

<원저>

방사선방어 앞치마 성능 평가

강종구·강병삼

신구대학교 방사선과

Performance Evaluation of Radiation Protection Apron's

Kang Jong-gu·Kang Byung-Sam

Department of Radiological Technology, Shingu College

Abstract Radiation exposure is on the rise as the working hours of radiation workers increase. Accordingly, the importance of protection products for decreasing the dose of exposure has risen, and excellent X-ray shielding ability and light weight are required. The purpose of this study is to compare the Pb which use currently and other elements in order to reduce the exposure of workers to the most effective protection products. For experiment, we used the general X-ray equipment and angiography equipment, and obtained the Pb and apron's shielding rate. When the shielding rate of Pb and apron was compared in general X-ray equipment, the shielding rate was 95.1% for Pb 0.5 mm, 96.1% for apron 0.5 mmPb and 95.6% for Bi+W 0.5 mmPb. When compared the shielding rate of each aprons in angiography equipment, 0.5 mmPb apron was the highest as 96.4% and Bi+W 0.25 mmPb apron was the lowest as 90.2% at the 50 cm distance. The shielding rate of 0.5 mmPb apron was the highest as 95.7% and Bi+W 0.25 mmPb apron was the lowest as 85.9% at the 100 cm distance. As a result of evaluating the apron efficiency through this study, 0.5 mmPb apron showed the best shielding rate, but it was the heaviest apron. 0.35 mmPb apron and Bi+W 0.25 mmPb apron weighed light but had low shielding rate. Through the results of this experiment, it is recommended that radiation workers reduce radiation exposure by using more efficient protection products.

Key Words: Apron, Pb, Shielding Rate, Light Weight, Radiation Protection

중심 단어: 방어앞치마, 납, 차폐율, 경량화, 방사선방어

1. 서 론

의료복지향상과 국민의 건강에 대한 관심의 고조로 일반인의 진단방사선 검사 횟수가 급증하고 있으며, 방사선 관계 종사자의 근로시간이 늘어남에 따라 의료영역에서 방사선 피폭이 증가하고 있다. 그에 따라 직업상 저 선량 방사선에 장기간 노출되는 투시 및 인터벤션에 근무하는 방사선 관계 종사자에 대한 안전관리의 중요성도 증가하고 있다[1].

질병관리본부에서 발표한 '2015년 의료기관 방사선 관계 종사자의 개인피폭선량 연보'를 보면 2015년 노출량이 0.39

mSv로 0.56 mSv였던 2011년과 비교했을 때 30.4% 감소하였으며, 지난 12년간 지속적인 감소 추세를 보이고 있다. 하지만 해외와 비교하였을 때 일본 0.36 mSv 독일 0.07 mSv, 영국 0.066 mSv 보다 여전히 높은 추세이다[2]. 진단용 방사선검사와 같이 저 선량에서 암 발생 등의 문제가 빈번히 지적되고 있기 때문에 안전관리를 통한 방사선 피폭 감소의 중요성은 크다. 방사선 검사 시 방사선피폭을 줄이기 위해서는 외부피폭의 "3대 방어원칙"인 시간, 거리, 차폐 조건을 적절히 조절하여 피폭선량을 가능한 합리적으로 낮게 유지하여야 한다[3]. 따라서 방사선 관계종사자의 방사선피폭을

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

Received 30 September 2019; Revised 15 October 2019; Accepted 24 October 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

줄이기 위한 방사선 방호용품 착용은 필수적이라고 할 수 있다.

방사선 관계 종사자들의 근로시간이 늘어남에 따라 기존 보호구만큼 차폐가 가능하며 경량화 된 보호구가 필요하다. 방사선 관계종사자의 피폭선량을 감소시키는 방호용품으로는 방사선방어용 앞치마(이하 Apron), 납 안경(Goggle), 갑상선용 보호대(Protector), 납유리 및 납 커튼사용 등이 있다. 특히 중재적방사선기술이나 투시검사의 경우에는 장시간에 걸쳐 검사가 이루어지기 때문에 방사선 관계종사자의 차폐를 위해 사용되는 방호용품은 신체적 부담을 줄이기 위해 경량화가 요구되고 있다[4]. 또한 검사 시 투과시간과 촬영횟수 등이 증가함에 따라 산란선량도 증가하게 되므로 관계종사자의 피폭방어를 위해서는 방호용품의 우수한 X선 차폐능도 요구되고 있다.

원자번호가 큰 원소인 납(Pb)의 경우는 진단영역의 저에너지 X선에 대한 차폐능이 우수하기 때문에 많이 사용되고 있으나 최근에는 비스무스(Bi), 텅스텐(W) 등 다양한 원소를 이용하여 경량화 된 방호용품을 제작하고 있다. 이렇게 제작한 방호용품의 특성과 유용성을 분석하여 기존의 방호용품보다 관계종사자 작업 시 업무 부담을 줄이고자 한다.

따라서 본 논문에서는 실험을 통하여 업체에서 제시한 납 당량과 순수 납과의 차폐율을 비교하고, 새로운 물질조합의 납가운 성능을 알아보하고자 한다.

II. 실험기기 및 방법

1. 실험기기 및 재료

본 논문에서 납 당량 시험에 사용된 장비는 DHF-158H II (HITACHI, Japan), 선량계로는 Piranha (RTI Electronics, Sweden)를 사용하였고[Fig. 1], 혈관조영장비를 이용한 차폐율 실험에서는 Allura Xper FD20 (Philips, Netheland)을 사용하였으며, 선량 측정은 Ion chamber 180cc (Radical, USA)[Fig. 2]를 X-ray monitoring system에 연결하여 대학병원에서 사용 중인 2-piece apron 5개와 Pb의 선량률을



Fig. 1. Piranha (RTI Electronics, Sweden).



Fig. 2. Ion Chamber (10X6 -180cc, Radical, USA).



Fig. 3. X-ray Monitoring System.

측정하였다[Fig. 3].

실험에 사용된 apron은 납성분 0.35, 0.5 mmPb (bar'ray, USA)과 Bi+W 0.25, 0.5 mmPb (Nice Medica, Korea) 및 우주복 소재의 0.35 mmPb apron (infab, USA)이다.

2. 실험 방법

1) 일반 촬영 장비에서의 차폐율 측정

촬영 조건은 KS A 4025 X선 방호용품류의 납 당량 시험방법에[5] 따라 진행하였고, 실험조건은 100 kVp 5.0 mAs, SSD 150 cm로 설정하였다. 선량 측정을 위해 선량계를 위치시키고, 그 양 옆에 선량계와 Pb 사이의 거리유지를 위한 보조재를 위치시킨 뒤 Non-Pb, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm의 Pb의 투과선량을 측정하였다[Fig. 4]. 그 다음 동일한 조건으로 우주복 소재의 apron, 0.35 mmPb apron, 0.5 mmPb apron, Bi+W 0.25 mmPb apron, Bi+W 0.5 mmPb apron을 겹쳤을 때와 겹치지 않았을 때를 각각 3번씩 측정한 평균값을 토대로 다음 식(1)을 사용하여 차폐율을 구하였다.

$$SR(\%) = \frac{(Non\ Apron\ ID) - (Apron\ ID)}{Non\ Apron\ ID} \quad (1)$$

* SR: Shielding Ratio

* ID: Irradiation Dose

* TD: Transmission Dose



Fig. 4. Position of Piranha with auxiliary materials.

2) 혈관 조영 장비에서의 차폐율 측정

중재적 시술 시 시술자가 환자로 인해 발생하여 받는 산란선 측정을 위해 촬영 테이블 위에 팬텀을 올려놓고 실제 복부 촬영과 같은 조건으로 실험을 진행하였다. 거리변화에 따른 차이를 알아보하고자 X선관을 기준으로 일반적인 혈관 조영 시 시술자 위치 50 cm와 시술보조자 위치를 기준하여 100 cm에서 각각의 산란선을 Ion chamber로 측정하였고,



Fig. 5. When measuring the "Dose of before use".



Fig. 6. When measuring the "Dose of after use".

또한 2-piece apron 착용 시 겹쳐지는 부분에 따른 차이 비교를 위해 apron을 겹쳤을 때와 겹치지 않았을 때를 각각 측정하였다. 각각의 다른 조건에서 차폐율을 구하기 위하여 Ion chamber의 내측을 측정하고 다음 외측을 측정하였다 [Fig. 5][Fig. 6].

측정된 값을 토대로 다음 식(2)를 사용하여 차폐율을 구하였다.

$$SR(\%) = \frac{(Dose\ of\ before\ use - Dose\ of\ after\ use)}{Dose\ of\ before\ use} \quad (2)$$

* SR: Shielding Ratio

* Dose of before use: 외측 측정선량

* Dose of after use: 내측 측정선량

III. 결 과

1. 일반 촬영 장비에서의 차폐율

순수 Pb와 apron의 차폐율을 비교하였을 때 Pb 0.5 mm는 95.2%, apron 0.5 mmPb는 96.1%, Bi+W 0.5 mmPb apron은 84.8%로 Bi+W 0.5 mmPb apron의 차폐율이 순수 Pb와 비교하였을 때 약 10% 적게 나타났다 또한 Bi+W 0.25 mmPb apron을 두겹으로 겹쳤을 때 차폐율은 91%로 Pb와 비교하였을 때 약 5% 적게 나타났다(Table 1).

2. 혈관 조영 장비에서의 차폐율

시술자 및 시술보조자의 차폐율 평가인 50 cm와 100 cm 거리에서 측정결과 Pb apron과 다른 소재의 apron을 비교

Table 1. Shielding rate in general radiography equipment

Unit: mGy/s

	1	2	3	Average	Shielding rate(%)
Non-Pb (Basic Dose)	11.21	11.25	11.24	11.23	-
Pb 0.5 mm	0.53	0.53	0.55	0.54	95.2
Pb 1.0 mm	0.1	0.1	0.1	0.1	99.1
Pb 1.5 mm	0.03	0.03	0.03	0.03	99.7
Apron 0.35 mmPb A	2.12	2.01	2.07	2.07	81.6
Apron 0.35 mmPb B	0.78	0.84	0.83	0.82	92.7
Apron 0.5 mmPb A	1.25	1.25	1.25	1.25	88.9
Apron 0.5 mmPb B	0.44	0.42	0.43	0.43	96.2
Bi+W 0.25 mmPb A	2.53	2.54	2.68	2.59	76.9
Bi+W 0.25 mmPb B	1.01	1.01	1.01	1.01	91.0
Bi+W 0.5 mmPb A	1.7	1.7	1.75	1.71	84.8
Bi+W 0.5 mmPb B	0.48	0.5	0.5	0.49	95.6
Space suit 0.35 mmPb A	1.49	1.45	1.53	1.49	86.7
Space suit 0.35 mmPb B	0.95	0.96	0.95	0.95	91.5

Table 2. The shielding rate of angiography equipment at the 50 cm distance

Unit: uR/s

	Dose of after use	Dose of before use	Shielding rate(%)
Apron 0.35 mmPb A	6	36.4	83.5
Apron 0.35 mmPb B	2.1	38.3	94.5
Apron 0.5 mmPb A	5.1	35.6	85.7
Apron 0.5 mmPb B	1.3	36.4	96.4
Bi+W 0.25 mmPb A	10.3	38.9	73.5
Bi+W 0.25 mmPb B	3.8	38.8	90.2
Bi+W 0.5 mmPb A	4.6	38.3	88
Bi+W 0.5 mmPb B	2	39	94.9
Space suit 0.35 mmPb A	4.2	39.4	89.3
Space suit 0.35 mmPb B	3.1	39.3	92.1

* A : Non overlapping state

* B : Overlapping state

Table 3. The shielding rate of angiography equipment at the 100 cm distance

Unit: uR/s

	Dose of after use	Dose of before use	Shielding rate(%)
Apron 0.35 mmPb A	1.7	7.8	78.2
Apron 0.35 mmPb B	0.8	7.9	89.9
Apron 0.5 mmPb A	0.8	7.3	89
Apron 0.5 mmPb B	0.3	7	95.7
Bi+W 0.25 mmPb A	2.2	7.5	70.7
Bi+W 0.25 mmPb B	1.1	7.8	85.9
Bi+W 0.5 mmPb A	1.4	7.7	81.8
Bi+W 0.5 mmPb B	0.8	8	90
Space suit 0.35 mmPb A	1.1	8.4	86.9
Space suit 0.35 mmPb B	0.8	7.6	89.5

* A : Non overlapping state

* B : Overlapping state

했을 때 50 cm에서는 0.5 mmPb apron의 차폐율이 96.4%로 가장 높게 나타났고 Bi+W 0.25 mmPb apron이 90.2%로 가장 낮게 나타났다<Table 2>.

100 cm에서는 0.5 mmPb apron의 차폐율이 95.7%로 가장 높게 나타났고 Bi+W 0.25 mmPb apron이 85.9%로 가장 낮게 나타났다<Table 3>.

IV. 고 찰

1996년에는 진단용 방사선 관계종사자 수가 12,652명이었으나 2015년에는 6배 증가한 76,493명에 이르렀다[1]. 이는 의료복지 향상과 국민의 건강에 대한 건강검진 등 진단 방사선 검사횟수의 급증에 기인하는 것으로 판단되며, 앞으로 증가 추세는 지속될 것으로 예상된다[6]. 관계 종사자수

가 증가함에 따라 직업적 피폭의 우려가 있는 작업종사자에 대한 피폭관리의 중요성이 커지고 있다. 따라서 종사자의 방사선 피폭을 최소화하기 위한 방호용품 착용이 필수적이다[7]. 현재 보편적으로 사용하는 Pb 재질의 방호용품은 차폐능은 우수하나 무게가 무거워 오랜 시간 착용을 요하는 투시 검사나 중재적방사선시술의 경우 관계 종사자의 신체적 피로를 증가시킨다[8]. 따라서 방사선 방호용품의 경량화도 차폐능과 더불어 요구되어지고 있다[9].

같은 혈관조영장비를 대상으로 실험을 진행한 고신관 등의 연구에서는 apron의 차폐율이 93%였으나, 본 연구의 결과는 apron을 겹치지 않았을 경우 측정 시 일반 촬영장치의 평균 차폐율은 83.7%, 혈관조영장비는 평균 82.6%로 나타났[1]. apron을 겹쳐서 측정한 경우 일반촬영장비는 평균 93.4%로 9.7% 증가하였고, 혈관조영장비의 경우 평균 91.9%로 9.3% 증가하였다. 만약 선행논문의 apron형식이

앞면을 겹치는 방식이라면 본 연구의 결과와 유사한 결과를 보이고 있다. 이에 피폭감소를 위해 겹쳐서 착용하는 것을 권장하고 완벽히 겹쳐지는 전면부에 비해 상대적으로 겹쳐지지 않는 부분은 피폭선량에 주의를 기울여야 한다. 특히 납당량이 적은 apron일수록 겹쳤을 때와 겹치지 않았을 때 차이가 상대적으로 크기 때문에 더욱 주의를 요한다[10].

본 연구에서 실험한 apron의 무게를 측정하였을 때 0.35 mmPb apron은 3.3kg, 0.5 mmPb apron은 6.2kg, Bi+W 0.25 mmPb apron은 3.8kg, Bi+W 0.5 mmPb apron은 5kg, 우주복 재질의 apron은 4.2kg로 나타났다. 0.35 mmPb apron이 가장 가볍고 0.5 mmPb apron이 가장 무거운 apron으로 나타났다.

본 연구는 더욱 효율적인 방사선 관계종사자의 업무를 위해 방호용품의 우수한 차폐능과 더불어 경량화의 유용성을 평가하고자 하였다. 하지만 다양한 재질의 apron으로 실험하지 않은 제한점이 있었고 우주복과 Pb 재질의 apron은 실제 사용되고 있던 반면 Bi+W apron은 새 제품으로 실험을 진행하였기 때문에 그러한 부분이 차폐율에 영향을 끼쳤을 것이라 사료된다. 따라서 추후에 관련된 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구를 통하여 apron 유용성을 평가한 결과, 순수 납과 납당량 물질과는 차폐율은 최고 10% 차이가 있었다. 0.5 mmPb apron이 가장 우수한 차폐율을 보였지만 가장 무거운 apron으로 나타났다. 다른 물질들도 겹쳐서 0.5 mmPb 이상이 된다면 방호용구로 적합하며, apron 착용 시 무게보다는 선량 저감화를 위해 0.5mmPb apron을 겹쳐서 착용함을 권고한다.

REFERENCES

- [1] Ko SK, Kang BS. Shielding Effect of Radiation Protector for Interventional Procedure. Journal of Korean Society of Radiological Technology. 2007; 30(3):213-8.
- [2] Korea Centers for Disease Control. 2015 Report Occupational Radiation Exposure in Diagnostic Radiology in Korea, KCDC; 2016.
- [3] Stern SH, Tucker SA, Gagne RM, Shope Jr TB. Estimated Benefits of Proposed Amendments to the FDA Radiation-Safety Standard for Diagnostic X-Ray Equipment. FDA Science Forum; 2001.
- [4] Kim YK, Jang YI, Kim JM. Improvement of the shieldability and lightweight of a radiation protective apron. Journal of Korean Society of Radiological Technology. 2003;26(1):45-50.
- [5] KS A 4025. Testing Method of Lead Equivalent for X-ray Protective Devices. Korean Agency for Technology and Standards; 2017.
- [6] Choi BH, Kim YG, et al. The study of evaluation about the apron quality management and shield efficiency in 4 university laboratories of Dae-gu, Kyungpook area. Korean Journal of Digital Imaging in Medicine. 2013;15(1):47-54.
- [7] Duncan JR, Balter S, Becker GJ, et al. Optimizing radiation use during fluoroscopic procedures: Proceedings from a multi disciplinary consensus panel. J Vasc Inter Radiol. 2011;22:425-9.
- [8] KFSA. Radiation Protection Guideline of Interventional Radiology Radiation safety management series No 11. KFSA; 2006.
- [9] Nam YH, Oh SA, et al. Absorbed Dose and Image Quality Assessment Using DUKE Phantom and Added Filtration at Chest X-ray in DR Environment. JRTS. 2016;3:56-62.
- [10] Yoo SJ, Lim CS, Sim, KR. A study on performance evaluation of Apron by shielding rate and uniformity. Journal of Korea Safety Management & Scie. 2015;17(1):103-9.