

Reducing Radiation Exposure Dose on Operator by Using Lateral Protection in Neuro-Intervention

Jongdeok Kim*, ByeoungJu Ahn**, Junhaeng Lee**

Dept. of Radiology, Chonnam Nat'l Univ. Hospital*, Dept. of Radiology, Nambu University**

뇌혈관 중재적시술에 있어 측방향 차폐체를 이용한 시술자 피폭 선량 저감화 방법 연구

김종덕*, 안병주**, 이준행**

전남대학교병원 영상의학과*, 남부대학교 방사선학과**

Abstract

The bi-plane cerebrovascular angiography radiation is done the radiation exposure at the forward and lateral direction as opposed to the one of the source. So, the exposure dose of radiation workers increases further. Therefore, the medical diagnostic radiation workers as well as patients is interested to ways to reduce the dose. The exposure dose of cerebral angiography and interventional radiology must be considered the primary radiation of X-ray tube directly, scattered primary radiation between lateral tube and lateral detector and relatively small secondary scatter radiation in the walls of room. The aim of study is that the exposure dose of primary and scatter radiation reduce as much as possible to install protection device of lateral protection than common shielding of table and ceiling. As a result, the dose of fluoroscopy was reduced approximately 3.64 times the gonads, thyroid approximately 3.13 times, 4.42 times around eyes. And the dose of DSA was reduced approximately 4.98 times the gonads, thyroid approximately 3.00 times, 1.67 times around eyes. Consequently, medical practitioners can be helpful for radiation dose-exposure for the lateral protection of bi-plane cerebrovascular angiography more than the common shield method in cerebrovascular angiography and interventional radiological procedures.

Key Word: bi-plane cerebrovascular, radiation workers, interventional angiology procedures, lateral protection

요 약

양방향 뇌혈관촬영기는 하나의 선원에서 방사선이 나오는 것이 아니라 정방향과 측방향에서 방사선 피폭이 이루어지기 때문에 방사선 관계종사자의 피폭이 더욱 많아질 수밖에 없다. 따라서 환자가 받는 선량도 중요하겠지만 시술을 시행하고 있는 방사선 관계종사자 역시 피폭선량을 줄일 수 있는 방법에 대해 많은 관심을 보이고 있다. 본 연구의 목적은 양방향 뇌혈관촬영기의 혈관검사 및 중재적방사선시술에 있어 X-선 관구에서 직접 조사되는 1차 방사선, 정방향 관구와 측방향 검출기사이에서 발생하는 1차 산란방사선, 상대적으로 적지만 촬영실 벽이나 바닥에서 반사되는 2차 산란방사선 발생을 간과하지 않을 수 없기에 기존의 일반적인 차폐방법인 천정형 차폐, 테이블형 차폐방법에서 보다

더 적극적인 차폐방법인 측방향 차폐체의 방어용구를 설치하여 시술자가 받는 직접방사선 및 산란방사선에 의한 피폭선량을 최대한 줄이고자 노력하였다. 그 결과 투시측정에서는 생식샘 약 3.64배, 갑상샘 약 3.13배, 눈 약 4.42배 정도 더 감소하였고, 디지털 감산 혈관조영측정에서는 생식샘 약 4.98배, 갑상샘 약 3.00배, 눈 약 1.67배의 피폭선량 감소효과를 얻어내었다. 결론적으로 양방향 뇌혈관촬영기의 혈관검사 및 중재적방사선시술시 설치하였던 측방향 차폐체의 방어용구는 일반적인 차폐방법보다 시술자의 피폭선량을 감소시키는데 많은 효과를 주었다고 사료된다.

중심단어: 양방향 뇌혈관촬영기, 방사선 관계종사자, 중재적방사선시술, 측방향 차폐체

I. 서론

양방향 뇌혈관촬영기는 하나의 선원에서 방사선이 나오는 것이 아니라 정방향과 측방향에서 방사선 피폭이 이루어지기 때문에 방사선 관계종사자의 피폭이 더욱 많아질 수밖에 없다. 따라서 환자가 받는 선량도 중요하겠지만 시술을 시행하고 있는 방사선 관계종사자 역시 피폭선량을 줄일 수 있는 방법에 대해 많은 관심을 보이고 있다. 기존에는 환자가 받는 피폭선량에 대한 논문이 상당히 많은 부분에서 비중 있게 다루어졌다. 특히 환자가 같은 부위를 상당시간 지속적인 피폭을 받게 됨으로써 결정적인 영향인 피부의 손상 및 탈모와 같은 부작용이 발생하기 쉽다. Suzuki, matsumaru 등은 6개의 기관, 103명을 대상으로 Neuroembolization 시 피부표면선량(entrance skin dose)을 연구한 결과 6명의 환자에서 탈모(alopecia)가 관찰되었으며, 최대 피부표면선량은 대부분 피부손상에 대한 임계(threshold)값을 초과했다고 보고하였다¹⁾. 본 연구에서는 환자보다는 환자를 직접 치료하고 시술하는 시술자의 피폭선량에 대하여 연구하고자 하였다.

본 연구의 목적은 양방향 뇌혈관촬영기의 혈관검사 및 중재적방사선시술에 있어 X선 관구에서 직접 조사되는 1차 방사선, 측방향 관구와 측방향 검출기 사이에서 발생하는 1차 산란방사선, 상대적으로 적지만 촬영실 벽이나 바닥에서 반사되는 2차 산란방사선 발생을 간과하지 않을 수 없기에 측방향 차폐체를 설치하기 전 피폭선량과 설치한 후 피폭선량을 측정하여 그 결과를 비교 분석해 보고 양방향뇌혈관촬영기를 이용한 혈관검사 및 중재적방사선시술시 시술자의 피폭선량을 최소화하기 위해 측방향 차폐체의 중요성에 대하여 평가하고자 하였다.

II. 실험기기 및 측정장치

1. 실험기기

혈관검사와 방사선중재적시술에 사용된 양방향 뇌혈관촬영기는 Philips Allura Xper FD 20/20(philips, eindhoven, netherlands)으로, 촬영조건은 Frontal tube 80 kV, Lateral tube 80 kV, 23 mA~1,000 mA의 범위 내에서 환자의 두께에 따라 mAs가 변환된다. X-ray를 검출하는 Detector의 크기는 48.26cm×43.18cm로 Frontal과 lateral이 동일하다. 시술대의 높이는 바닥에서 70cm, SID 100cm(정면, 측면 동일), 테이블과 Detector의 높이는 30cm를 기준으로 투시 조사야는 확대하지 않고 collimator 및 filter는 이용하지 않았다. 측정위치는 조직 장기의 상대적 위험도를 수치로 나타낸 조직가중치를 기준으로 눈(eye), 갑상샘(thyroid gland), 생식샘(gonad)을 측정하고자 하였다. Fig. 1은 양방향뇌혈관중재적시술시 시술자의 위치를 나타내고 있다. 여기에서 시술자 1은 대퇴부 동맥을 천자하여 주 시술을 시행하는 위치이고, 시술자 2는 시술의 보조역할로 시술시 대퇴동맥에 삽입된 도관의 빠짐을 막기 위해 도관을 잡고 있거나 뇌경색 환자의 기계적 혈전제거술을 시행할 때 주사기로 혈전을 흡입하는 업무 등을 담당한다.

이때 가장 관구 가까이에서 피폭에 노출되고 있는 시술자 2의 피폭선량을 측정하고자 하였다. 테이블의 피사체는 환자나 사람을 대신하여 모의 피폭체를 이용하였으며, 측방향 차폐체는 이동형 납 차폐체(mobile lead protector)로 양방향 뇌혈관촬영기의 테이블과 시술자의 직각이 되게 설치하였다

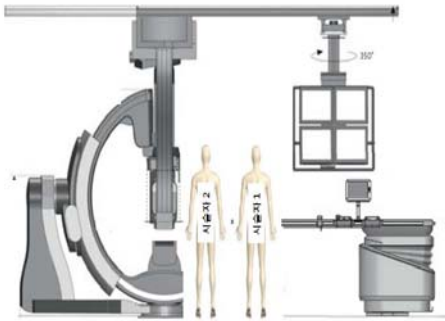


Fig. 1. Operator's position during biplane cerebral angiography procedure.

Fig. 2는 이동형 납 차폐체(mobile lead protection)로 이동이 가능하도록 바퀴가 설치되어 있으며, Lead Glass의 비싼 가격으로 상부는 시술시 환자의 상태를 살피거나 시술자와 의견 등을 교환할 목적으로 Lead Glass로 제작하였으며 하부는 납이 들어 있는 Frame Panel로 제작하게 되었다. 하지만 모양과 크기는 주문자의 의뢰에 따라 다양한 제작이 가능하다.



Fig. 2. Mobile lead protection.

본 실험에 사용한 이동형 납 차폐체의 전반적인 크기와 납 당량은 아래와 같다.

- Overall size : 900 mm(L) × 1,800 mm(H)
- Window size : 900 mm(L) × 800 mm(H)
- Window : Lead Glass 2.0 mmPb(Eqv)
- Frame and Panel : Lead 1.50 mmPb(Eqv)

2. 측정장치

2.1 방사선측정

방사선측정은 Ion chamber(radical corporation model 20×6-6-3, model 20×5-180), 광자극선량계(optically stimulated luminescence, OSL), 형광유리선량계(radiophotoluminescence glass dosimeter) 등으로 측정할 수 있으며, 본 실험에서는 Ion chamber와 광자극선량계를 이용하여 측정하였다. 또한 OSL의 측정값은 OSL 마이크로스타 관독기(OSL micro star dosimeter. U.S.A. landauer Inc)를 사용하여 획득하였다[Fig. 3], [Fig. 8].

1) 이온챔버(electrometer/ion chamber)

전리로 인해 생겨난 양이온이나 전자를 전기적으로 검출할 수 있어서 방사선 검출기를 만들어 쓰고 있으며, 방사선에 의해 기체가 이온화하면 양이온은 음극에 전자는 양극에 각각 끌려가므로 전류를 흐르게 한다. 또한 방사선의 종류에 따라 작용하는 물질 내에서 발생하는 이온의 밀도는 다르다[Fig. 3]^[2].

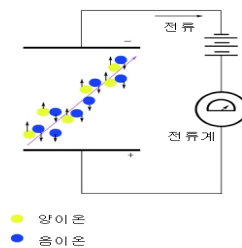


Fig. 3. The radiation detection principle of the ion chamber and the ion density per unit length.



Fig. 4. Measurement device main body.

2) 광자극선량계(OSL)

OSL이 개인선량 계측에 처음 사용되어진 것은 약 45년 전 Antonov-Romanovskii에 의해서다. 측정원리는 방사선에 조사된 알루미늄산화물에 특정 파장의 빛을 자극하면 빛 자극에 반응하여 나오는 또 다른 형광을 광전자 증배관으로 카운트 하는데, 이 형광의 양은 방사선량과 광 자극의 양에 비례하여 증가하는 원리를 이용한다. 장점으로는 감도의 안정성이 있으며, 환경적 영향이 없고, 판독 처리속도가 280 Ea/hr로 다른 선량계보다 매우 빠르다^[3].

OSL의 측정 방사선의 종류는 X-ray(5 KeV ~ 20 MeV), γ -ray(5 KeV ~ 20 MeV), β -ray(80 KeV ~ 3 MeV), 혼합방사선, neutron(40 KeV ~ 5 MeV, neutron은 OSLN으로 측정)등의 누적선량을 측정할 수 있으며, 0.01 mSv ~ 10 Sv 의 측정범위를 가지고 있다. OSL을 측정하기 위한 장치의 개략도와 측정된 OSL 곡선을 Fig. 5와 Fig. 6으로 각각 나타내었다.

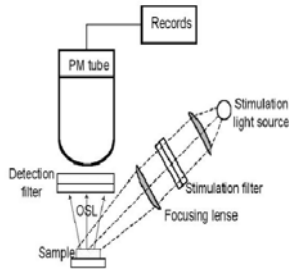


Fig. 5. The schematic diagram of measurement device OSL,

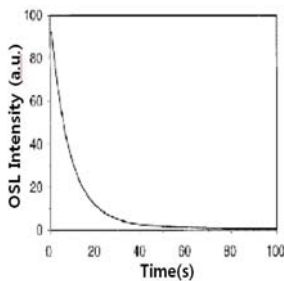


Fig. 6. The curve of measured by OSL.

OSL은 트랩준위의 전자를 빛으로 여기시켜 재결합 준위로 이동시키는 것으로 가정할 수 있으므로, 이의 간단한 모델은 Fig. 7과 같이 나타낼 수 있으며, 빛은

트랩준위의 전자(전자 농도 n)를 광자극률 f로 자극하여 전도띠로 보내고, 이어 재결합 준위의 정공(정공 농도 m)과 재결합하여 강도 IOSL의 빛을 방출한다.

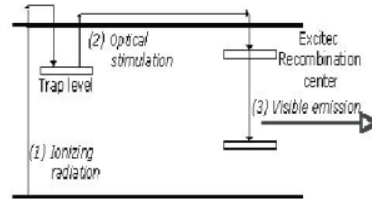


Fig. 7. The simple model for describing OSL.

이러한 일련의 과정들은 다음의 수식 1과 같은 미분방정식으로 정의된다.

$$\frac{dn_c}{dt} = -\frac{dn}{dt} + \frac{dm}{dt} \dots\dots\dots[\text{수식 1}]$$

보편적으로 전도띠의 전자농도는 트랩의 전자농도에 비하여 훨씬 적고, 또한 이것들의 시간 변화율도 상대적으로 매우 적어, 적어, $nc \ll n, |dnc/dt| \ll |dn/dt|$ 으로 가정하면 다음의 수식 2를 얻을 수 있다.

$$I_{OSL} = -\frac{dm}{dt} = -\frac{dn}{dt} = nf \dots\dots\dots[\text{수식 2}]$$

여기서 f 는 광자극률로서 자극강도 Φ 는 광이온화 단면적(photoionization cross section) σ 로 나타낸다($f = \Phi \sigma$).

시료에 주어지는 광자극을 펄스(pulse) 모드로 주면서 측정하는 방법을 POSL (pulsed OSL)이라 명칭하고 있으며, Fig. 8은 POSL 테크닉을 도식적으로 나타내었다^[11].

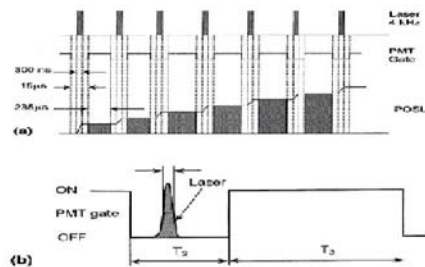


Fig. 8. The schematic diagram of POSL technique and the detail drawing of the measurement situation.

(a) POSL 테크닉의 개략도 : 자극광이 펄스로 입사되는 상황에서 OSL은 펄스들 사이에서 측정된다.

(b) 측정 상황 상세도 : 시간 T3구간에서 PMT gate가 열려 OSL 측정이 이루어진다.

3) OSL 마이크로스타 판독기(micro star dosimeter)

OSL 마이크로스타 판독기 Fig. 9는 ICRP에서 권고하는 장비의 품질검사 및 환자의 피폭선량을 측정하기 위한 장비로서 장비의 품질관리 및 선량계 판독시스템으로서의 휴대가 편리하고 작동방법이 간단하면서 판독속도가 빠른 장점을 가지고 있다. 측정 단위는 mRem, mRad, cGy 등 다양하며, xls, pdf, xml, csv 등, xls, pdf, xml, csv 등 여러 가지 출력 데이터 리포트 지원이 가능하다.



Fig. 9. Micro star dosimeter.

Ⅲ. 결 과

1. 투시선량측정

한국인의 성인 남성 20~60대의 평균 신체사이즈는 168.76±3.58cm이며, 그 중 눈높이는 157.32±3.4cm, 목높이는 144.04±2.8cm, 엉덩이 높이는 82.52±1.74cm이다^[12]. 이에 따라 측정위치는 눈, 갑상샘, 생식샘 높이로 하였으며, 측정시간은 30, 60, 90, 120, 150 초로 시간의 흐름에 따라 입사선량의 증가를 알아보았다.

시술자 2의 위치는 사람대신 인체모형의 란도 팬텀 (rando phantom ; model RAN-110, churchin associate LTD. USA)을 이용하였다. 또한 장비에서의 Air Kerma는 2이고, 단위는 µGy로 나타내었으며, 투시측정에서의 총 면적선량은(dose area product, DAP) 410,987 mGycm²이었다.

Table 1의 결과를 Fig. 10과 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 차폐가 없는 상태에서 입사선량은 30초에서 생식샘 약 44.8 µGy, 갑상샘 약 28.9 µGy, 눈 약 15.0 µ

Gy로 측정되었으며, 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 1.55배, 눈의 위치보다 약 2.98배정도 높게 측정되었다. 또한 시간이 흐를수록 입사선량은 약 1.5~2.0배로 증가하고 있으며, 150초대에서는 생식샘이 갑상샘과 눈의 위치 보다 약 1.53배, 약 2.80배 입사선량이 증가 된 것을 알 수 있었다.

Table 1. Without the shield in the timeline of the entrance dose measurements 단위 : µGy

Delta Point \ sec	30	60	90	120	150
gonad	44.8	90.8	134.9	179.5	219.7
thyroid gland	28.9	56.8	84.9	114.6	142.7
eye	15.0	31.1	47.2	62.6	78.3

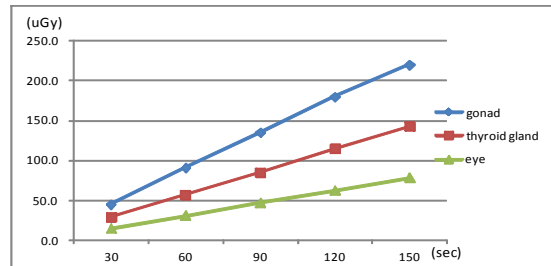


Fig. 10. Without the shield in the entrance dose by time graph.

Table 2의 결과를 Fig. 11과 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 천장형 및 테이블형 차폐를 이용한 상태에서 입사선량은 30초에서 생식샘 31.3 µGy, 갑상샘 6.9 µGy, 눈 2.9 µGy로 측정되었으며, 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 4.53배, 눈의 위치에서는 무려 약 10.79배로 높게 측정되었다. 또한 시간이 흐를수록 입사선량은 증가하지만 그 증가폭은 조금씩 감소되고 있는데 그 원인으로서는 차폐로 인하여 그 증가폭이 점점 감소하였다고 볼 수 있다. 아울러 갑상샘의 위치보다 눈의 위치에서 측정값이 약 2.4배 정도 낮게 측정되었다. 이는 천장형 차폐체로 인하여 눈의 위치에서 차폐가 잘 이루어지고 있으나 X-선원이 발생하고 있는 X선 관구와 환자테이블 사이 그리고 측방향 관구와 측방향 관구 사이는 차폐가 부족함을 알 수 있었다.

Table 2. Ceiling and Table shielded entrance dose measurements at hourly 단위 : μGy

Delta Point \ sec	30	60	90	120	150
gonad	31.3	55.0	84.7	113.3	142.0
thyroid gland	6.9	14.8	22.4	30.2	37.9
eye	2.9	6.1	9.3	12.4	15.3

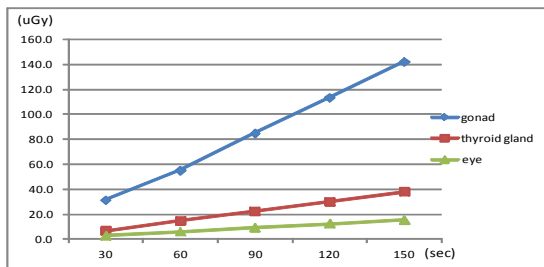


Fig. 11. Hourly shield at ceiling and table graphs entrance dose.

Table 3의 결과를 Fig. 12와 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 천장형 및 테이블형 차폐와 함께 측방향 차폐체를 유지한 상태에서 입사선량은 30초에서 생식샘 약 7.6 μGy , 갑상샘 약 2.6 μGy , 눈 약 0.9 μGy 로 측정되었으며, 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 2.92배, 눈의 위치에서는 약 8.44배로 높게 측정되었다. 또한 시간이 흐를수록 입사선량은 증가하고 있지만 그 증가 폭은 조금씩 감소되고 있으며, 150초에서는 눈이 생식샘의 위치보다 무려 약 11.17배가 감소됨을 알 수 있었다.

Table 3. Ceiling and table at the lateral shielding Hourly entrance dose measurements 단위 : μGy

Delta Point \ sec	30	60	90	120	150
gonad	7.6	15.7	23.2	31.3	39.1
thyroid gland	2.6	4.9	6.9	9.5	11.9
eye	0.9	1.1	2.0	2.9	3.5

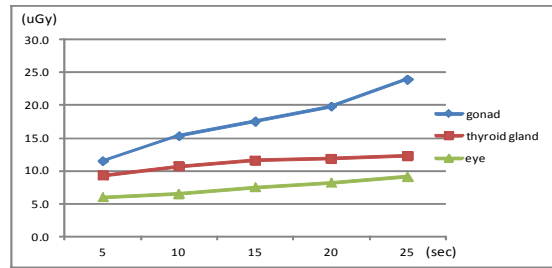


Fig. 12. Ceiling and tables and graphs lateral shielding entrance dose at hourly.

Table 1~Table 3의 결과를 요약해 보면 투시선량측정은 차폐를 하지 않았을 때 보다 천장형 및 테이블형 차폐 시 생식샘에서 약 1.57배, 갑상샘에서 약 3.81배, 눈에서 약 5.09배가 감소하였고, 측방향 차폐체를 추가로 설치하였을 때는 천장형 및 테이블형 차폐 시 보다 생식샘에서 약 3.64배, 갑상샘에서 약 3.13배, 눈에서 약 4.42배 정도 더욱 감소하였다.

이와 함께 차폐를 하지 않았을 때 보다 천장형 및 테이블형 차폐 그리고 측방향 차폐체까지 설치하였을 때는 생식샘에서 약 5.73배, 갑상샘에서 약 11.95배, 눈에서 무려 약 22.51배 감소하였다.

대부분의 양방향 혈관촬영기는 정방향 관구가 촬영실 바닥에서 약 35cm 높이이고, 측방향 관구가 바닥에서 약 115cm 높이에 위치하고 있다.

따라서 엉덩이 높이가 $82.52 \pm 1.74\text{cm}$ 가 되는 생식샘의 높이에서 가장 많은 입사선량을 받게 되고, 그 양은 미세하지만 측방향 관구와 측방향 차폐체에서 발생하는 1차 산란선, 그리고 벽이나 바닥에서 발생하는 2차 산란선의 영향을 받게 될 수밖에 없다. 본 실험결과에서도 눈이나 갑상샘의 위치보다 생식샘의 위치에서 입사선량 값이 차폐와 관계없이 높게 측정된 이유이다.

2. 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography, DSA) 측정

디지털 감산 혈관조영측정 위치 또한 투시측정과 동일한 위치로 눈, 갑상샘, 생식샘 높이로 하였으며, 측정시간은 5, 10, 15, 20, 25초로 시간의 흐름에 따라 입사선량의 증가를 알아보았다.

디지털 감산 혈관조영의 촬영조건은 초당 2프레임

(2fr/sec), 검출기의 크기(field of view, FOV)는 정방향과 측방향이 동일하게 48cm×42cm로 설정하였다. 또한 장비의 Air Kerma는 2이고, 디지털 감산 혈관조영에서의 총 면적선량은(dose area product, DAP) 961,459 mGycm²이었다.

Table 4의 결과를 Fig. 13과 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 차폐가 없는 상태에서 입사선량은 5초에서 생식샘 약 52.0 μGy, 갑상샘 약 34.9 μGy, 눈 약 30.5 μGy로 측정되었는데 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 1.48배, 눈의 위치보다 약 1.70배 정도 높게 측정되었다. 또한 투시측정 결과와 마찬가지로 시간이 흐름에 따라 입사선량은 약 1.5~2.0배로 증가하였으며, 25초대에서는 생식샘이 갑상샘과 눈의 위치보다 약 1.57배와 약 2.14배가 각각 증가된 것을 알 수 있었다.

Table 4. Without the shield in the timeline of the entrance dose measurements 단위 : μGy

Delta Point \ sec	5	10	15	20	25
gonad	52.0	100.0	165.6	214.0	259.3
thyroid gland	34.9	69.7	104.2	131.9	165.1
eye	30.5	50.9	69.5	87.3	120.7

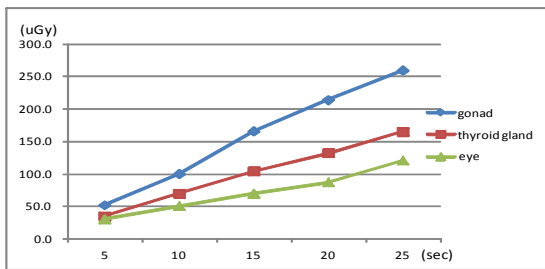


Fig. 13. Without the shield in the entrance dose by time graph.

Table 5의 결과를 Fig. 14와 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 천장형 및 테이블형 차폐를 이용한 상태에서 입사선량은 5초에서 생식샘 33.8 μGy, 갑상샘 13.8 μGy, 눈 11.2 μGy로 측정되었으며, 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 2.44배, 눈의 위치에서는 약 3.01배로 높게 측정되었다. 또한 시간이 흐름에 따라 측정값은 생식샘이 평균 약 1.15배, 갑상샘이 약 1.12배, 눈이 약 0.84배씩 증가하였다. 특히 25초의 측정값에서는 눈이 생식샘보다 약 9.90배 정도 입사선량이 감소하였는데 이

는 동일조건의 투시측정결과와 같이 천장형 차폐의 영향으로 생각된다.

Table 5. Ceiling and Table shielded entrance dose measurements at hourly 단위 : μGy

Delta Point \ sec	5	10	15	20	25
gonad	33.8	60.5	87.9	117.9	138.6
thyroid gland	13.8	22.3	34.9	44.5	52.4
eye	11.2	11.7	12.3	13.3	14.0

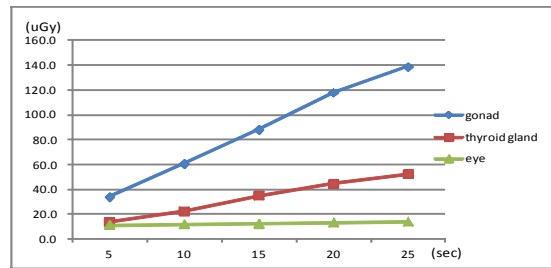


Fig. 14. Hourly shield at ceiling and table graphs entrance dose.

Table 6의 결과를 Fig. 15와 같이 그래프로 나타낼 수 있다. 천장형 및 테이블형 차폐와 함께 측방향 차폐체를 유지한 상태에서 입사선량은 5초에서 생식샘 약 11.5 μGy, 갑상샘 약 9.3 μGy, 눈 약 6.0 μGy로 측정되었으며, 생식샘이 갑상샘의 위치보다 약 1.23배, 눈의 위치에서는 약 1.91배로 높게 측정되었다. 또한 시간이 흐를수록 입사선량은 증가하고 있지만 그 증가폭은 조금씩 감소되고 있으며, 25초에서는 눈이 갑상샘보다 약 3.74배, 생식샘보다 약 2.62배 감소하였다.

Table 6. Ceiling and table at the lateral shielding Hourly entrance dose measurements 단위 : μGy

Delta Point \ sec	5	10	15	20	25
gonad	11.5	15.3	17.5	19.8	23.9
thyroid gland	9.3	10.7	11.6	11.9	12.3
eye	6.0	6.5	7.5	8.2	9.1

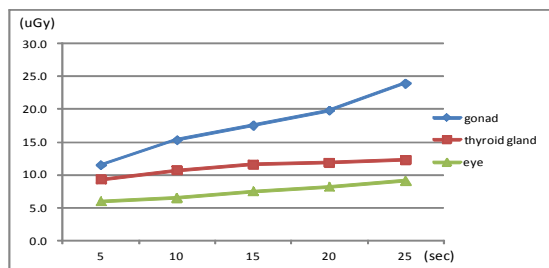


Fig. 15 Ceiling and tables and graphs lateral shielding entrance dose at hourly

Table 4~Table 6의 결과를 요약해 보면 디지털 감산 혈관조영측정은 차폐를 하지 않았을 때 보다 천장형 및 테이블형 차폐 시 생식샘에서 약 1.80배, 갑상샘에서 약 3.01배, 눈에서 약 5.74배가 감소하였고, 측방향 차폐체를 추가로 설치하였을 때는 천장형 및 테이블형 차폐 시 보다 생식샘에서 약 4.98배, 갑상샘에서 약 3.00배, 눈에서 약 1.67배 정도 감소하였다. 이와 함께 차폐를 하지 않았을 때 보다 천장형 및 테이블형 차폐 그리고 측방향 차폐체까지 설치하였을 때는 생식샘에서 약 8.98배, 갑상샘에서 약 9.06배, 눈에서 약 9.62배가 감소하였다. 투시측정결과와 마찬가지로 디지털 감산 혈관조영측정결과 또한 생식샘에서 가장 많은 입사선량이 측정되었으며, 시간이 흐를수록 갑상샘과 눈의 위치보다 측정값이 증가하는 것을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

피폭선량 감소 방안에 대한 연구는 국내외적으로 꾸준히 진행되어 왔으며 유효선량한도를 초과하지 않은 범위에서 방사선 관계종사자를 관리하게 되었다. 특히 ICRP pulication 60 에서는 방사선 관계종사자에 대하여 실효선량 20 mSv/년; 5년간의 평균선량 - 최대 500 mSv/년, 수정체의 등가선량 150 mSv/년, 피부의 등가선량(1cm²) 500 mSv/년, 손 및 발의 등가선량 500 mSv/년, 임부의 복부 표면의 등가선량 2 mSv/임신기간(임신을 신고한 경우), 임부의 방사성 물질 섭취량 1/20ALI으로 규정하고 있다. 그러나 ICRP pulication 103에서는 실효선량 20 mSv/년; 5년간의 평균선량 - 최대 100 mSv/년으로 계정 되었으며, 배태아에 대해 1 mSv로 제약을 두었다^[5].

차폐방법에 대하여 많은 연구가 이루어졌는데 Vano 등^{[6],[7]}은 시술자의 피폭선량은 부적합한 X선 장비나 부족한 개인 방호가 사용될 경우 상당히 증가될 수 있으며, 시술자뿐만 아니라 같은 공간에 있는 다른 방사선 관계자도 피폭선량을 받을 수 있게 되므로 치료목적에 저해하지 않는 범위에서 간단하고 비용효과적인 차폐장치들을 설치하는 것이 환자선량을 줄이고 시술자와 같은 공간에 있는 방사선 관계종사자의 피폭선량을 줄이는데 많은 도움을 준다고 보고 있다.

또한 장영일 등^[8]은 “방사선학적 중재적 시술시 납 유리의 방사선 방어효과에 관한 연구”에서 한 방향 혈관촬영기(single-plane angiography)를 이용하여 납유리의 설치 전후의 방사선 피폭량 측정을 통해 차폐 성능과 방사선 장해 관리를 알아보려고 하였는데, 환자가 위치하기 전 방사선 발생장치에서의 자동 출력량은 미세하여 6 mR/hr 이하로 측정되었고, 환자 위치 후 납 유리 사용 전의 평균 방사선 피폭량은 시술자의 위치인 X-선관구로부터 50cm 거리에서 1530.2 ± 550.0 mR/hr로 측정되었으며, 보조자의 위치인 X-선관구로부터 150cm 거리에서는 170.6 ± 60.1 mR/hr로 측정되었다. 납유리 사용 후의 평균방사선 피폭선량은 시술자의 위치에서 50.3 ± 85.2 mR/hr로 측정되었으며, 보조자의 위치에서 9.4 ± 8.0 mR/hr로 측정되었다. 같은 부위와 같은 거리에서 납 차폐막 전후의 방사선 피폭선량은 통계학적으로 유의한 차이(p<0.001)를 보였음을 보고하였다. 이처럼 IVR 시 피폭선량 감소를 위해 방사선 차폐와 방호에 대한 연구가 다각적으로 이루어지면서 IVR 장치의 성능에 관하여서도 연구가 이루어 졌는데, 식품의약품안전청(KFDA)에서는 방사선 방호에 관한 연구뿐만 아니라 IVR 장치의 경우 아직 국제 기준이 제시되지 못한 상황을 착안하여 IVR 장치의 성능평가를 위한 적절한 시험방법 및 검사기준을 마련하여 IVR 장치의 화질과 방사선량에 관한 기준을 설정함으로써 IVR 장치의 적절한 관리를 유도하게 하였다.

특히 IVR 장치의 최소구비조건으로 X선관-영상수용기 축이 일정 수준이상 회전되어 기울어진 투시촬영이 가능해야하고, 연속 스팟 촬영이 최소 초당 3장 이상, 디지털 감산 혈관조영술(digital subtracted angiography, DSA), 심장혈관조영장치의 경우 디지털

감산 혈관조영대신 최소 초당 15 프레임이상의 연속영 화촬영이 가능해야하며, 혈관조영장치의 방사선차폐 시설은 고정식혈관조영장치의 시설기준에 부합해야 한다고 그 기준안을 마련하였다.

이와 함께 X-선의 선질을 평가하는데 매우 중요한 반가층 시험에서 국내 기준은 60 kV(최고 관전압이 70 kV이하인 장치)에서는 최소 반가층이 1.5 mmAl로 IEC 기준 1.8 mmAl보다 0.3 mmAl 낮게 규정되어 있었으며, 80 kV(최고 관전압이 70 kV를 초과하는 장치)에서는 최소 반가층이 2.3mmAl로 IEC 기준 2.9 mmAl보다 0.6 mmAl 낮게 규정되어 있어 국제기준에 맞는 재평가가 필요하였다. IEC 60601-2-43 Particular requirements for the safety of X-ray equipment for intervention procedure 에서는 IVR 장치의 반가층 두께의 표준을 [Table 7]와 같이 제시하였다^[9].

Table 7. Minimum permissible first HVL layer at IEC

Appli- cation	X-RAY TUBE VOLTAGE		Mnimum permissible first HALF-VALUE LAYER mm Al (see note 3)
	Operating range for NORMAL USE Kv	Selected value (see note 1) KV	
INTERVENTI ONAL X-RAY EQUIPMENT		< 50	see note 2
		50	1.8
		60	2.2
		70	2.5
		80	2.9
		90	3.2
		100	3.6
		110	3.9
		120	4.3
		> 120	see note 2
NOTE 1 HALF-VALUE LAYERS for intermediate selected voltages are to be obtained by linear interpolation.			
NOTE 2 Linear extrapolation is to be used here.			
NOTE 3 These HALF-VALUE LAYER values correspond to a TOTAL FILTRATION of 2.5 mm Al for X-RAY EQUIPMENT operating at constant potential.			

방사선 방어에 대한 중요성과 함께 IVR 장치의 관리가 본격적으로 이루어지고 있는 가운데 본 연구는 양방향 뇌혈관촬영기의 혈관검사 및 중재적방사선시술 시 X-ray tube 가까이에서 가장 많은 피폭에 노출되고 있는 시술자 2의 피폭선량을 최소화하는 데 그 목

적을 두고 있으며, 차폐방법에 따라 피폭선량을 줄일 수 있는 방안을 연구해 보았다.

장영일 등^[8]은 한 방향 혈관촬영기에서 X-선관구로부터 시술자 거리에서의 납 차폐막 전후의 피폭선량을 측정하였는데 이번 연구에서는 양방향 뇌혈관촬영기에서의 시간의 흐름에 따라 피폭선량 증가와 함께 동시간대에서 높이에 따라 피폭선량 변화 그리고 천장형 차폐와 테이블형 차폐방법에서 벗어나 측방향 차폐체를 설치한 후 피폭선량 변화를 알아보았다.

본 연구의 결과 투시측정이나 디지털 감산 혈관조영측정 모두 시간이 증가함에 따라 피폭선량이 약 1.5~2.0배정도 증가 하였다. 또한 동일한 시간대이지만 높이나 갑상샘 보다 생식샘의 위치에서 가장 높은 피폭선량이 측정되었다. 그 이유는 앞에서 언급하였듯이 대부분의 양방향 혈관촬영기는 정방향 관구가 촬영실 바닥에 설치되어 있고, 측방향 관구가 바닥에서 약 115cm 높이에 위치하고 있기 때문에 직접 방사선과 산란선에 많은 영향을 주었을 것으로 사료된다.

장영일 등^[8]은 한 방향 혈관촬영기(single-plane angiography)를 이용한 방어 논문에서 같은 시술자의 위치에서 납차폐 시 약 30±0.7배의 차폐효과를 얻었다. 그리고 성용재 등^[10]은 “피폭선량감소를 위한 Whole body shields 사용에 대한 고찰” 이란 논문에서 X-선관구와 시술자의 50cm거리를 위치한 상태에서 차폐 시 약 5.80배의 차폐효과를 얻었다고 보고하였다.

본 연구에서도 일반적인 차폐방법인 천장형 및 테이블형 차폐 시 보다 측방향 차폐체를 추가로 설치하였을 때 투시측정에서 생식샘은 약 3.64배, 갑상샘은 약 3.13배, 눈은 약 4.42배 정도 감소하였고, 디지털 감산 혈관조영측정에서 생식샘은 약 4.98배, 갑상샘은 약 3.00배, 눈은 약 1.67배 정도 더 감소됨을 알 수 있었다.

건강보험심사원의 통계자료에 따르면 뇌동맥류의 색전술이 2003년 814건에서 2007년 2,674건으로 229 %가 증가^[11]하는 등 양방향 뇌혈관촬영기를 이용하는 뇌혈관시술이 점차 증가 되고 있으며, 시술을 시행하는 시술자 또한 피폭선량이 증가하고 있는 것이 사실이다.

인체에 조사된 방사선은 대부분 흡수되기도 하지만 어느 정도 방사선을 맞으면 대부분 바로 나타나는 결정론적 영향과 암이나 유전적 영향처럼 방사선량이 증가하여 장해 발생확률이 높아지는 확률론적 영향이

있다. 방사선 관계종사자는 가급적 백내장, 피부홍반, 불임 등 방사선 피폭이 증가함에 따라 나타나는 결정론적 영향을 일으키지 않는 범위 내에서 시술이 이루어져야 한다. 시술자가 받은 피폭선량을 최소화하기 위해서는 방사선 선원에서 멀리 떨어져 시술해야 하고, 방사선 보호 장비의 착용을 의무화해야 하며, 올바른 방사선차폐를 실시해야 한다.

본 연구를 기초로 하여 향후 방사선 관계종사자의 방사선 피폭선량에 대한 연구에서는 차폐의 두께나 각도 그리고 시술자의 방호용구의 변화를 통하여 피폭선량이 어떻게 변화되는지 다각적으로 연구할 필요가 있을 것이다.

V. 결론

결론적으로 양방향 뇌혈관촬영기의 혈관검사 및 중재적방사선시술시 X-선 관구에서 직접 발생하는 1차 방사선뿐만 아니라 측방향 관구와 측방향 검출기사이에서 발생하는 1차 산란선, 상대적으로 적지만 촬영실 벽이나 바닥에서 반사되는 2차 산란방사선을 감소시키고자 설치하였던 측방향 차폐체는 시술자의 피폭선량을 감소시키는데 많은 효과를 주었다고 사료된다.

참고 문헌

- [1] Suzuki, S., et al. "Patient skin dose during neuroembolization by multiple-point measurement using a radiosensitive indicator", *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 29, No. 6, pp.1076-1081, 2008.
- [2] http://kans.re.kr/nabi/edu/edu01_1_02.html
- [3] J.L Kim, "New concepts and principles of Optical Stimulation Luminescence Dosimeter", *Radioisotope journal*, Vol. 18, No. 4, pp. 75-80, 2003.
- [4] http://www.osldosimetry.com/documents/MicroStar_Specifications.p
- [5] Hanyang University Nuclear Engineering. "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 103.
- [6] Vano, E., Gonzalez, L., Beneytez, F., et al., "Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimised interventional radiology laboratories". *Brit. J. Radiol.*, Vol. 71, pp. 728-733, 1998.
- [7] Vano, E., Gonzalez, L., Guibelalde, E., et al., "Radiation

exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology", *Brit. J. Radiol.*, Vol. 71, pp. 954-960, 1998.

- [8] Y.I. Jang, J.N. Song, Y.j. Kim, "Efficacy of a Protective Grass Shield in Reduction of Radiation Exposure Dose During Interventional Radiology", *The Korean Society of Radiology*, Vol. 5, No. 5, pp. 303-308, 2011.
- [9] National Institute of Food and drug Safety Evaluation, "Performance Evaluation Technical implicit radiation treatment device", *The Korean Radiological Society, Radiation Safety Management Series*, Vol. 26, 2011.
- [10] Y.J. Sung, H.M. Park, J.D. Kim, K.M. Kim, N.G. Choi, "A study on the usage of Whole body shields for reduction of radiation exposure", *The Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 167-171, 2010.
- [11] H.S. Byun, "Recent Trends in the Treatment of Cerebral Aneurysms: Comparison between Endovascular Coil Embolization and Surgical Clipping", *Neurointervention*, Vol. 4, pp. 1-5, 2009.
- [12] <http://sizekorea.kats.go.kr/>