

Dose Assessment of the Eye of the Operator in the Field of Angiography and Interventional Radiography

Jung-hoon Kim,¹ Yong-In Cho^{2,*}

¹Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

²Department of Radiology, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences Cancer Center

Received: February 25, 2018. Revised: April 15, 2018. Accepted: April 30, 2018

ABSTRACT

In the field of angiography and interventional radiology, it is said that the risk of radiation exposure to the eyes is high due to the characteristics of work, but currently divided dose assessment and management are not carried out in reality. Therefore, in this study, in order to evaluate the dose of the operator in the surgical environment and to analyze the shields, firstly, we selected the point where the operator is mainly located, evaluated the exposure dose of the eye after attaching the pocket dosimeter to the lateral angle point of the head and neck phantom, and evaluate shielding effect when wearing lead glasses that is currently commercialized. Secondly, we evaluated the tendency of the exposure dose of the eye and the shielding effect through simulation in the same geometric structure as the actual measurement. As a result, in the case of measurement using a dosimeter, the cumulative dose increased with the increase of the fluoroscopic time, and the tendency was different according to the position of the operator. Simulation results show that the dose distribution of the eye lens in the mathematical phantom is about 1.1 ~ 1.3 times higher than that of the cornea. Also, The protective effect of the lead glasses showed a shielding effect of at least 3.7 ~ 21.4% in each eye.

Keyword: Angiography and Interventional Radiology, Dose assessment, Simulation, Eye

I. INTRODUCTION

의학기술의 발전으로 외과적 수술을 대체하는 치료법들이 개발되었다. 그 중 혈관 조영 및 중재적 방사선학(Angiography and Interventional Radiography)은 혈관조영 장비를 이용하여 진단이나 치료를 하는 의학 분야로서, 외과적 수술에 비해 상대적으로 비침습적이다. 하지만 실시간 방사선 투시 하에 검사 및 시술이 이루어지는 이유로 일반적인 X선 촬영영보다 환자는 많은 피폭선량에 노출된다.^[1] 또한 혈관조영 및 중재적 시술 시 환자의 피폭선량의 증가는 이차적으로 발생하는 산란선을 증가시키며, 이로 인해 직접 시술을 시행하는 시술자가 상당한

피폭을 수반하게 된다.^[2]

이러한 피폭선량의 증가는 확률적 장해의 영향을 증가시키며, 과거 혈관조영 및 중재적 시술 시 환자 및 방사선 관계 종사자의 방사선 피폭을 최소화하기 위해 과거 국내·외에서는 다양한 가이드라인 및 지침서 등을 출간하여 제시하고 있다.^[3,4] 최근에는 환자 및 종사자의 피폭선량을 저감하기 위한 차폐연구 또한 진행되고 있다^[5]. 그러나 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP) Publication 103 권고에서는 많은 역학 조사들에 근거한 수정체의 방사선 감수성에 대해 세부적인 재평가 필요성을 언급하였고, 2011년 “조직 반응에 대한 성명서”를 통해 수정체에 대

* Corresponding Author: Yong-In Cho

E-mail: jyi1280@gmail.com

Tel: +82-10-8725-9669

한 문턱 선량을 0.5 Gy, 직업상 수정체에 대한 피폭 선량한도를 계획된 피폭 상황 내 연간 50 mSv를 초과하지 않는 안의 범위에서 연간 20 mSv로 하향 조정 할 것을 제안하였다.^[6] 이처럼 국제적으로 수정체에 대한 위험도 증가로 인해 눈의 수정체에 관한 연구들이 활발하게 이루어지고 있으며, 눈에 대한 선량 모니터링의 필요성이 강조되고 있다.^[7] 이러한 이유로 국외연구에서는 수정체 전용 측정계의 개발 등 다양한 연구가 이뤄지고 있으나^[8], 국내에서는 방사선 관련 종사자의 눈의 피폭선량에 관한 연구는 부족한 실정이다.

현재 의료분야 내 방사선 관련 업무를 수행하는 종사자의 개인 피폭선량은 국제방사선단위측정위원회(International Commission on Radiation Unit and Measurement; ICRU)에서 제시하고 있는 실용량 중심부선량인 $H_p(10)$ 측정을 통해 전신에 대한 피폭 선량을 보수적으로 평가하고 있으며^[9], 그 외 눈의 수정체와 같은 인체 조직에 대한 세부적인 평가는 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 혈관 조영 및 중재적 방사선학 분야 내 시술자의 눈에 대해 선량을 평가하고자 첫 번째로, 선량계를 이용한 방법을 통해 시술자의 업무환경 내 눈 위치에서 노출되는 피폭선량을 측정하고, 상용화된 납 안경 사용에 따른 차폐 효과를 산정했다. 두 번째로, 같은 기하학적 구조 내 몬테카를로 기법을 이용한 모의실험을 통해 선량평가를 수행하고 실측결과와의 경향성 분석을 통해 시술자의 눈에 대한 선량 모니터링을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHOD

1. 보조선량계를 이용한 측정방법

본 연구에서는 임상에서 사용되는 중재적 시술 장비는 Fig. 1과 같이 Allura Xper FD-20(Philips medical, Eindhoven, Netherlands)를 이용했다. 실제 업무환경 내 시술자에 대한 눈에 대한 선량평가를 위해 환자 및 시술자는 Fig. 1(a,b)와 같이 신장 175 cm, 체중 73.5 kg의 남성을 기준으로 제작된 RANDO® phantom(Physical density : 1.6 g/cm³,

Alderson Research Laboratories Inc. NY, USA)을 이용하여 표현했다.

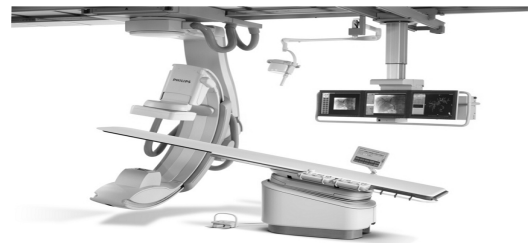


Fig. 1. The equipment of angiography and interventional radiography.



(a) Head & Neck phantom (b)Thorax phantom
Fig. 2. Anthropomorphic phantoms of patient and staff
(a) Head & Neck phantom, (b) Thorax phantom.

본 연구에서 사용한 선량 측정 장비는 보조 선량계로 이용되는 포켓선량계(Pocket dosimeter)를 사용하였으며, 선량계의 세부사항은 Table 1과 같다.^[10] 투시 촬영조건은 흉부 팬텀의 두께에 따라 설정된 X선 투시 촬영 모드의 자동노출조절(Auto Exposure Control, AEC)을 통해 80 kV, 20 mA로 하였으며, SID(Source to image intensifier distance)는 120 cm의 거리를 두고 FD는 48 cm로 설정하였다. 혈관조영 및 중재적 시술 시 시술자의 눈에 대한 피폭선량을 평가하고자, ICRP Publication 85와 한국인 인체표준조사에 따른 20 ~ 60대 평균 남성의 눈의 높이인 157.32 cm 에서 시술자가 주로 업무를 수행하는 두 지점(A, B)을 선정했다. 좌, 우 눈의 외안각에 포켓선량계를 부착한 두경부 팬텀을 앞서 선정한 A, B 지점에 위치시킨 후 투시촬영대별 노출되는 피폭선량을 Fig. 3과 같이 측정하였다. 측정 전 포켓선량계에 누적된 배후방사선량을 감산하여 피폭 선량을 기록하였다. 또한, 현재 임상적으로 상용화된 납 안경(0.07 mmPb, Toray Medical Co. XR-700, Japan) 착용 시 눈에 대한 차폐 효과를 평가하고자,

납 안경 착용 시 투시 촬영 시간대별 피폭선량을 측정하여, 차폐 효과를 산정하였다.

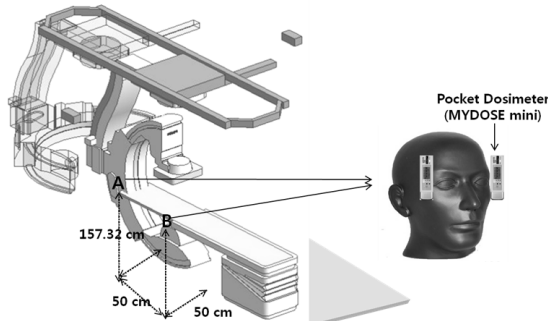


Fig. 3. Diagram of eye dose assessment using pocket dosimeter.

Table 1. Specifications of dosimeter device

Specifications	Personal dosimeter
	Pocket Dosimeter (MYDOSE mini, PDM-222C-SH)
Measurement range	0.1 μ Sv/h ~ 1 Sv/h
Linearity error	\pm 10% (10 μ Sv/h ~ 100 μ Sv/h) \pm 20% (100 mSv/h ~ 1 Sv/h)
Energy range	50 keV ~ 1.5 MeV
Type	Silicon semiconductor
Detected radiation	X, γ
Measurement method	direct-reading dosimeter, accumulated dose, dose rate dosimetry
Size	31 × 13 × 140 mm
Manufacturer	HITACHI(JAPAN)
Calibration date	October. 25, 2014

2. 모의실험을 이용한 평가방법

본 연구에서 사용한 몬테카를로 방법은 로스알라무스 국립연구소에서 개발한 MCNPX(Monte Carlo N-Particle Extended Ver.2.5.0, USA) 프로그램을 사용하였다. 이는 전자, 광자, 중성자를 포함한 다양한 입자 수송이 가능하고, Tally 명령어를 사용하여 플럭스, 입자 플루언스 등의 에너지 분포를 계산할 수 있다.^[11] MCNPX를 이용한 선량평가를 수행하고자 실측방법에서 사용된 중재적 시술 장비인 Allura Xper FD-20의 세부정보를 토대로 시술 Table, C-arm tube, 검출기(Detector), 모의 피폭체(ICRU slab phantom, Composition ; O 76.2%, C

11.1%, H 10.1%, N 2.6%)를 단순 모사하여 code를 구성했다. C-arm Tube에서 방출되는 광자 스펙트럼 분포는 Tube 내 타겟(target) 재질, 필터(filter)정보 등을 SRS-78 프로그램 내 기입하여 80 kVp에 대한 X선 스펙트럼을 획득한 후 선원항(Source specification) 정보로 사용했다.

먼저 중재적 방사선 시술 시 시술자의 눈에 대한 피폭선량 평가를 위해 R. Behrens 등^[12]의 연구에서 제시한 눈의 수학적 팬텀모델을 이용하였으며, 이는 ICRP Publication 116에서도 수정체를 방사선에 대한 민감한 부위를 적용하여 수학적으로 묘사한 눈 모델을 채택했다.^[13] 본 연구에서는 Fig. 4(a)와 같이 수학적으로 묘사한 눈 모델을 이용하여 Fig. 4(b)에 위치한 시술자의 주요 업무를 수행하는 A, B지점에 각각 모사했다. 수학적 팬텀 내 정의된 양쪽 눈의 각막(Cornea), 수정체의 민감 체적(Sensitive volume)과 비 민감 체적(Insensitive volume)에 대해 각각의 관심 지점(Tally)을 지정하였다. Tally specification cards는 F4 tally를 통해 cell에 도달한 광자의 입자 플루언스(#/cm²)로 획득한 데이터를 MCNPX 프로그램 내 선량환산계수(ICRP 74 ambient dose equi -valent conversion coefficients)에 적용하여 선량률(mSv/h)로 환산하였고, 투시 시간대별 누적 선량을 Fig. 4에 보는 것과 같이 평가했다. 또한 상용화된 납 안경 사용 시 눈에 대한 차폐 효과에 대한 비교 평가를 위해 납 안경을 단순 모사하여 각막, 수정체에 대한 차폐 효과를 산정하였다. 모의실험 내 결과에 대한 신뢰성 확보를 위해 반복횟수는 10⁸번 이상 추정하였다.

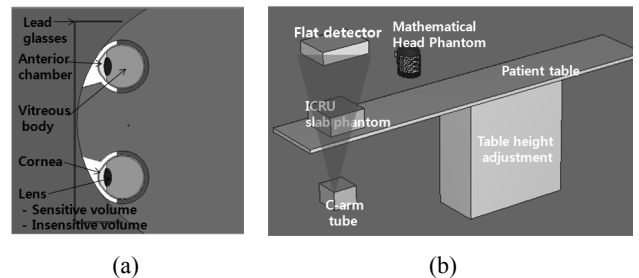


Fig. 4. Simulation model for exposure dose assessment of eye by using Monte calro simulation (a) 2D visualization of mathematical phantom model (b) 3D visualization of simulating mode.

III. RESULT

중재적 시술 시 노출되는 시술자의 눈에 대해 선량을 평가하고자 시술자의 위치 및 눈의 높이를 기준으로 각각 선정된 A, B 지점에서 포켓선량계를 이용하여 방사선 투시 시간대별 노출되는 눈에 대한 피폭선량을 측정하였고, 현재 임상적으로 상용화되어 사용되는 납 안경 착용 시 차폐 효과를 평가하였다. 그 결과는 Table 2, 3에서 제시한 것과 같이 A, B지점 두 위치에서 동일하게 방사선 투시 시간이 점차 증가함에 따라서 좌우 눈에 대한 피폭선량이 증가하는 양상을 보였으나, 지점별로 다른 선량 분포를 나타냈다. 먼저 눈에 대한 방호기구 미사용 시 A지점의 10분간 피폭선량은 좌측 0.321 mSv, 우측 0.365 mSv로 나타났다. B지점에서 10분간 피폭선량은 좌측 1.258 mSv, 우측 0.117 mSv로 측정되었다. 현재 상용화된 납 안경 착용 시 A 지점의 10분간 피폭선량은 좌측 0.188 mSv, 우측 0.287 mSv로 나타내었다. B 지점에서 10분간 피폭선량은 좌측 0.501 mSv, 우측 0.059 mSv로 측정되었다.

위 결과를 통해 각 지점에서의 눈에 대한 차폐효과를 산정한 결과, A 지점의 경우 좌측 60.2%, 우측 49.6%의 차폐효과를 보였고, B 지점에서의 차폐율은 좌측 41.4%, 우측 21.4%로 평가되었다.

Table 2. Assessment of the exposure dose to the eye using a pocket dosimeter at A point. (unit : mSv)

Fluoroscopic time	Non shield		Eyewear Protector (0.07 mmPb)	
	Rt. Eye	Lt. Eye	Rt. Eye	Lt. Eye
1 min	0.038	0.032	0.028	0.018
2 min	0.074	0.064	0.067	0.038
3 min	0.109	0.096	0.085	0.055
4 min	0.147	0.128	0.114	0.075
5 min	0.183	0.160	0.143	0.095
6 min	0.220	0.195	0.172	0.114
7 min	0.258	0.226	0.200	0.131
8 min	0.294	0.258	0.230	0.150
9 min	0.329	0.289	0.260	0.170
10 min	0.365	0.321	0.287	0.188

Table 3. Assessment of the exposure dose to the eye using a pocket dosimeter at B point. (unit: mSv)

Fluoroscopic time	Non shield		Eyewear Protector (0.07 mmPb)	
	Rt. Eye	Lt. Eye	Rt. Eye	Lt. Eye
1 min	0.010	0.125	0.005	0.049
2 min	0.023	0.251	0.012	0.101
3 min	0.035	0.378	0.017	0.149
4 min	0.045	0.501	0.024	0.199
5 min	0.058	0.626	0.029	0.249
6 min	0.070	0.755	0.035	0.297
7 min	0.082	0.880	0.042	0.348
8 min	0.093	1.007	0.048	0.401
9 min	0.104	1.130	0.053	0.452
10 min	0.117	1.258	0.059	0.501

보조선량계를 이용한 피폭선량 측정결과와의 비교분석을 위해 몬테카를로 기법을 기반으로 한 모의실험을 시행하였다. 시술자가 주로 업무를 수행하는 A, B 지점에서 수학적 팬텀을 이용하여 시술자가 노출되는 눈의 기관별 선량분포를 측정된 후 방사선 투시 시간대별 노출되는 피폭선량을 평가하였으며, 납 안경 착용에 따른 눈의 기관별 차폐효과를 산정하였다. 그 결과, A 지점에서의 10분간 피폭선량은 좌측 눈의 경우, Fig. 5(a)와 같이, 각각 0.210 mSv, 수정체의 비 민감 체적 0.241 mSv, 수정체의 민감 체적 0.278 mSv, 우측 눈의 경우, 각각 0.553 mSv, 수정체의 비 민감 체적 0.628 mSv, 수정체의 민감 체적 0.639 mSv로 나타났다. B 지점의 경우 10분간 피폭선량은 좌측 눈의 경우, Fig. 5(b)와 같이 각각 0.198 mSv, 수정체의 비 민감 체적 0.248 mSv, 수정체의 민감 체적 0.252 mSv, 우측 눈의 경우, 각각 0.493 mSv, 수정체의 비 민감 체적 0.555 mSv, 수정체의 민감 체적 0.607 mSv로 나타났다. 이처럼 눈의 수정체의 경우 상대적으로 각각 보다 약 1.1 ~ 1.3배 더 높은 선량을 나타내었으며, 납 안경 착용 시 차폐 효과는 A 지점의 경우, 기관별 최소 11.9% ~ 최대 21.4%의 효과를 나타내었으나, B 지점의 경우 최소 3.72% ~ 최대 14.3%로 실험 결과에 비교하여 상대적으로 낮은 차폐효과를 나타내었다.

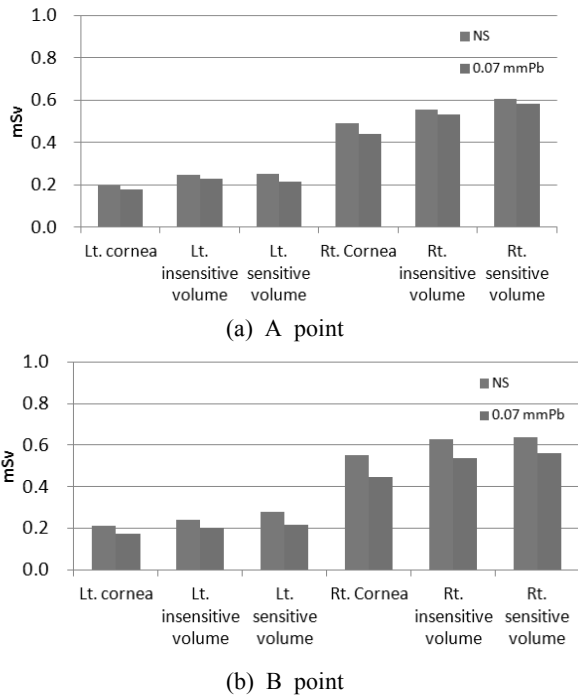


Fig. 5. Dose assessment for the left or right eye organs exposed during a 10-minute fluoroscopic time (a) A point (b) B point.

IV. DISCUSSION

현재 의료기관 방사선 관계 종사자의 경우, 개인 피폭선량 관리규정에 따른 법정 선량계를 가슴위치에 착용하여 전신에 대한 피폭선량을 분기마다 평가 및 관리하고 있으나, 그 외 안구나 사지에 대한 추가적인 관리가 이루어지지 않는 실정이다. 중재적 방사선 시술자의 경우 업무 특성상 X선관에서 발생하는 1차선 이외 C-arm 기계와 환자에 기인한 이차적인 산란선으로 인해 눈에 대해 상당한 피폭이 수반될 수 있으며, 최근 국제적인 관심증가에 따라 눈의 수정체에 대한 정확한 선량측정 및 모니터링의 필요성이 강조되고 있다.

이에 본 연구를 통해 중재적 방사선 시술 시 시술자의 안구에 대한 피폭의 위험성과 노출되는 피폭선량 정도를 평가하고자 보조 선량계를 이용한 측정과 모의실험을 통한 선량평가를 수행하고자 하였다. 첫 번째로, C-arm tube에서 발생하는 X선과 환자와의 상호작용으로 발생하는 이차적인 산란선이 불규칙한 방사선장을 형성하는 영향으로 인해 직접측정과 모의실험 내 각기 다른 경향을 나타난

것으로 판단된다. 두 번째로, 투시 시간대별 안구의 피폭선량의 경우, 포켓선량계의 부착 위치 및 측정부의 방향에 의해 상대적으로 좌측의 경우 피폭선량이 높게 측정된 것으로 생각되며, 눈의 근접한 위치인 외안각 지점에서 측정된 결과는 눈을 구성하는 각막이나 수정체에 대한 기관별 선량을 정확하게 반영하기에는 한계가 있다. 이처럼, 서베이메터나 포켓선량계 등과 같은 능동형 선량계를 이용한 측정 방법은 계측 장비별로 측정가능한 방사선의 종류, 방사선 측정부의 크기, 선량계의 방향 및 에너지 의존성 등과 같은 기계적인 요소와 선량 계측자간 변동성, 당시 측정환경 등의 외부적인 요소로 인해 측정값의 오차가 발생할 수 있다고 보고되고 있다.^[14] 이러한 이유로 선량계를 이용한 측정방법에 대한 보완적인 방법으로 몬테카를로 방법론을 이용한 모의실험은 현재 다양한 분야에 활용되고 있다. 임영기^[15]의 연구에서는 TLD를 통한 측정과 몬테카를로 방법을 이용한 전산모사를 통해 중재적 시술자에 대한 선량평가를 수행하여 TLD를 통한 보수적인 전신선량 수치 이외 기관별 선량에 대해 모의실험을 수행하였으며, 본 연구에서도 직접 측정을 통해 평가하기 어려운 눈의 각막, 수정체의 체적별 피폭선량을 산정함으로써, 중재적 시술 시 노출될 수 있는 안구의 기관별 선량을 제시하였다는 것에 의미가 있다. 또한 P. Nogueira et. al^[16]의 연구에서는 수정체와 수정체 내부의 세포분열이 활발한 발아 세포가 존재하는 부분과 수정체 전체 선량에 대한 비교평가로 수정체 내부의 민감도의 차이에 대해서 보고하고 있으며, 이는 수정체 내부에서도 방사선에 민감한 부분과 상대적으로 덜 민감한 부분이 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 이러한 수정체 내부의 체적을 고려하여 제시된 수학적 모델을 이용하여 수정체의 민감한 부분과 상대적으로 덜 민감한 부분에 대해 구분된 선량평가를 수행하였으며, 수정체의 전면부에 위치한 민감 체적의 경우 상대적으로 더 높은 선량에 노출될 수 있으며, 수정체 방호를 위해 향상된 방호효과를 갖춘 차폐기구의 적극적인 사용이 필요할 것으로 사료된다. 추후 수정체 선량을 측정할 수 있는 적합한 모니터링 방법의 개발을 통해 지속적으로 중재적 방사선 시술자들의 눈에 대한 피폭선량 관리가 필요할 것으로 판단된다.

V. CONCLUSION

중재적 방사선 시술 환경 내 시술자의 경우 업무 특성상 눈에 대한 피폭의 위험성이 항상 존재하며, 시술이 진행되는 동안 방사선 피폭은 불가피하다. 본 연구에서는 혈관 조영 및 중재적 업무를 수행하는 시술자의 눈에 대한 선량평가를 통해 방호기구 미착용 시 눈의 경우 상당한 피폭선량에 노출되었으며, 그 중 눈의 수정체 전면부에 위치한 방사선에 민감한 체적의 경우 가장 높은 피폭선량을 수반한다는 것을 확인하였다. 이에 따라 중재적 방사선 시술자로 하여금 수정체 대한 피폭선량에 대해 간과해서는 안되며, 방사선 방호를 위해 적극적인 납안경의 사용을 통해 수정체 피폭선량을 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지해야 할 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 2017년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 수행된 연구임.

Reference

- [1] Y. S. Do, "Evaluation of Radiation Exposure of Interventional Radiologist," Ministry of Food and Drug Safety, Study report, 2005.
- [2] H. Järvinen, N. Buls, P. Clerinx, J. Jansen, S. Miljančić, D. Nikodemová, M. Ranogajec-Komor, F. d'Errico, "Overview of double dosimetry procedures for the determination of the effective dose to the interventional radiology staff," Radiation protection dosimetry, Vol. 129, No. 1-3, pp. 333-339, 2008.
- [3] Ministry of Food and Drug Safety, "Guidelines for Radiation Protection for Patient Dose Reduction in Interventional radiology," Radiation Safety Management Series, No. 36, 2014.
- [4] Jack. Valentin, "Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures, ICRP Publication 85," Annals of the ICRP, Vol. 30, No. 2, pp. 7-67, 2000.
- [5] D. H. Kim, S. H. Kim, Y. J. Lee, J. C. Lim, D. K. Han, "Study on Exposure Dose and Image Quality of Operator Using Shielding Material in Neuro Interventional Radiology," Journal of Korean Society Radiology, Vol. 11, No. 7, eISSN : 2384-0633, 2017.
- [6] ICRP Publication 118, "ICRP Statement on Tissue Reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context," Annals of the ICRP, Vol. 41, No. 1-2, pp. 1-333, 2012.
- [7] M. M. Rehani, "Eye dose assessment management: overview," Radiation Protection Dosimetry, Vol. 165, No. 1-4, pp. 276-278, 2015.
- [8] P. Bilski, J-M. Bordy, J. Daures, M. Denoziere, E. Fantuzzi, P. Ferrari, G. Gualdrini, M. Kopec, F. Mariotti, F. Monteventi, S. Wach, "The new EYE-D dosimetr for measurements of H_p(3) for medical staff," Radiation Measurement. Vol. 46, No. 11, pp. 1239-1242, 2011.
- [9] S. Mattsson, M. Soderberg, "Dose Quantities and Units for Radiation Protection," Radiation Protection in Nuclear Medicine, Springer Berlin Heidelberg, pp. 7-18, 2013.
- [10] Y. I. Cho, S. Y. Ye, J. H. Kim, "Evaluation of the Apron Effectiveness during Handling Radiopharmaceuticals in PET/CT Work Environment," Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 38, No. 3, pp. 187-194, 2015.
- [11] LANL, "User's manual version 2.5.0." Los Alamos National Laboratory, LA-CP-05-0369, 2005.
- [12] R. Behrens, G. Dietze, M. Zankl, "Dose conversion coefficients for electron exposure of the human eye lens," Physics in medicine and biology. Vol. 54, pp. 4069-4087, 2009.
- [13] N. Petoussi-Henss, W. E. Bolch, K. F. Eckerman, A. Endo, N. Hertel, J. Hunt, M. Pelliccioni, H. Schlattl, M. Zankl, "ICRP Publication 116. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures," Annals of the ICRP, Vol. 40, No. 2-5, pp. 1-257, 2010.
- [14] M. Sans-Merce, N. Ruiz, I. Barth, "Recommendations to reduce hand exposure for standard nuclear medicine procedures," Radiation Measurements. Vol. 46, pp. 1330-1333, 2011.
- [15] Y. K. Lim, "Assessment of Occupational Dose to the Staff of Interventional Radiology Using Monte Carlo Simulations," The Korean Association for Radiatio

n Protection, Vol. 39, No. 4, pp. 213-217, 2014.

- [16] P. Nogueira, M. Zankl, H. Schlattl, P. Vaz, "Dose conversion coefficients for monoenergetic electrons incident on a realistic human eye model with different lens cell populations," *Physics in Medicine & Biology*. Vol. 56, No. 21, pp. 6919-6934, 2011.

혈관조영 및 중재적 시술 분야 내 종사자의 눈에 대한 선량평가

김정훈,¹ 조용인^{2,*}

¹부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

²동남권원자력의학원 영상의학과

요 약

혈관조영 및 중재적 방사선학 분야의 경우, 업무 특성상 눈의 방사선 피폭에 대한 위험성이 높다고 알려져 있으나, 현재 구분된 선량평가 및 관리가 이루어지지 않는 실정이다. 이에 본 연구에서는 시술 환경 내 종사자의 눈에 대한 선량평가 및 차폐분석을 위해 첫 번째로, 시술자가 주로 위치하는 지점을 선정하고, 두경부 팬텀 눈의 외안각 지점에 포켓선량계를 부착한 뒤 눈에 대한 피폭선량을 평가하였고, 현재 상용화된 납 안경 착용 시 차폐효과를 산정하였다. 두 번째로, 실측과 동일한 기하학적 구조 내 모의실험을 통해 눈의 피폭선량에 대한 경향성 평가와 차폐효과에 대해 분석하였다. 그 결과, 선량계를 이용한 측정의 경우, 방사선 투시촬영 시간이 증가함에 따라 누적선량이 증가하였고, 또한 시술자의 위치에 따라 각기 다른 양상을 보였다. 모의실험의 경우, 수학적 팬텀 내 눈의 수정체의 경우 각막보다 약 1.1 ~ 1.3배 높은 선량분포를 나타내는 것을 확인하였고, 납 안경의 방호효과는 눈의 각 기관별로 최소 3.7 ~ 최대 21.4% 차폐효과를 보였다.

중심단어: 혈관조영 및 중재적 방사선학, 선량평가, 모의실험, 눈