

Comparison of Operator Radiation Exposure Dose undergoing Cardiac Angiography and Cardiac Intervention

Jungsu Kim,¹ Soonmu Kwon,² Haekyoung Jung,³ Bongki Lee⁴, Dongryeol Ryu⁴, Hoseok Kwon⁵,
Byungryul Cho^{4,*}

¹Department of Radiologic Technology, Chungbuk Health & Science University

²Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

³Department of Diagnostic Radiology, CHA Bundang Medical Center, CHA University,

⁴Division of Cardiology, Department of Internal medicine, Kangwon National University School of Medicine

⁵Department of Cardiovascular Center, Kangwon National University Hospital

Received: March 08, 2016. Revised: April 19, 2016. Accepted: April 25, 2016

ABSTRACT

Cardiac angiography(CA) or cardiac intervention(CI) is one of the major examination methods applied to the detection of cardiovascular diseases using X-rays. These CA and CI procedures require radiation exposure to patients and physicians. We evaluated the radiation dose to cardiac operator during the each case of CA and CI procedures. The number of patients is 113 patients in CA and 34 patients in CI. Mean fluoroscopy time, mean cine time, and mean total cumulative dose area product(DAP) in patients during CA and CI was 165.9 sec vs. 1200.0 sec, 30.31 sec vs 107.5 sec, and 37130.3 mGy.cm² vs 213312.6 mGy.cm², respectively. Mean dose of thyroid, over chest apron and under chest apron in operator during CA and CI was 15.84 uSv vs 89.81 uSv, 20.16 uSv vs 123.20 uSv, and 0.30 uSv vs 2.40 uSv, respectively. Mean effective dose of operator during CI was about 6 times greater than during CA. Also there was significant inter-relationship between fluoroscopy or cine time and effective dose in operator during CA and CI(p=0.001 and p=0.001, respectively)

Keywords: cardiac angiography radiation dose, cardiac intervention radiation dose, operator radiation dose, effective dose

I. INTRODUCTION

심장혈관 조영술은 X선을 이용하여 심장혈관의 질병을 관찰하는 주요한 검사법 중 하나로 심장의 혈류 부전과 허혈성심근경색을 진단하고 혈관의 이상을 치료하는 중재적 시술이다. 심장혈관 조영술은 최근 10년 사이 디지털 방사선 장비의 발달과 디바이스의 발달로 급격하게 증가했다.^[1] 심장혈관 조영술을 시행하는 환자는 동일 부위가 장시간 방사선에 노출되기 때문에 다량의 방사선을 피폭 받을 수 있고 이로 인해 피부 방사선 상해가 일어날 확률이 높다.^[2,3] 한 번의 좌심실 조영술과 관상동맥 조영술은 흉부 X선 촬영을 300번

촬영한 피폭선량과 동일하고 한 번의 심장혈관 중재적 시술에서 받는 피폭 선량은 흉부 X선 750회 해당하는 수치이다.^[4] 또한 심장혈관 중재술은 환자 뿐 아니라 시술자가 방사선이 조사되는 촬영실 안에서 직접 시술에 참여하기 때문에 시술자에게도 많은 방사선 피폭을 줄 수 있다.^[5] 이에 본 연구에서는 심장혈관 조영술과 심장혈관 중재술을 시행하는 과정에서 발생하는 환자와 시술자의 피폭선량을 측정하여 상관관계를 알아보고 환자와 시술자의 방사선 피폭 선량을 평가하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

본 연구의 대상으로는 2015년 9월부터 2016년 1월 사이에 강원도 소재 한 대학병원의 심혈관센터에서 시행된 147명의 심장혈관 조영술과 심장혈관 중재술을 시행한 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자의 구성은 남자가 67명, 여자가 80명을 나타냈으며 전체 집단의 신장과 체중, 연령의 최대값과 최소값은 Table 1과 같다. 전체 환자군을 심장혈관 조영술을 시행한 환자군(CA)과 심장혈관 조영술 시행과 동시에 중재적 시술을 시행한 환자군(CI)으로 나누어 시술이 시행되는 동안에 시술자의 피폭 선량을 측정하였다. 시술자의 피폭선량은 electronic personal dosimeter(SPD-9100, SFT technology, Korea)를 사용하여 갑상선(Ho) 위치의 thyroid protector위에서 측정하였고 시술자의 가슴위치(Hu)의 apron 안쪽에서 각각 측정하였다. thyroid protector 위치의 측정기 불확도는 8.7%이고 교정인자 k=0.93이고 가슴 위치 측정기의 불확도는 8.4%, 교정인자 k=0.88이다. 측정기는 각 검사를 시행하는 과정에서 시술자는 납유리(0.5 mmPb)를 이용한 차폐를 실시하였고 0.5 mmPb를 함유한 apron을 착용하고 시술을 시행 하였다. 시술자의 유효선량(effective dose)의 환산을 위해 Eq. 1)을 사용하였다.^[6]

$$E = 0.5H_u + 0.025H_o \quad (1)$$

Table 1. Result of the patient hight, weight and age frequency analysis.

	Height(cm)	Weight(kg)	Age(year)
Average	159	63.09	68
Min	140	40.00	35
Max	176	103.00	92

연구에 사용된 혈관조영장치는 필립스사의 Allura C V20(Philips N.V)으로 혈관조영장치에 사용된 X선 튜브는 0.4 mm와 0.7 mm 의 초점을 사용하고 있으며 X선의 타깃의 각도는 11°이다. 사용된 디텍터는 CsI 신틸레이터를 사용하는 aSi 디텍터로 40 cm × 20 cm 크기에 픽셀 사이즈는 154 mm × 154 mm이다. 비트 깊이(Bit depth)는 14이다. 모든 환자는 15 frame/sec의 cine mode로 검사되었고 투시촬영은 일반모드로 설정하여 진행하였다.

통계분석은 SPSS V22(IBM corp. US)를 사용하여 빈도분석과 상관관계 분석을 시행하였다.

III. RESULT

전체 샘플에서 심장혈관 조영술을 시행한 환자는 113명(76.9%)이었고, 심장혈관 조영술과 중재적 시술을 동시에 시행한 환자는 34명(23.1%)이었다. 심장혈관 조영술의 도관 삽입 부위는 모든 환자가 팔목동맥을 통하여 검사를 시행하였다. 심장혈관 조영술의 빈도분석에서 남자는 46명(40.7%), 여자는 67명(59.3%)를 나타냈으며 심장혈관 조영술에 대한 피폭선량 통계는 Table 2와 같다. 총 누적면적선량의 최대값은 131.9 Gy·cm²을 나타냈고 최소값은 0.6 Gy·cm²을 나타냈고 평균 37.1 Gy·cm²을 나타냈다. 평균 454.7장의 영상이 검사 되었고 평균 투시시간은 165.9 sec이다.

Table 2. Result of the patient radiation dose frequency analysis at the CA(Cardiac angiography) examinations.

Meam	165.9	19642.3	17674.7	37130.3	650.5	8.7	454
Min	51.0	43.2	16.9	60.1	21.0	5.0	238
Max	713.0	89431.0	49601.0	131911.0	1971.0	19.0	1371
Max	2711	368009	140670	796880	8801	63.0	4707

FT: fluoro tome(sec), CDF: cumulated dose area product of fluoro-graphy(mGy·cm²), TD: total dose area product(mGy·cm²), CDE: cumulated dose area product of exposure(mGy·cm²), CAK: cumulated air kerma(mGy), TR: total run, TI: total images

심장혈관 조영술과 중재적 시술을 동시에 시행한 환자에서 30명(88.2%)이 팔목동맥을 통해 도관을 삽입했고 4명(11.8%)이 넓다리동맥을 통해 검사하였다. 심장혈관 조영술과 중재적 시술을 동시에 시행한 환자의 피폭선량은 Table 3과 같다. 총 누적면적선량의 최대값은 796.3 Gy·cm²을 나타냈고 최소값은 39.9 Gy·cm²을 나타냈고 평균 213.3 Gy·cm²을 나타냈다. 평균 1613.7장의 영상이 검사 되었고 평균 투시시간은 1200 sec 이다.

Table 3. Result of the patient radiation dose frequency analysis at the CAG(Cardiac angiography) and PCI(percutaneous coronary intervention) examinations.

	FT	CDF	CDE	TD	CAK	TR	TI
Meam	1200	131389.2	57743.7	213312.6	3486.6	31.2	1613
Min	117	16936	8564	39940	618	13.0	612
Max	2711	368009	140670	796880	8801	63.0	4707

FT: fluoro tome(sec), CDF: cumulated dose area product of fluoro-graphy(mGy·cm²), TD: total dose area product(mGy·cm²), CDE: cumulated dose area product of exposure(mGy·cm²), CAK: cumulated air kerma(mGy), TR: total run, TI: total images

CA만을 시행한 경우 시술자의 effective dose의 최소 0.39 uSv, 최대 30.6 uSv를 나타냈고 평균 유효선량은 4.11 uSv를 나타냈다. CI를 시행한 경우 유효선량은 최소 1.618 uSv, 최대 202.805 uSv를 나타냈고 평균 유효선량은 34.41 uSv를 나타냈다. 환자에게 조사되는 면적선량(dose area product)과 시술자의 effective dose와의 상관관계 분석에서 CA에서 pearson 상관계수는 0.655 (p=0.001)로, CI에서는 pearson 상관계수는 0.513(P=0.01)로 유의한 것으로 나타났다. CA에서 시술자의 유효선량과 면적선량과 R제곱 값은 0.42402으로 양의 상관관계를 나타냈고 CI에서 시술자의 유효선량과 면적선량 값의 R제곱 값은 0.24015의 양의 상관관계를 나타냈다.

CA에서 시술자의 유효선량과 총 투시시간과의 상관관계 분석에서 pearson 상관계수는 0.599(p=0.01)로 유의한 상관관계를 보였고 전체 획득 영상수와 시술자의 유효선량과의 pearson 상관계수는 0.288(p=0.01)로 유의한 상관관계를 보였다. CI에서 시술자의 유효선량과 전체 획득 영상수의 pearson 상관계수는 0.395(p=0.05)로 나타났고 투시시간과의 pearson 상관계수는 0.597(p=0.01)을 나타냈다. CA와 CI의 시술자의 측정 위치에 따른 선량 값은 Table 4와 같다.

Table 4. Radiation dose of each measurement levels for operator.

		Under(uGy)	Over(uGy)	Thyroid(uGy)
CAG	Mean	0.298	20.162	15.847
	Min	0.005	1.860	1.510
	Max	2.570	114.250	118.710
	SD	0.346	17.032	15.863
	Mean	2.391	123.199	89.811
PCI	Min	0.100	7.250	4.550
	Max	27.410	325.690	263.020
	SD	4.682	86.392	71.533

Under: under shield on chest level, Over: over shield on chest level, Thyroid: over shield on thyroid level

전체 샘플에서 접근혈관의 부위에 따른 시술자의 유효선량은 팔목동맥 천자에서 평균 10.517 uSv를 나타냈고 넓다리동맥 천자에서 32.62 uSv를 나타냈다. Ap 천자 부위에 따른 시술자의 유효선량은 Table 5와 같다.

Table 5. Effective dose of operator by each approach vascular (uSv)

Vascular Approach	Mean	N	Min	Max	Range
Radial	10.5170	143	0.39	202.81	202.42
Femoral	32.6269	4	1.95	67.45	65.50
Total	11.1186	147	0.39	202.81	202.42

IV. DISCUSSION

ICRP에서는 일반인의 방사선피폭 선량한도는 연간 1 mSv 이내로 규정하고 있고 방사선 작업종사자의 선량한도는 연간 20 mSv로 5년에 100 mSv를 넘지 못하도록 규정하고 있다.^[7] 시술자의 방사선 피폭은 X선 튜브와 환자 사이에서 발생하는 산란선에 영향을 받는다는 적절한 차폐기구를 사용하거나 거리역자승법칙(inverse square law)에 따라 감소하기 때문에 적절한 거리를 유지하여 감소시킬 수 있다.^[8] 심장혈관 중재적 시술자의 머리에 조사되는 방사선은 가슴부위 납앞치마 아래에서 측정되는 것 보다 10에서 20배 높게 측정된다. 본 연구의 결과에서 갑상선 위치에서 측정된 선량을 머리가 받은 선량으로 대체할 경우 CI에서 평균 받는 선량을 연평균 1000건의 시술을 시행하는 것으로 할 경우 90 mSv/year에 해당한다. 이를 2년 누적할 경우 눈의 제한선량인 150 mSv를 초과하는 수치이다.^[7] 따라서 시술자의 눈에 조사되는 방사선 피폭을 최소화하기 위해 납안경과 같은 차폐기구를 사용해야 한다. 중재적 시술에서 발생하는 시술자의 평균 유효선량인 34.41 uSv를 1년에 1000건을 시술하는 것으로 환산할 경우 방사선 관계종사자의 연간 선량한도인 20 mSv를 초과하는 34.11 mSv에 해당하는 수치이다. 이는 10년간의 생애시간으로 환산하면 344 mSv를 초과하는 수치이다. 2012년 발표된 ICRP 자료에서는 500 mSv로 방사선 피폭을 받은 개인 1%에서 심혈관 질환이나 뇌혈관 질환을 일으킬 수 있다고 보고했고 저선량 방사선(누적선량 500 mSv)의 전신조사에서도 암과 같은 형태로 심혈관 질환이 발생할 수 있는 것으로 보고되었다.^[9,10] X선이나 γ선과 같은 방사선 조사에서 장기간에 걸친 50~100 mSv의 방사선 피폭은 직접적으로 인 구집단의 암 발생 위험을 높이는 근거가 보고되고 있다.^[10] 시술자의 생애주기를 30년으로 환산할 PCI에서

받은 선량은 약 1.03 Sv는 흡수선량(absorbed dose)으로 환산할 경우 약 1 Gy에 해당하는 수치이다. 급성조사에서 2 Gy가 피부에 조사될 경우 홍반이나 탈모를 일으킬 수 있다.

Helmut W 등의 연구결과에서 CA만 시행한 경우 시술자의 피폭선량은 넓다리동맥 천자에서 32±39 uSv를 나타냈고 팔목동맥 천자에서 64±55 uSv를 나타내어 본 연구의 결과와는 다소 차이를 보였다.^[11]

본 연구에서 시술자의 피폭선량이 팔목동맥 천자가 넓다리동맥 천자보다 작은 선량이 부가된 것은 넓다리동맥 천자가 모두 중재적 시술에 해당하는 검사이기 때문으로 넓다리동맥 천자 시술이 긴 시간 동안 시술이 시행되었기 때문이다. Helmut W 등의 연구결과와의 차이를 설명하기 위해서는 병변의 구분에 대한 시술자의 선량의 차이에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. CONCLUSION

심장혈관 중재술은 의료방사선의 피폭에 있어 CT 다음으로 큰 부분을 차지하고 있다. 특히 심장혈관 중재적 시술의 경우 환자 뿐 아니라 시술에게도 많은 방사선 피폭을 부가하게 된다. 따라서 시술이 시행되는 동안 환자와 시술자의 방사선 방어가 적절히 이루어질 수 있도록 하여야 하며 검사의 최적화와 정당성을 확보하여 안전한 검사가 될 수 있도록 해야 한다. 국내의 경우 심장혈관 분야의 방사선 피폭에 대한 조사는 영상의학 분야의 방사선 피폭에 대한 조사보다 정보가 부족한 것이 현실이다. 본 연구에서는 한 개의 대학 병원을 대상으로 심장혈관 분야 시술자의 방사선 피폭에 대한 평가를 진행하였지만 본 연구의 결과를 바탕으로 전국적인 심장혈관 방사선 피폭의 현황을 평가를 시행하여 환자 뿐 아니라 시술자에 대한 방사선 피폭을 최소화하는 노력을 진행하여야 할 것이다.

Reference

[1] E. Picano, G. Santoro, E. Vano. "Sustainability in the cardiac cath lab." *The international journal of cardiovascular imaging*, Vol. 23, No. 2, pp. 143-147, 2007.

[2] K. Faulkner, H. G. Love, J. K. Sweeney, R. A. Bardsley, "Radiation doses and somatic risk to patients

during cardiac radiological procedures." *The British journal of radiology*, Vol. 59, No. 700, pp. 359-363. 1986.

- [3] W. K. Jeong, "Radiation exposure and its reduction in the fluoroscopic examination and fluoroscopy-guided interventional radiology." *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1269-1276, 2011.
- [4] C. Thomas, J. Gerber, Carr Jeffrey, E. Andrew, Arai, L Robert. Dixon, A. Victor. Ferrari, S. Antoinett, Gomes, Gary V. Heller, Cynthia H. Mc Collough, F. Michael. Mc Nitt-Gray, A. Fred. Mettler, H. Jennifer, Mieres, L. Richard, Morin, V. Michael, Yester. "Ionizing radiation in cardiac imaging A Science advisory from the american heart association committee on cardiac imaging of the council on clinical cardiology and committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention." *Circulation* Vol.119, No.7, pp. 1056-1065, 2009.
- [5] H. Järvinen, N. Buls, P. Clerinx, J. Jansen, S. Miljanić, 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*, 2008.
- [6] National Council on Radiation Protection and Measurements. Use of personal monitors to estimate effective dose equivalent to workers for external exposure to low-LET radiation. NCRP Report No. 122, 1995.
- [7] International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Elsevier, 2007.
- [8] M. K. Kalra, M. M. Maher, T.L. Toth, L. M. Hamburger, M. A. Blake, J. A. Shepard, S. Saini, "Strategies for CT radiation dose optimization 1." *Radiology*, Vol. 230, No. 3, pp. 619-628, 2004.
- [9] F.A. Stewart, A.V. Akleyev, M. Hauer-Jensen, J.H. Hendry, N.J. Kleiman, T.J. MacVittie, B.M. Aleman, A.B. Edgar, K. Mabuchi, C.R. Muirhead, R.E. Shore, W.H. Wallace. 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. ICRP publication 118. Elsevier, 2012.

- [10] L. Yu, X. Liu, S. Leng, J. M. Kofler, J. C. Ramirez-Giraldo, M. Qu, J. Christner, J. G. Fletcher, C. H. McCollough. "Radiation dose reduction in computed tomography: techniques and future perspective." *Imaging in medicine*, Vol. 1, No. 1, pp. 65-84, 2009.
- [11] H. W. Lange, H. V. Boetticher. "Randomized Comparison of Operator Radiation Exposure During Coronary Angiography and Intervention by Radial or Femoral Approach." *Catheterization and Cardiovascular Interventions* Vol. 67, No. 1, pp. 12-16, 2006.

심장혈관 중재적 시술의 시술자 피폭 선량에 관한 연구

김정수,¹ 권순무,² 정혜경,³ 이봉기,⁴ 류동열,⁴ 권호석,⁵ 조병렬,^{4*}

¹충북보건과학대학교 방사선과

²대구보건대학 방사선과

³차의과대학 분당차병원 영상의학과

⁴강원대학교 의학전문대학원 심장내과학교실

⁵강원대학교병원 심혈관센터

요 약

심장혈관 조영술과 심장혈관 중재술은 심장혈관 질환을 치료하는 안전하고 효율적인 시술이다. 그러나 시술이 이루어지는 동안 환자와 시술자의 방사선 피폭에 대해서는 주의가 필요하다. 본 연구의 대상으로는 2015년 9월부터 2016년 1월 사이에 강원도 소재 한 대학병원의 심혈관센터에서 시행된 147명의 심장혈관 조영술(CA)과 심장혈관 중재술(CI)을 시행한 환자를 대상으로 시술자의 피폭선량을 평가하였다. CA만을 시행한 경우 시술자의 유효선량은 최소 0.39 uSv, 최대 30.6 uSv를 나타냈고 평균 유효선량은 4.11 uSv를 나타냈다. CI를 시행한 경우 유효선량은 최소 1.618 uSv, 최대 202.805 uSv를 나타냈고 평균 유효선량은 34.41 uSv를 나타냈다. 본 연구의 결과에서 갑상선 위치에서 측정된 선량을 머리가 받은 선량으로 대체할 경우 PCI에서 평균 받는 선량을 연평균 1000건의 시술을 시행한다고 할 경우 90 mSv/year 에 해당한다. 이를 2년 누적할 경우 눈의 제한선량인 150 mSv를 초과하는 수치이다. 심장혈관 중재적 시술은 의료 방사선의 피폭에 있어 CT 다음으로 큰 부분을 차지하고 있다. 따라서 시술이 시행되는 동안 환자와 시술자의 방사선 방어가 적절히 이루어질 수 있도록 하여야 하며 검사의 최적화와 정당성을 확보하여 안전한 검사가 될 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 시술자에게는 적절한 교육이 이루어져야 하고 시술 중에는 개인방어 장비를 착용하여야 하며 모니터링을 통해 환자와 시술자의 피폭선량을 줄이는 노력이 필요하다.

중심단어: 심장혈관 조영술 피폭선량, 심장혈관 중재술 피폭선량, 시술자피폭선량, 유효선량