

<원저>

## 두경부 질환의 인터벤션 시술 시 시술자의 피폭선량평가를 위한 공간선량측정에 관한 연구

### - Measurement of Spatial Dose Distribution for evaluation operator dose during Neuro-interventional Procedures -

<sup>1)</sup>한국원자력의학원 방사선기기부·<sup>2)</sup>극동대학교 방사선학과

한수철<sup>1)</sup>·홍동희<sup>2)</sup>

— 국문초록 —

두경부 질환의 인터벤션 시술 시 시술자가 받는 피폭선량의 평가 및 감소연구를 위한 선행 연구로써, 이온 전리함을 이용하여 인터벤션 시술 시 시술자의 위치하는 공간선량 분포를 측정하였다. Bi-plane 인터벤션 시술 장비를 대상으로 4개 구역(45, 135, 225 그리고 315도)으로 나누어 가상의 시술자가 있다는 가정아래에 시술자의 결정장치 위치에서 거리(80, 100, 120, 그리고 140 cm)에 따라 조사선량을 측정하였으며, 방사선발생장치의 위치를 변화시켜 선량변화를 분석하였다. 시술자의 대부분이 위치하는 225도의 구역의 조사선량은 가장 가까운 거리인 80 cm에서 시술자 눈의 높이에서 114.5 mR/h, 가슴의 높이는 143.1 mR/h, 그리고 생식기위치는 147 mR/h이었다. 그리고 방사선 발생장치의 위치를 시술자 가까이로 변화시켰을 경우, 평균적으로 18.1±10.5%의 선량이 증가하였다. 본 연구에서 인터벤션 시술 동안 시술자가 위치할 수 있는 곳의 공간선량분포를 확인하였으며, 본 연구 결과를 통하여 시술자의 방사선 방어에 대하여 구체적인 계획을 수립할 수 있을 것이라 사료된다.

**중심 단어:** 두경부 질환의 인터벤션 시술, 시술자 선량, 공간선량

## I. 서 론

두경부 질환의 인터벤션 시술은 방사선 영상장비를 바탕으로 비침습적, 비수술적인 방법으로 뇌혈관 질환 및 관련 신경질환을 정확히 진단하고 보다 정확한 방법으로 치료하는 것이다. 인터벤션 시술의 특성 상 환자 및 시술자는 장시간 동안 방사선에 노출되게 되며<sup>1)</sup>, 그 중 두경부 질환의 인터벤션 시술은 환자의 결정장기인 수정체 및 갑상선 등이 조사야 내에 포함되어 방사선 장해에 더 크게 노출된 가능성을 가지고 있다<sup>2,3)</sup>.

두경부 질환의 인터벤션 시술 시 환자 및 시술자의 피폭선량에 관한 연구는 국내외적으로 많이 진행되어 왔다. 예를

들어 Moritake T는 유리선량계를 이용하여 환자 및 시술자의 선량을 측정하였으며<sup>4)</sup>, Persliden J는 인터벤션 시술 시 환자 및 시술자의 선량을 시술 부위에 따라서 분석하였다<sup>5)</sup>.

환자 및 시술자의 피폭선량을 감소시키기 위하여 국제방사선보호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서는 Publication 85발간을 통하여<sup>6)</sup> 인터벤션 시술 시 피부선량의 장해에 대하여 기술 하였으며, 환자 및 시술자의 피폭된 선량을 고려하여 시술하기를 권고하고 있다.

또한 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)에서는 기술 보고서인 IAEA-TECDOC-1641의 통하여<sup>7)</sup>, 인터벤션 시술 중 환자선량을 최적화 시킬 수

Corresponding author: Su Chul Han, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences 75, Nowon-ro, Nowon-gu, Seoul, 01812, Korea / Tel: +82-2-970-1385 / E-mail: calmhan@kiram.s.re.kr

Received 4 August 2016; Revised ; 12 september 2016; Accepted 12 september 2016

있는 가이드라인을 제시하였다. 그리고 국내 식품의약품안전처에서는 인터벤션 시술 시 환자의 피폭선량 평가 및 시술자의 방사선량 평가에 관한 연구를 여러 차례 발표하였다<sup>8-10)</sup>. 그리고 인터벤션 시술 시 환자의 선량을 감소시키기 위하여 부가적 필터를 이용하거나 납 및 비스무스 등을 이용하여 결정장기를 직접 차폐하는 연구 등을 진행되어 왔다<sup>11-13)</sup>.

본 연구는 인터벤션 시술 동안 환자가 받는 선량만큼이나 장시간 동안 방사선에 노출되는 시술자의 선량감소를 위한 선행연구로 인터벤션 시술 장비를 중심으로 시술자에게 조사되는 선량 분포를 확인하기 위하여, 이온전리함을 이용하여 방사선 발생장치가 두 개인 Bi-plane 인터벤션 시술 장비에서 공간선량을 평가한다.

## II. 연구 재료 및 방법

두경부 질환의 인터벤션 시술 시 시술자에게 조사되는 선량을 측정하기 위하여 이온전리함(1800cc, Capintec, USA)을 이용하여 다음과 같이 공간선량을 평가하였다. 두경부 질환의 인터벤션 시술 장비(Artis Zee, Biplane, Siemens, Germany)에서 Fig. 1과 같이 두 개의 방사선장치의 방사선이 교차되는 중심에 레이저 포인터를 위치시킨 후, 그 레이저를 기준으로 45도, 135도, 225도, 그리고 315도의 4개의 구역으로 나누었으며, 인터벤션 시술을 하는 동안 환자에서 나오는 2차 산란선을 고려하기 위하여 인체모형 팬텀을 환자 테이블에 위치시켰다.

그리고 두 개의 방사선 발생장치들 중 한 개의 위치는 전후 방향으로 180도 위치시켰으며, 또 다른 방사선 발생장치는 측 방향으로 90도에 위치시킨 상태에서 두 개부를 조사를 위한 임상 조사 조건 (72.9 kVp, 319 mA, 63.8 kVp, 366.4 mA)으로 두 개의 방사선 발생장치를 동시에 조사하여, 시술자가 위치할 수 있는 4개의 구역에 대하여 거리(80 cm, 100 cm, 120 cm 그리고 140 cm)에 따라 측정장비의 선량률(Dose rate) 모드를 이용하여 조사선량률을 3회 측정 한 값의 평균값으로 조사선량률을 결정하였다. 시술자에 조사되는 선량을 평가하기 위하여 시술자의 신장을 175cm으로 가정하고, 결정장기가 위치한 눈(eyes), 가슴(breast), 그리고 생식기(gonad)에 이온전리함을 위치하여 조사선량을 측정하였다(Fig. 2). 방사선 발생장치의 위치에 따라 시술자가 받는 선량의 변화를 확인하기 위하여 측 방향의 방사선발생장치를 270도에 위치시켜 측정 한 후 90도에 위치하였을 때 측정된 결과와 비교분석하였다.

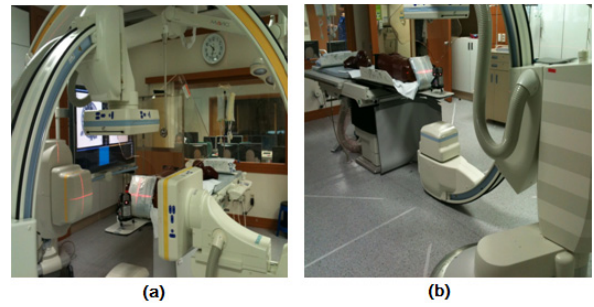


Fig. 1 Neuro-interventional X-ray equipment (a) Cross center between two x-ray generators (b) Operator area for interventional procedure

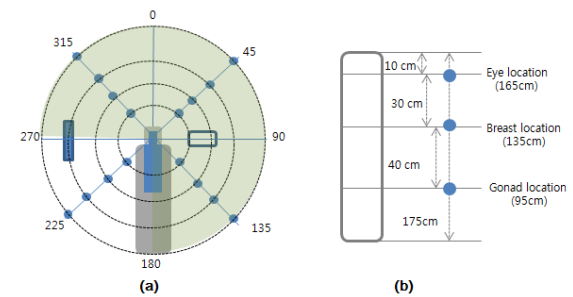


Fig. 2 Schematic diagram for measurement of spatial dose distribution for evaluation operator dose during neuro-interventional procedures (a) point of measurement depending on the distance (b) location of critical organs in operator

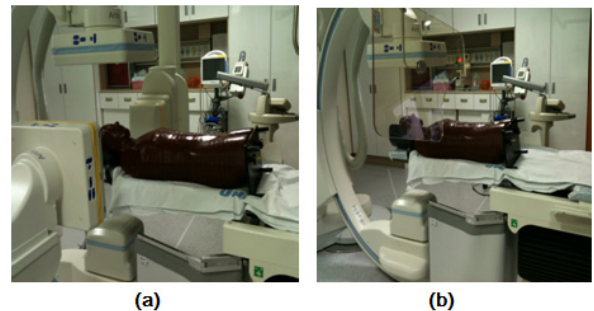


Fig. 3 Dose reduction with lead glass (a) measurement of exposure without lead glass in the location of eyes (b) measurement of exposure with lead glass in the location of eyes

Fig. 2 (a)에서 225도의 구역은 대부분의 시술자가 위치하는 곳으로 인터벤션 시술 시 시술자의 선량 감소를 위하여 사용되고 있는 납 유리( 0.5mm Pb 등가물질, Lead Acrylic shield OT50011, MAVIG, Germany)를 시술자의 눈높이에 위치 시켜 선량이 감소되는 정도를 확인하였다(Fig. 3).

### III. 결 과

Fig. 4는 인터벤션 시술 시 시술자가 받는 선량을 측정하기 위하여 이온전리함을 이용하여 거리에 따라 시술자의 결정장기의 위치에서 조사선량률을 측정된 결과를 보여주고 있다.

Fig. 4에서 확인할 수 있듯이 거리가 멀어지면서 조사선량률을 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 결정장기의 위치에 따라 조사선량률이 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. Fig. 4 (a)는 시술자의 눈의 위치에서 측정한 값으로 시술자가 대부분 위치하고 있는 225도의 구역에서 거리에 따라 80 cm (114.54 mR/h), 100 cm (82.11 mR/h), 120 cm (61.26 mR/h), 그리고 140 cm (45.33 mR/h)이었다. 그리고 Fig. 4 (b)는 가슴의 위치에서 측정한 값으로 동일하게 225도에서 측정한 결과를 거리에 따라 80 cm (143.1 mR/h), 100 cm (94.5 mR/h), 120 cm (57.9 mR/h), 그리고 140 cm (49.5 mR/h)이었다. Fig. 4(c)는 생식기가 위치하는 높이

로 225도에서 측정한 결과를 거리에 따라 분석한 결과는 80 cm (147.6 mR/h), 100 cm (92.7 mR/h), 120 cm (61.5 mR/h), 그리고 140 cm (47.4 mR/h)이었다. Fig. 4(d)는 Fig. 3b과 같이 납유리를 시술자의 눈의 위치에 시키고, 이온전리함을 이용하여 측정한 결과를 보여주고 있다. 이때 측정된 조사선량률은 거리에 따라 80 cm (4.17 mR/h), 100 cm (4.29 mR/h), 120 cm (3.24 mR/h), 그리고 140 cm (3.15 mR/h)로 크게 차이는 없었으며, 방사선 발생장치와 가장 가까운 위치에 있는 80 m의 경우에는 납유리를 사용하기 전에 비해 약 96.3%가 차폐되는 것을 확인할 수 있었다

Fig. 5는 방사선 발생장치 중 90도에 위치한 lateral 방향의 방사선 발생장치를 270도로 이동하였을 때, 공간선량 분포를 보여주고 있다. 225도에 위치하는 시술자는 방사선 발생장치와 가까워지게 되어, 90도에 위치한 경우에 비해 선량을 증가하게 된다(Table 1). 선량 증가율은 270도에 방사선 발생장치가 위치할 경우, 90도에 비해 가장 가까운 거

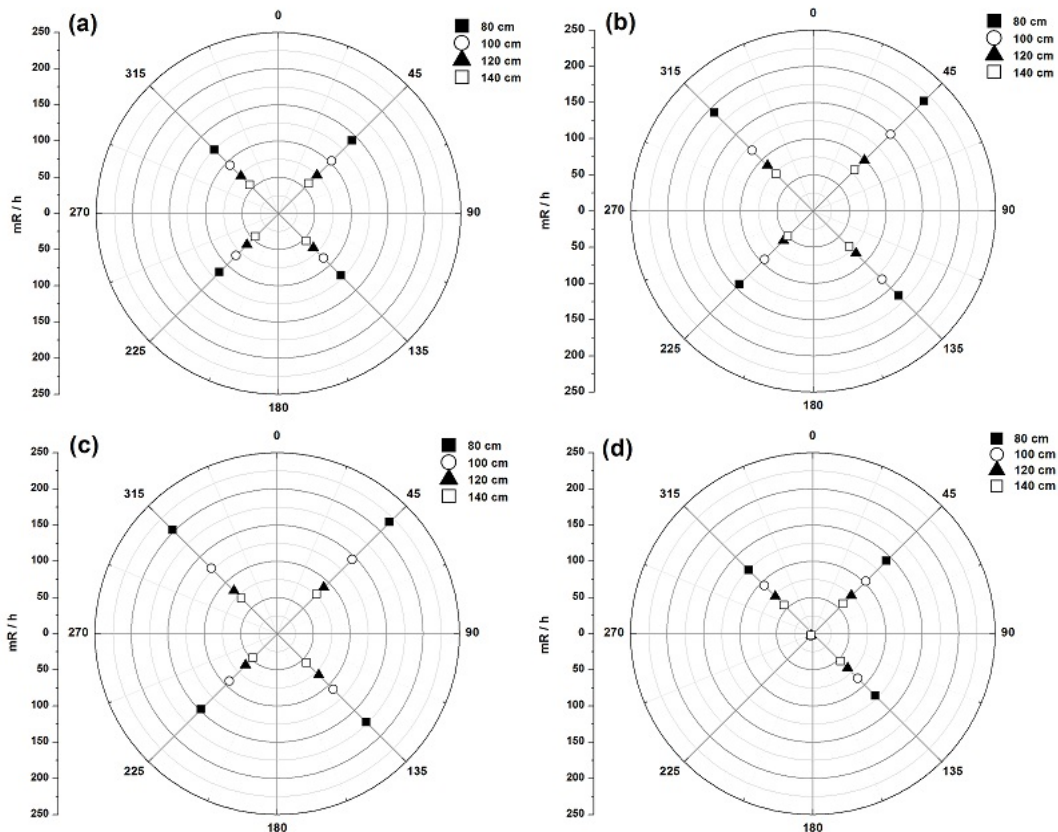
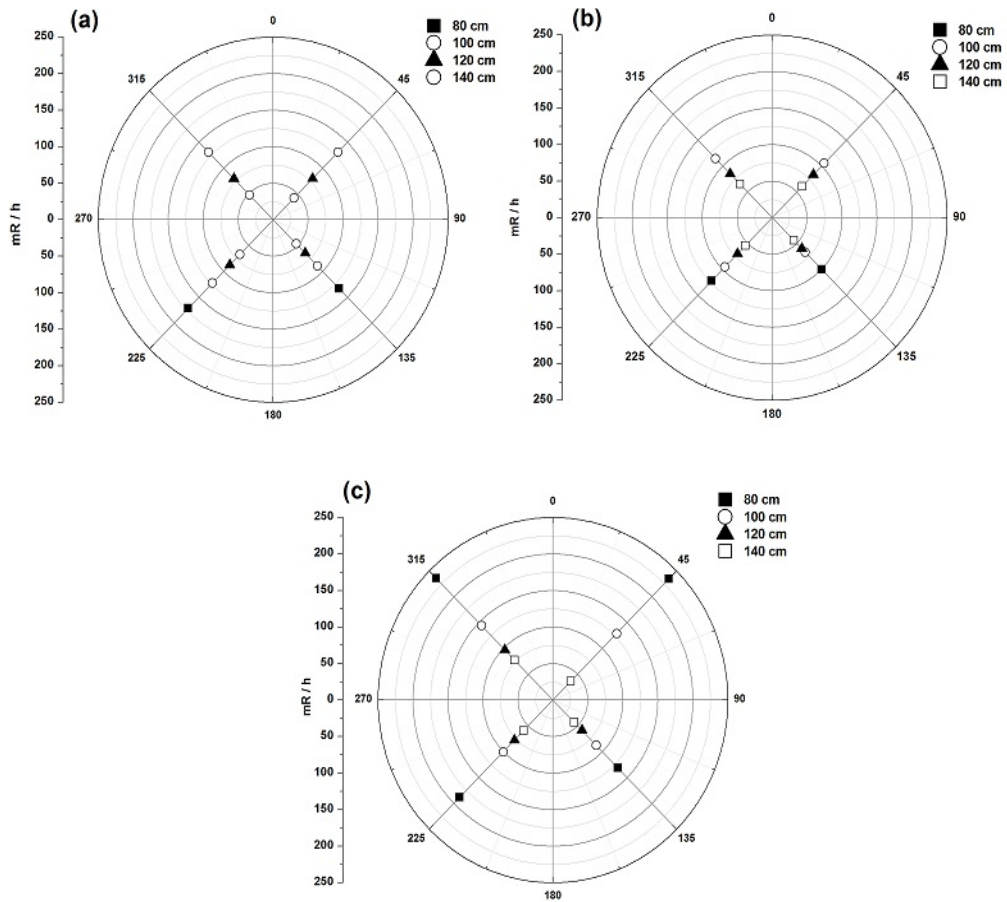


Fig. 4 Spatial dose distribution for evaluation operator dose during neuro- interventional procedure (a) location of critical organ(eyes), (b) location of critical organ(breast), (c) location of critical organ (gonad), (d) location of critical organ(eyes), shielding with lead glass



**Fig. 5** Spatial dose distribution for evaluation operator dose during neuro- interventional procedure according to changes of location x-ray generator (lateral view) (a) location of critical organ(eyes), (b) location of critical organ(breast), (c) location of critical organ (gonad)

**Table 1** Comparison of spatial dose distribution according to changes of location x-ray generator (lateral view) (mR/h)

location of x-ray generator (lateral)		90 degree			270 degree		
distance	location	Eyes	Breast	Gonad	Eyes	Breast	Gonad
80 cm		114,5	143,1	147,6	122,4	171,6	188,4
100 cm		82,1	64,5	92,7	95,4	122,7	100,5
120 cm		61,3	57,9	61,5	69,9	87,6	77,7
140 cm		45,3	49,5	47,4	54	67,2	59,1

리인 80 cm에서 눈 위치의 조사선량률은 6.9% 증가하였으며, 가슴 위치의 경우, 19.9% 마지막으로 생식기의 위치는 27.6%로 가장 많이 증가하였다.

#### IV. 고 찰

두경부 질환의 인터벤션 시술 시 환자 및 시술자 선량에 관한 연구는 국내외적으로 진행되어 왔다. 특히 환자의 선량에 대한 평가는 유리선량계 및 열형광 선량계와 같은 소자를 직접 환자 몸에 부착하여 환자표면선량을 평가하였

다. 그리고 환자에 조사되는 선량평가를 위하여, 면적선량 등을 평가하여 간접적으로 환자에 피폭되는 선량을 계산하였다<sup>13-16)</sup>. 그리고 저에너지 영역에 맞는 필름을 이용하여 환자 몸에 부착하여 환자의 표면선량을 측정하였다<sup>17)</sup>. 이와 같은 측정 방법은 대부분은 실시간적으로 환자의 표면 선량을 평가하는 것이 아니라 시술 이후 방사선이 조사된 측정 소자에 대하여 평가 후 환자의 표면선량을 계산하는 방법이었다.

본 연구는 1,800cc의 이온전리함을 이용하여, 인터벤션 시술할 때와 동일한 조사조건에서 실시간적으로 선량을 평가하였다. 그리고 시술자의 몸에 부착한 방법과는 다르게, 시술자가 시술하는 동안 위치할 수 있는 영역을 4가지 나누어 공간선량 분포를 확인하여, 시술자의 받는 선량을 예측할 수 있는 연구를 진행하였다. 그리고 Bi-plan 인터벤션 시술 장비는 두 개의 방사선 발생장치를 이용하여 입체적으로 의료영상을 획득할 수 있게 되며, 한 개의 방사선 발생장치에 비해 빠르게 이미지를 획득할 수 있지만 두 개의 방사선 발생장치를 모두 사용하여 환자의 실시간 이미지를 획득할 경우, 더 많은 선량이 환자 및 시술자에게 피폭될 가능성이 가지고 있다.

본 연구는 두 개의 방사선 발생장치를 모두 사용한다는 가정 아래에 방사선 발생장치의 위치를 변화시켜 시술자가 위치한 공간선량을 평가하였으며, 방사선 발생장치에 위치에 따라 시술자가 받는 선량에는 변화가 있음을 확인하였다. 하지만 본 연구에서는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 실제 측정 소자를 시술자에 부착하여 선량을 평가한 결과가 아니라 시술자가 위치할 수 있는 위치를 가정하여 공기 중의 선량을 측정하였으므로 측정된 값이 시술자가 직접 피폭되는 선량과 차이는 있을 수 있다. 그리고 시술자 위치하는 영역을 4가지로 제한하여 시술자의 공간선량을 평가하였으므로 시술자의 위치 구분에 대한 제한성을 가지고 있다. 그리고 두경부 질환에 대한 인터벤션의 시술을 장시간 재현하기 보다는 선행적인 연구로 수행한 연구이다. 추후 본 연구 결과를 통하여 측정된 공간선량과 몬테칼로 전산모사를 통하여 시술자의 위치를 제한하지 않는 전체적인 선량 분포지도 결과를 구현하여 측정된 결과와 비교할 예정이며, 유리선량계 및 광자극발광선량계와 같은 측정 소자를 시술자에게 직접 부착하여 장시간의 인터벤션 시술동안 표면선량을 측정하여 본 연구의 측정결과와 비교분석할 예정이다.

본 연구결과를 이용하여 시술자가 인터벤션 시술하는 동안, 방사선 발생장치의 위치를 고려하여 사용한다면, 시술자에게 피폭되는 선량을 감소시킬 수 있을 것이라 사료된다. 또한 대부분의 시술자는 방사선 차폐복(Lead Apron)을

착용하고 시술을 하고 있으며, 여러 가지 보호 장비를 착용하고 시술하고 있으며, 이와 함께 더불어 납유리와 같은 부가적인 차폐 장비를 이용하여 시술자가 받는 선량을 최소화시킬 수 있을 것이라 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 이온전리함을 이용하여 두경부 질환의 인터벤션 시술 시 시술자가 위치할 수 있는 곳의 공간선량 분포를 확인하였다. 인터벤션 시술 시 사용되는 장비는 두 개의 방사선 발생장치를 사용하는 Bi-plane 장비로 그 위치에 따라 시술자가 받는 선량에 변화가 있음을 확인하였다. 본 연구결과를 고려하여, 시술자가 위치할 수 있는 곳의 공간선량 분포를 인지하고 시술자의 피폭선량에 관한 연구를 계속적으로 진행한다면 시술자의 피폭선량 감소에 관한 연구에 있어 도움이 될 수 있을 것이라 사료된다.

## REFERENCES

1. Marshall NW, Noble J, Faulkner K : Patient and staff dosimetry in neuroradiological procedure. The British Institute of Radiology. 68, 495-501, 1995
2. Cirai-Bjelac O, Re Hani M, Minamoto A, et al: Radiation-induced eyes lens and risk of cataract in interventional cardiology. Cardio-logy.123, 168-171, 2012
3. Mabuchi K, Hatch M, Little MP, Linet MS, Simon SL: Risk of thyroid cancer after adult radiation exposure time to re-assess ? Radia Res. 179, 254-256, 2013
4. Moritake T, Matsumaru Y, Takigawa T, et al: Dose measurement on both patient and operator during neurointerventional procedure using photoluminescence glass dosimeters. Am J Neuroradiol. 29, 1910-1917, 2008
5. Pesliden J: Patient and staff dose in interventional x-ray procedure in Sweden. Radiat. Prot. Dosimetry. 114, 150-157, 2005
6. International Commission of Radiological protection: Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedure. 2001

7. International Atomic Energy Agency : Patient dose optimization in fluoroscopically guided interventional procedures. 2010
8. Korea Food Drug Administration: Evaluation of radiation exposure of interventional radiologist. 2005
9. Korea Food Drug Administration: Research for safety guideline publication and analysis on exposure dose for interventional radiological radiation worker. 2006
10. Korea Food Drug Administration: study on the radiation exposure of the workers of the interventional radiology. 2013
11. Norbash A, Busick D and Marks M.,P.: Techniques for reducing interventional neuroradiologic skin dose: tube position rotation and supplemental beam filtration. *Am J Neuroradiol.* 17, 41-49, 1996
12. Shortt C.P, Malone L, Thornton J, Brennan P and Lee M. J. : Radiation protection to the eyes and thyroids during diagnostic cerebral angiography: a phantom study. *J Med Imaging Radiat. Oncol.*, 52, 365-369, 2008
13. Su chul Han and Soon Chan Kwon: Radiation dose and reduction to the critical organ with bismuth shielding during endovascular coil embolisation for cerebral aneurysms. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 156, 364-371, 2013
14. Suzuki S, Furui S, Matsumaru Y, et al: patient skin dose during neuroembolization by multi-point measurement using a radiosensitive indicator. *Am J Neuroradiol.* 29, 1076-108, 2008
15. Sandborg M, Rossitti S and Pettersson H : Local skin and eye lens equivalent doses in interventional neuroradiology. *Eur. Radiol.* 20, 725-733, 2010
16. Jaco J. W, and Miller D. L: Measuring and monitoring radiation dose during fluoroscopically guided procedures. *Tech. Vasc. Interv. Radiol.*, 13, 188-193, 2010
17. Delle canne S : Use of gafchromic XR type films for skin-dose measurement in interventional radiology: Validation of a dosimetric procedure on a sample of patients undergone interventional cardiology. *Phys. Med.* 22, 105-110, 2006

## •Abstract

### Measurement of Spatial Dose Distribution for evaluation operator dose during Neuro-interventional Procedures

Su-Chul Han<sup>1)</sup>·Dong-Hee Hong<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>*Division of Medical Radiation Equipment, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences*

<sup>2)</sup>*Dept. of Radiology Science, Far East University*

The spatial dose distribution was measured with ionization chamber as preliminary study to evaluate operator dose and to study dose reduction during neuro-interventional procedures. The zone of operators was divided into four area (45, 135, 225, and 315 degree). We supposed that operator exist on the four area and indicated location of critical organs(eyes, breast, gonad). The spatial doses were measured depending on distance( 80, 100, 120, and 140 cm) and location of critical organs. The spatial doses of area of 225 degree were 114.5 mR/h (eyes location), 143.1 mR/h (breast location) and 147 mR/h (gonad location) in 80 cm. When changed location of x-ray generator, spatial dose increased in  $18.1 \pm 10.5\%$ , averagely. We certified spatial dose in the operator locations, Using the results of this study, It is feasible to protect operator from radiation in neuro-interventional procedures.

**Key Words :** Neuro-interventional procedures, Operator dose, Spatial dose distribution