology; IVR) 시술은 방사선 투시 유도하에 혈관 또는 비혈관계의 병변에 진단 및 치료를 시행하는 영상의학의 영역이다. Interventional Radiology라는 용어는 1967년 Alexander Magulis가 American journal of Roentgenology에서 처음 사용하였다[1].

IVR 시술은 새로운 시술 재료의 개발과 시술 방법의 발전으로 지속적인 증가 추세에 있으며, 이로 인해 환자 및 시술자의 방사선 선량도 함께 증가하고 있다. 국제방사선방호위원회(ICRP) 권고 60. 에서는 환자가 피폭 받는 방사선 선량은 환자 자신에게 직접적인 이득이 발생하므로 선량한도에

제한을 두고 있지 않으나, 시술자의 선량은 직업상 피폭으로 분류하여 연간 허용 선량을 제한하고 있다[2]. IVR 시술은 목적 병변으로 접근하기 위한 투시와 병변을 확인하기 위한 촬영이 하나의 시술에서 시행되는 특성이 있다. 평균적으로 1회 시술에서 투시선량이 환자의 방사선 피폭선량 중 약 70~80%를 차지하고 있다[3]. 그러나 이 선량의 분포는 시술 중 3차원 영상의 획득 등 시술자의 시술 방법에 따라 차이를 보일 수 있다.

IVR 시술의 선량 관리에 대한 ICRP Pub. 85. 권고에서 IVR 시술 중 방사선의 결정적영향으로 환자 피부에 홍반 등이 발생하는 선량까지도 방사선으로 인한 위험성이 있다고 보고되고 있다[4]. 이는 선량 관리가 미흡한 장비로 시술을

This study was supported by the shingu college, Industry academy cooperation foundation.

Corresponding author: Byung-Sam Kang, Department of Radiological Technology, Shingu College, 377 Gwangmyeong-ro, Jungwon-gu, Seongnam, Gyeonggi-do, 13174, Republic of Korea/ Tel: +82-31-740-1522 / E-mail: kbs33@shingu.ac.kr

Received 5 October 2020; Revised 19 October 2020; Accepted 27 October 2020

Copyright ©2020 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

시행하였을 때 발생 되는 확률이 증가 될 것이다. 환자의 방사선 급성 장애의 역치 선량을 500 mGy로 보고되어 있으며, 2,000 mGy에서 일시적인 피부의 홍반을, 3,000 mGy에서는 일시적인 탈모가 발생 될 수 있다. 그 이상의 선량에서는 영구 탈모 및 피부에 궤양과 괴사 등을 발생시킬 수도 있다[5].

ICRP Pub. 103에서는 영상을 이용하는 진단영역일 경우 계획피폭 상황에서 진단참고수준(Diagnostic reference level; DRL)을 설정하고 참고수준 적용을 권고하고 있다 [6]. 국내에서는 2012년 식약처 연구과제인 “중재적 방사선 시술에서의 환자선량 평가에 관한 연구”와 2019년 질병관리본부 연구과제 “환자 촬영종류별 진단참고수준 마련: 중재 시술 11개 종류”에서 IVR 시술에서 진단참고수준 설정에 대한 연구가 진행되었다[7][8].

진단참고수준은 전리방사선을 사용하는 의료영상 분야에서 검사 또는 시술에서 환자 선량이 비정상적으로 높고 낮은지를 확인하기 위한 지표로만 사용된다[9]. 진단참고수준 설정은 유럽과 미국 등에서 시술별로 설정하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 각각의 국가마다 주요 시술의 빈도와 시술 편차로 인하여 비교에는 한계가 있다. 위의 연구에서도 국내에서 주로 시행되는 11개 정도의 시술에서만 진단참고수준을 평가하였다. 이번 연구에서는 시술별이 아닌 진단참고수준 설정의 참고자료로 실제 IVR 장치에서 입사표면 선량률(Entrance Surface Dose; ESD) 을 평가하고, 진단용 방사선 발생장치의 검사기준 중 투시장치의 입사조사선량률 시험 기준의 개선 방향을 제시하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

2019년 8월부터 10월까지 국내에 IVR 시술을 시행하는 34개 병원 94대의 디지털디텍터를 사용하는 장비를 대상으로 방사선 입사표면선량률을 측정하였다. 지역별로는 수도권 15개, 충청권 3개, 영남권 8개, 호남권 4개, 강원권 2개 및 제주권 2개 병원에서 측정하였다. 제조사별 P사 45대, S사 39대, G사 8대와 T사 2대이었으며, 장비의 사용기간은 최고 13년이다.

2. 연구방법

테이블에 20 cm PMMA팬텀을 위치시킨 후 환자의 입사선량 측정 기준점(Patient Entrance Reference Point; PERP)

으로 iso center 15 cm 아래에 6 cc 이온전리함(ionization chamber, Radical, USA)으로 입사선량률을 측정한다(Fig. 1). 측정기 교정은 2019년 8월에 시행하였다(Fig. 2).

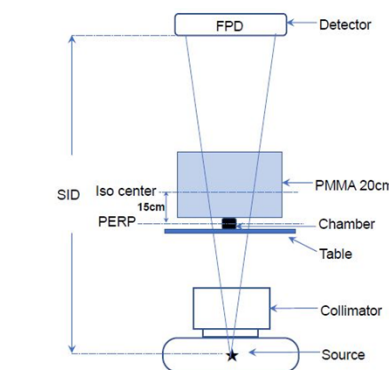


Fig. 1. Dosimeter attached to the dose rate of the PMMA phantom

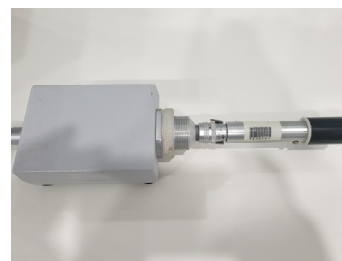


Fig. 2. 6cc ionization chamber (Radical, USA)

입사표면선량률 측정기는 팬텀에서 발생하는 후방산란을 고려하여 6cc 이온전리함으로 측정하였다(Fig. 3). 방사선 입사조건은 이 실험의 목적인 진단참고수준 참고자료 설정이므로 실제 사용하는 조건을 적용하였다. 실험에서 20 cm 팬텀을 사용하였으므로 자동노출제어기(Auto Exposure Controller; AEC)를 적용하여 복부검사 조건으로 방사선 조사를 시행하였다.

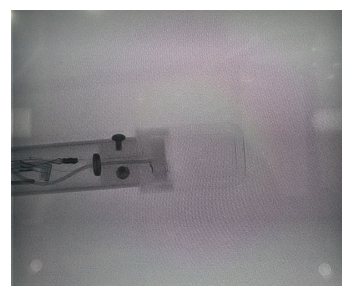


Fig. 3. 6 cc ionization chamber subsurface inserted of the 20cm PMMA phantom.

3. 평가방법

투시장치 입사표면선량률에 대한 진단용방사선발생장치 검사기준에는 자동노출제어기가 있는 장비에서는 10R/min 이하로 규정하고 있다. 시험결과를 Table 1의 주요 기관의 입사표면선량률 제한 기준과 비교하여 평가를 시행한다. 또한, 통계적 유의성을 평가하기 위하여 SPSS프로그램으로 일원배치분석(ANOVA test)과 T-검정을 시행하였다.

Table 1. Maximum standard of ESD

Organization	mGy/min
UK	50
FDA	50
JIS	50
AAPM	64
IAEA	25
JRC(2015 DRL)	20
KOREA	100

III. 결 과

실험대상 94대의 IVR 장치 입사표면표면선량률 측정 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Result of ESD measurement

N	ESD (mGy/min)					
	mean	SD	25%	50%	75%	100%
94	21,6	11,4	12,5	19,5	27,3	58,5

입사표면 선량률 측정결과, 평균 21.6 ± 11.4 mGy/min이었으며, 최고 높은 선량의 장비가 58.5 mGy/min으로, 국내 기준인 100 mGy/min을 초과하는 장비는 없었다. 그러나 50 mGy/min을 초과하는 장비가 5대 있었다. 다음 Table 3은 제조사별 입사표면선량률 결과를 일원배치 분산분석(ANOVA test)으로 시행한 결과이다. 장치 제조사별 선량비교는 G사의 평균이 24.81 ± 13.27 mGy/min로 가장 높았으며, 일원배치 분산분석(ANOVA test) 결과 모두 P>0.05이므로 입사표면선량률의 평균 차이는 없었다.

장치사용 기간에 따라 선량률의 차이가 있는지를 검증하기 위해 T-검정을 시행하였다(Table 4). 사용 기간별 입사표면선량률 결과는 2014년부터 국내에 선량저감화 프로그램을 적용하는 장비들이 설치되기 시작되어 그 차이를 확인

하였으나 2013년 이전에 설치한 장비는 63대로 입사표면선량률은 22.60 ± 13.16 mGy/min이었으며, 2014년 이후에 설치한 장비는 31대로 19.94 ± 10.21 mGy/min이었고 p=0.144이었다. 사용기간에 따른 선량률의 차이가 P사의 장비에서는 2015년 이후 설치된 장비에서 유의한 차이를 보였다. 2014년도 이전 평균은 24.03 ± 14.38 mGy/min, 2015년 이후는 17.20 ± 7.53 mGy/min으로 p=0.038으로 P<0.05이므로 입사표면선량률이 2015년 이후 장비에 비해서 2014년 이전 설치된 장비가 크게 나타났다. G사와 T사의 경우는 표본이 너무 적어서 T-검정을 시행할 수 없었다.

Table 3. Statistical analysis result for ESD

	ESD (mGy)			
	P (N=45)	S (N=39)	G (N=8)	T (N=2)
Mean	21,75	21,11	24,81	20,48
SD	12,84	11,60	13,27	17,93
p	0,895	0,996	0,836	0,755

Table 4. Statistical analysis result for T-test

	ESD (mGy)			
	P (N=45)		S (N=39)	
	Under 2014 (N=30)	After 2015 (N=15)	Under 2014 (N=27)	After 2015 (N=12)
Mean	24,03	17,20	22,53	17,92
SD	12,84	7,53	12,51	8,89
p	0,038		0,251	

IV. 고 찰

ICRP에서는 방사선의 방어의 목표로 방사선으로 인해 발생하는 결정적 영향을 방지하고, 확률적영향의 발생을 최소로 유지하는 것이다. 의료방사선이 선량한도의 제한을 받지 않는 것은 선량률 제한함으로써 시술의 제한이 발생할 수 있기 때문이다. 그러나 방사선으로 인한 영향에 대해서 환자에게 시술 전 설명이 필요하다고 생각된다. 시술 전 시술에 관련된 사항은 주치의가 설명하여 관련 위험성에 대해서 환자 또는 보호자가 인지하고 있으나 방사선으로 인하여 발생될 수 있는 장애에 대해서는 모르는 실정이다. ICRP에서는 원폭 생존자 5만 명을 대상으로 시행한 추적검사의 결과를 기반으로 방사선 후기 장애인 백혈병 및 기타 암의 발생역치 선량으로 100 mGy를 제시하였다. 100 mGy 이하에서는 암의 자연적인 발생확률에 차이가 크게 없는 것으로 보

고하였다[6].

Streker는 논문에서 환자에게 입사되는 선량이 2,000 mGy 또는 투시 시간이 30분 이상인 경우 시술자가 인지하고 있어야 되는 역치 값으로 제시하였으며, 3,000 mGy 또는 투시 시간이 60분 이상인 경우 시술 후 방사선장해에 대한 추적검사가 필요한 역치선량으로 보고하였다[10].

국내에서 IVR 시술의 진단참고수준은 면적선량으로 평가하고 있다[11]. IVR 시술의 선량평가에서 면적선량은 시술에 적용된 조사야를 적용한 선량이다[12]. 2019년 제환준 등이 시행한 연구과제에서 도출한 시술별 투시 시간 참고수준으로 이번 연구를 평가하면, 75% 투시 시간을 기준으로 국내에서 시술빈도와 방사선의 입사부위가 비교적 일정한 간동맥화색전술은 23분으로 이번 연구결과 75% 선량을 적용하면 시술 당 628 mGy이었으며, 기관지동맥색전술은 투시 시간이 27분으로 737 mGy로 계산되었다. IVR 시술 중 가장 투시 시간이 가장 긴 시술은 뇌동맥파리 코일색전술이다. 75% 투시 시간은 48.7분으로 1,330 mGy 정도의 입사선량이 예측된다[8].

투시에서 입사선량을 줄이는 가장 좋은 방법은 투시 펄스율(pulse rate)을 낮추어 사용하는 것이다[13]. 일본의 경우 투시 펄스율을 2008년 조사결과 15 frame을 55% 장치에서 사용하였으나, 2018년에는 15 frame을 26%, 47%의 장치가 7.5 frame을 사용하고 있다[14].

입사표면선량률은 전국 단위로 유사한 연구를 진행한 일본방사선기술학회(JSRT)와 결과를 비교해 보았다[15]. 이번 연구 결과에서 진단참고수준을 결정하는 75% 선량에서 일본보다 60% 이상 높은 선량이었다. 2015년 일본인터벤션학회에서 제시한 진단참고수준 20 mGy/min 보다도 국내 선량이 40% 높은 결과를 보이고 있다(Table 5).

Table 5. ESD compared with JSRT result

N	ESD (mGy/min)				
	mean	25%	50%	75%	93%
94	21.6	12.5	19.5	27.3	43.8
JSRT (N=320)			10.6	16.9	24.8

Table 1에서 제시된 영국과 미국 FDA 그리고 일본공업규격(JIS)에서 제한하는 50 mGy/min를 넘는 장비는 5대(5.3%)가 있었다. 위의 결과로 보아 국내 입사표면선량률 기준을 50 mGy/min로 개정하는 것이 투시조영술 및 IVR 시술에서 환자 선량관리에 필요할 것이다.

V. 결 론

이번 연구에서 입사표면선량률의 평균은 21.6 mGy/min이었으며, 진단참조수준을 설정하는 75% 선량은 27.3 mGy/min이었다. 외국의 입사표면선량률 제한 기준인 50 mGy/min을 초과하는 장비가 5대 있었다. 장비제조사별 입사표면선량률의 유의한 차이는 없었으며, 사용기간별 입사표면선량률의 차이는 1개 제조사에서 2015년 이후에 설치된 장비가 약 30% 적은 선량률이 측정되었다. 투시 선량을 저감하기 위해서는 투시 펄스율을 줄여서 사용함을 권고하며, 영상수용부가 노후되면 선량이 증가하므로 국내 검사기준을 50 mGy/min으로 수정하는 것이 투시 영역에서의 선량관리 및 외국의 검사기준 추세와 맞출 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Kinney TB. Radiographic history exhibit, Charles T. Dotter: A pioneering interventional Radiologist. Radiographics. 1996;16:697-707.
- [2] ICRP 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 1990.
- [3] Ruiz-Cruces R. Diagnostic reference levels and complexity indices in interventional radiology: A national programme. Eur Radiol. 2016;26(12):4268-76.
- [4] ICRP 85. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. 2000.
- [5] Valentin J. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Ann ICRP. 2000;30:7-67.
- [6] ICRP 103. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 2007.
- [7] Chung JW, Jae HW, Kang BS, et al. Evaluation of patient doses from interventional radiology procedures. KFDA result report; 2012.
- [8] Jae HJ, Kang BS, et al. Development of the diagnostic reference level in interventional radiology: 11 interventional procedures. KDCA result report; 2019.
- [9] ICRP 135. Diagnostic Reference Levels(DRLs) in Medical Imaging. 2017.
- [10] Streker MS, Balter S, Towbin RB, et al. Guidelines for patient radiation dose management. J Vasc

- Interv Radiol. 2009;20:263-73.
- [11] Kang BS, YS 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.
- [12] Son JH. Comparison of dose measurement of glass dose meter, semiconductor dose meter, and area dose meter in diagnostic X-ray energy. Journal of Radiological Science and Technology. 2019;42(6):483-9.
- [13] Jun ME, Lim CH, Jung HR, et al. A study on radiation exposure dose of operator during interventional radiology procedure. Journal of Radiological Science and Technology. 2012;35;3;219-26.
- [14] Ichida T. Japanese culture for me and japanese IVR in the world. The 76th Annual Meeting of the JSRT; 2020.
- [15] Watanabe H, Ishii K, Hosono M, et al. Report of a nation wide survey on actual administered radioactivities of radiopharmaceuticals for diagnostic reference levels in Japan. Ann Nucl Med. 2016; 30(6):435-44.

구분	성명	소속	직위
제1저자, 교신저자	강병삼	신구대학교	박사/부교수
공동저자	장광현	삼성서울병원	박사/방사선사