Journal of Radiation Industry 10(4) : 219~225(2016)

방사선 방어용 앞치마의 납당량, 형태에 따른 성능 평가

김기원[1] · 최성현[1,2] · 김기열[1] · 이익표[1] · 황선광[1] · 동경래[3,*]

[1]강동경희대병원 영상의학과, [2]조선대학교 원자력공학과
[3]광주보건대학교 방사선과

Performance Evaluation of Aprons according to Lead Equivalent and Form Types

Ki-Won Kim[1], Sung-Hyun Choi[1,2], Ki-Yeol Kim[1], Ik-Pyo Lee[1], Sun-Gwang Hwang[1] and Kyung-Rae Dong[3,*]

[1]*Department of Radiology, Kyung Hee University Hostpital at Gangdong, 892, Dongnam-ro, Gangdong-gu, Seoul 05278, Republic of Korea*
[2]*Department of Nuclear Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61452, Republic of Korea*
[3]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 73 Bungmun-daero 419 beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju 62271, Republic of Korea*

Abstract - The apron is one of the essential protectors to reduce the exposure dose of radiological technologists. This study is to provide a guideline for purchasing the aprons with excellent performance and to help reducing the exposure dose by measuring the shielding ration and uniformity of aprons according to lead equivalent and form types. The shielding ratio of aprons were measured by using radiation generator and dosimeter. Exposure conditions were 81 kVp, 25 mAs, source to image receptor distance (SID) 100 cm and field of view (FOV) 17" × 17". Exposure areas for front type and around type aprons were divided into 9 areas and for 2 pieces type aprons were divided into 3 areas of top and 4 areas of skirt. The uniformity of aprons were measured by using fluoroscopy and Image J. The 4 regions of interest (ROI) were set into acquired images and measured uniformity by measuring the standard deviation of pixel intensity in ROIs. In continuous shielding ration measurement of aprons according to exposure area, there was not statistical significance ($P > 0.05$). In ANOVA test of aprons, there was statistical significance ($P < 0.01$). In the results of sheilding ratio, although the aprons had equal lead equivalent, there were difference in shielding ratio from 83.59% to 98.15%. In the results of uniformity, the front type aprons with equal lead equivalent indicated the similar uniformity. However, the around type and 2 pieces type apron with equal lead equivalent indicated the different uniformity each other, from 1.8 to 22.2. If the performance evaluation in this study were conducted regularly before and after purchase the aprons, the exposure does to patients and radiological technologists could be reduced.

Key words : Apron, Shielding ratio, Uniformity

* Corresponding author: Kyung-Rae Dong, Tel. +82-62-958-7668, Fax. +82-62-958-7669, E-mail. krdong@hanmail.net

서 론

방사선이 의료영역에 이용된 이후부터 현재까지 의료 방사선은 진단 및 치료 등에 널리 이용되고 있다(추성실 등 1990). 또한 의료복지 향상과 국민의 건강에 대한 관심의 고조로 건강검진 등으로 인한 방사선 장비 사용의 증가와 방사선학적 중재적 시술이 증가하고 있다(김유현 등 2005). 이로 인해 의료영역에서 방사선 피폭의 기회가 많아지고 있으며, 환자의 피폭뿐만 아니라 방사선 관계 종사자들의 피폭 경감 문제가 계속해서 대두되고 있는 실정이다. 방사선 관계 종사자들의 경우에는 급성 방사선에 의한 영향보다는 지속적 저선량에 의한 신체적 장해가 문제가 되기 때문에 소량의 방사선일지라도 자주 노출되는 것은 피해야 한다(ICRP 2007). 또한, 방사선 방호의 원칙으로는 시간, 거리, 차폐가 있으며 그중 시간과 거리의 원칙은 업무 특성상 거동이 힘든 환자와 소아 환자 등의 검사를 할 경우 환자의 곁에서 검사를 하는 경우가 많아 원칙을 지키기 힘든 경우가 대부분이다. 그렇기 때문에 방사선 관계 종사자의 피폭 선량을 감소시키는 방안은 방사선 방어용 앞치마(이하 apron) 착용, 납 안경(goggle) 착용, 갑상선용 보호대(thyroid protector) 착용 등이 있다(KFDA 2006).

이 장비들 중 현재 널리 사용되고 있는 apron은 종사자들이 언제나 착용을 해야 하는 중요한 보조 장비들이다(유세종 등 2015). Apron은 반드시 의무적으로 방사선 발생장치 주변에 구비되어 있어야 하고 식품의약품안전처의 고시 또는 산업표준화법에 따른 Korea standard(한국산업 표준, KS)에 맞아야 한다(한국산업규격 1990). Apron의 차폐 성능이 좋지 못할 경우 방사선 관계 종사자나 환자, 보호자의 방사선 피폭이 상대적으로 높아질 수밖에 없으므로 피폭 선량 경감을 위해서는 우수한 성능의 apron의 구비가 필요하다. 또한 구매를 했을 당시 apron의 차폐효율이 높지만, 어떻게 보관하고 관리하는가에 따라 선량 차폐 효율이 달라질 수 있기 때문에(Orhan and Arzu 2015) 정기적인 관리와 성능 평가가 필요하다.

이에 저자들은 국내외적으로 유통되고 있는 KS 규격과 전자의료기기기준 규격에 적합한 제품 중 실제 임상에 판매되고 있는 신규 apron을 제조사, 납당량, 형태에 따른 차폐율과 균일성을 정량적인 방법으로 측정하고자 한다. 또한 본 실험의 연구 결과가 우수한 성능의 apron 구비와 추후 정기적인 apron 성능 평가의 기초 자료로 사용되어 방사선 관계 종사자의 피폭 선량을 감소시키고자 한다.

Table 1. The aprons of four manufacturers according to types (mmPb)

	A	B	C	D
Front	0.35	0.5	0.25 0.35	0.35 0.5
Around	0.5	0.5	0.5	0.35
2 Pieces	0.5	0.5	0.5	0.5

대상 및 방법

1. 실험 장비 및 도구

차폐율 실험에서는 X-선 발생장치인 Philips Diagnost VR (Philips healthcare)과 선량계는 VICTOREEN NERO mAx 800 (FLUKE)을 사용하였다. 통계 분석에는 SPSS 18.0.0을 사용하였다. 균일성 측청에서는 투시 촬영 장비인 Philips Omni Diagnost Eleva (Philips healthcare)와 영상 분석 프로그램인 Image J를 사용하였다. 본 연구에 사용된 apron들의 제원은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험 방법

2.1 차폐율 측정

방사선 발생장치와 선량계를 이용하여 apron의 차폐율을 측정하였다. 선량 조사기준은 복부 촬영 조건인 81 kVp, 25 mAs, source to image receptor distance (SID) 100 cm, field of view (FOV) 17"×17"로 설정하였다(유세종 등 2015). 조사 부위는 apron의 각 위치별 차폐율을 알아보기 위하여 front type과 around type의 apron은 9개의 구역으로 나누고 2 pieces type apron은 상의 3개, 하의 4개의 구역으로 나누어 조사하였다(Figs. 1, 2). 각 구역별 조사선량을 식(1)을 이용하여 차폐율을 구하였다. 구역별로 각 30회씩 방사선을 조사하였으며 반복 측정에 대한 통계적 검증은 Shaphiro-

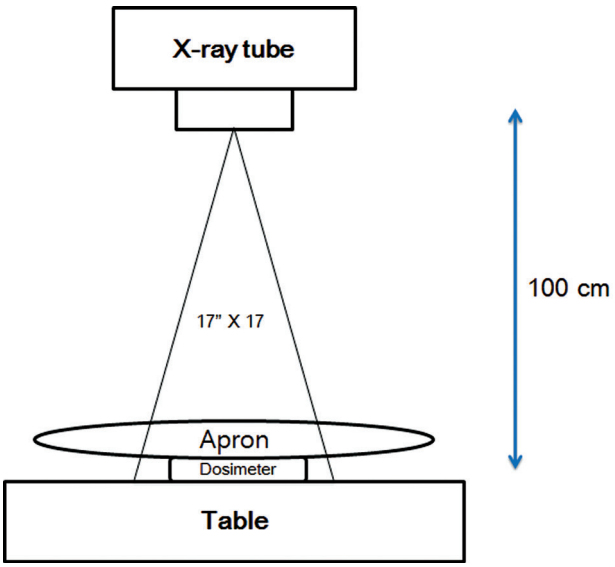

Fig. 1. The measurement of transmitted dose from apron.

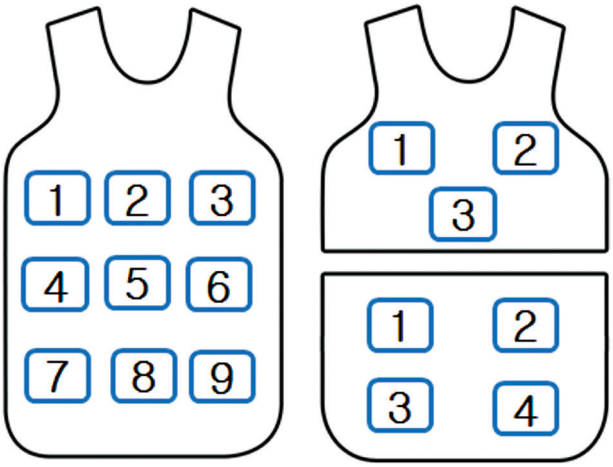

Fig. 2. The areas of apron for transmitted dose measurements.

wilk test로 시행하였으며 각 Apron에 대한 차폐율은 ANOVA test를 시행하였다.

$$SR(\%) = \left(\frac{(Non.\ apron\ ID) - (apron\ TD)}{Non.\ apron\ ID} \right) \times 100 \quad (1)$$

SR: Shielding Ratio
ID: Irradiation Dose
TD: Transmission Dose

2.2 균일성 측정

투시장비 위에 각 apron을 올려놓고 영상을 획득한 뒤 Image J를 이용하여 구하였다. 조사 범위는 front type의 apron 위, 아래에 조사하였고 around type은 apron을 펼친 뒤 각 세 부분의 apron을 위 아래로 조사하였다. 2 pieces type은 상의 하의를 모두 펼친 상태에서 각 세 부분의 apron 중앙에 한 번씩 조사하여 영상을 획득하였다(Fig. 3). 획득된 영상은 Image J로 $3 \times 3\ cm^2$의 region of interest (ROI)와 pixel number는 210×210으로서(김기원 등 2015) 4개 각각 지정한 뒤 각 ROI의 신호 강도 값의 표준 편차를 평균하여 구하였다(Fig. 4), (식 2).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

SD: Standard deviation
$\bar{x}$: The average of pixel intensity
x_i: i^{th} pixel intensity
n: The number of pixels
$\sum_{i=1}^{n} x_i$: Summation of all the x_i values in the sample

Fig. 3. The uniformity measurement of aprons.

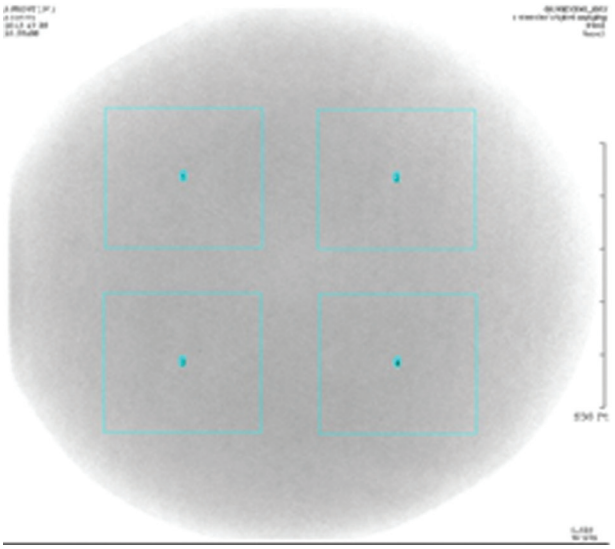

Fig. 4. The uniformity measurement of aprons using “image J”.

결 과

1. 차폐율 측정

1.1 Front type apron

각 apron의 구역별 차폐율 반복 측정에서 통계적 유의성은 보이지 않았으며 ($P > 0.05$) apron별 차폐율의 ANOVA test 결과는 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.01$). 0.25 mmPb의 C사 apron은 낮은 납당량 만큼 평균 투과 선량 22.7 ± 0.22 mR, 차폐율 83.59%로 가장 낮은 성능을 보여주었다. 0.35 mmPb의 A, C, D사 apron 중에서 A사 apron이 9개 구역 평

Table 2. The shielding ratio of front type aprons according to four manufacturers (non = 138.5) (mR)

Area	A (0.35)	B (0.5)	C (0.25)	C (0.35)	D (0.35)	D (0.5)
1	6.7 ± 0.01	7.5 ± 0.01	22.4 ± 0.02	11.2 ± 0.02	8 ± 0.01	2.4 ± 0.01
2	6.6 ± 0.01	7.4 ± 0.02	22.4 ± 0.01	11.8 ± 0.02	8 ± 0.01	2.5 ± 0.02
3	6.6 ± 0.02	7.5 ± 0.01	22.7 ± 0.01	11.5 ± 0.02	7.8 ± 0.02	2.6 ± 0.01
4	6.8 ± 0.02	7.3 ± 0.01	22.5 ± 0.01	11.3 ± 0.01	8.1 ± 0.02	2.7 ± 0.01
5	6.8 ± 0.01	7.5 ± 0.01	23 ± 0.02	11.5 ± 0.01	8.2 ± 0.01	2.5 ± 0.01
6	6.9 ± 0.01	7.6 ± 0.02	22.7 ± 0.01	11.3 ± 0.02	8.1 ± 0.02	2.6 ± 0.01
7	6.8 ± 0.02	7.3 ± 0.01	22.8 ± 0.01	11.4 ± 0.02	7.9 ± 0.01	2.8 ± 0.01
8	6.8 ± 0.01	7.5 ± 0.01	23 ± 0.01	11.5 ± 0.01	7.8 ± 0.02	2.5 ± 0.02
9	7 ± 0.01	7.5 ± 0.02	22.9 ± 0.01	11.7 ± 0.01	8.1 ± 0.01	2.4 ± 0.01
Mean ± SD	6.7 ± 0.14	7.4 ± 0.1	22.7 ± 0.22	11.4 ± 0.18	8 ± 0.13	2.6 ± 0.12
SR (%)	95.12	94.6	83.59	91.72	94.22	98.15

Table 3. The shielding ratio of around type aprons according to four manufacturers (non = 138.5) (mR)

Area	A (0.5)	B (0.5)	C (0.5)	D (0.35)
1	6.6 ± 0.02	9.4 ± 0.01	10.9 ± 0.01	7 ± 0.02
2	6.8 ± 0.01	9.5 ± 0.01	1.1 ± 0.01	6.9 ± 0.01
3	6.8 ± 0.01	9.5 ± 0.01	10.8 ± 0.01	20.4 ± 0.01
4	6.8 ± 0.02	9.6 ± 0.02	10.7 ± 0.01	7.2 ± 0.02
5	6.7 ± 0.01	9.4 ± 0.02	1 ± 0.01	7 ± 0.02
6	6.7 ± 0.01	9.3 ± 0.01	10.9 ± 0.01	20.7 ± 0.01
7	6.7 ± 0.01	9.2 ± 0.01	10.6 ± 0.01	7 ± 0.01
8	6.7 ± 0.02	9.4 ± 0.01	1.2 ± 0.01	7 ± 0.02
9	6.7 ± 0.02	9.5 ± 0.01	10.7 ± 0.01	20.5 ± 0.01
Mean ± SD	6.7 ± 0.06	9.4 ± 0.11	7.5 ± 4.56	11.5 ± 6.36
SR (%)	95.15	93.19	94.55	91.67

Table 4. The shielding ratio of 2 pieces type aprons according to four manufacturers (non = 138.5) (mR)

Area	A (0.5)		B (0.5)		C (0.5)		D (0.5)	
	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt
1	7.4 ± 0.01	7 ± 0.01	8 ± 0.01	10.4 ± 0.01	7 ± 0.01	4.5 ± 0.02	3.1 ± 0.01	3.4 ± 0.02
2	7.4 ± 0.01	7.1 ± 0.01	7.49 ± 0.02	10.3 ± 0.01	7 ± 0.01	4.6 ± 0.02	3.4 ± 0.01	3.4 ± 0.01
3	7.3 ± 0.01	7 ± 0.02	7 ± 0.01	10.4 ± 0.01	7 ± 0.02	4.5 ± 0.01	3.2 ± 0.02	3.3 ± 0.02
4	–	7.2 ± 0.01	–	10.3 ± 0.01	–	4.6 ± 0.01	–	3.3 ± 0.01
Mean ± SD	7.4 ± 0.05	7.1 ± 0.08	7.5 ± 0.4	10.4 ± 0.05	7 ± 0.01	4.6 ± 0.05	3.2 ± 0.12	3.35 ± 0.05
SR (%)	94.68	94.89	94.58	92.52	94.94	96.71	97.66	97.58

균 6.8 ± 0.14 mR의 투과 선량과 95.12% 차폐율로 가장 우수한 성능을 보였으며 C사 apron이 평균 투과 선량 11.4 ± 0.18 mR, 차폐율 91.72%로 낮은 성능을 보였다. 0.5 mmPb의 apron 중에서는 D사 apron이 평균 투과 선량 2.6 ± 0.12 mR, 차폐율 98.15%로 우수한 성능을 보였으며 B사 apron이 7.4 ± 0.1 mR의 투과 선량과 94.6%로 상대적으로 낮은 성능을 보였다(Table 2).

1.2 Around type apron

각 apron의 구역별 차폐율 반복 측정에서 통계적 유의성은 보이지 않았으며(P > 0.05) apron별 차폐율의 ANOVA test 결과는 유의한 차이를 보였다(P < 0.01). D사 apron은 납당량이 0.35 mmPb로 다른 제조사들보다 납당량이 상대적으로 낮아 투과 선량이 11.5 ± 6.36 mR, 차폐율은 91.67%로 나타났다. 0.5 mmPb의 A, B, C사 apron 중에서 A사 apron이 평균 투과 선량 6.7 ± 0.06 mR, 차폐율 95.15%로 가장 우수한 성능을 보였으며 B사 apron이 평균 투과 선량 9.4 ± 0.11 mR, 차폐율 93.19%로 가장 낮은 성능을 보였다(Table 3).

1.3 2 pieces type apron

각 apron의 구역별 차폐율 반복 측정에서 통계적 유의성은 보이지 않았으며(P > 0.05) apron별 차폐율의 ANOVA test 결과는 유의한 차이를 보였다(P < 0.01). 4개의 제조사 중 D사 apron이 상, 하의 투과 선량에서 각각 3.2 ± 0.12,

Table 5. The uniformity of front type aprons according to four manufacturers

ROI	A (0.35)		B (0.5)	
	Upper area	Lower area	Upper area	Lower area
1	183.6±7.3	183±7.7	119.2±7.9	117±6.9
2	185.8±7.9	184.7±8	123.3±8.8	119.7±8
3	179±6.6	180.3±6.9	115.4±6.6	118.6±7.1
4	179.6±6.6	181.2±6.8	116.3±6.7	120.1±8.9
Mean±SD	182.1±2.4		118.7±2.5	
	C (0.25)		C (0.35)	
	Upper area	Lower area	Upper area	Lower area
1	121.3±9	113.1±6.7	125.5±8.8	120.4±7.6
2	122.6±8.9	115.8±7	123.2±8.5	121.6±8.5
3	112.9±6.1	111.1±6	120.1±7.6	116.9±7.2
4	114.8±6.4	113.1±6.3	120.1±8.3	117.7±7.2
Mean±SD	116.8±4.7		120.6±2.7	
	D (0.35)		D (0.5)	
	Upper area	Lower area	Upper area	Lower area
1	120.4±7.8	119.2±7.7	78.2±7	118.5±7.1
2	122.2±8.3	120.9±8.2	82±12	121.3±8
3	116.6±6.7	118±7.63	75.4±6.5	118.5±7.2
4	117.5±6.7	118.9±7.1	74.9±6.3	118.1±7.6
Mean±SD	119.2±1.8		98.3±22.2	

3.35±0.05 mR를 나타내었고 차폐율은 97.66, 97.58%로 가장 우수한 성능을 보였다. B사 apron은 상, 하의 투과 선량에서 7.5±0.4, 10.4±0.12 mR 차폐율에서 94.58, 92.52%로 가장 낮은 성능을 보여주었다(Table 4).

2. 균일성 측정

2.1 Front type apron

0.25 mmPb의 C사 apron은 ±2.7의 균일성을 나타내었다. 0.35 mmPb의 납당량을 가진 apron에서 D사 apron이 ±2.2로 우수한 균일성을 나타내었으며, C사 apron에서 ±2.7로 낮은 균일성을 나타내었다. 0.5 mmPb의 apron 중에서는 B사 apron이 ±2.5로 높은 균일성을 보였으며 D의 apron이 ±22.2로 낮은 수치를 나타내었다(Table 5).

2.2 Around type apron

0.35 mmPb의 D사 apron은 ±2.4의 균일성을 나타내었다. 0.5 mmPb의 apron 중에서는 B사 apron이 ±3.2로 우수한 균일성을 나타내었고, C사의 apron이 ±4.6으로 낮은 균일성을 나타내었다(Table 6).

2.3 2 pieces type apron

4개 제조사중 A사 apron이 ±2.6으로 가장 우수한 균일성을 나타내었으며 D사 apron이 ±4.9로 낮은 균일성을 나타내었다 (Table 7).

고 찰

본 연구는 apron들을 제조사, 납당량, 형태별로 분류하여 차폐율과, 균일성을 측정하여 apron의 성능 평가를 하였다. apron을 구역별로 측정하여 차폐율을 산정하고, 균일성 측정은 front type의 경우 위, 아래 영역으로 나누고 around type과 2 pieces type은 apron의 오른쪽, 뒷면, 왼쪽 부분의 픽셀 값과 그에 대한 표준편차를 구함으로써 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 기존에 임상에서 사용하고 있는 apron이 아닌 신규 apron을 대상으로 시험함에 따라 apron 고유의 성능 평가가 가능하였다. 본 연구에서 사용한 실험 방법은 유 등과(유세종 등 2015) 송 등(송종남 등 2011)의 이전의 다른 선행 연구에서 실험한 것과 유사한 점이 있지만 실험 대상을 front, around, 2 pieces type으로 나누어 각 type별 apron의 특성을 평가할 수 있었다는 것에 차이가 있다.

차폐율 측정 결과에서 각각 같은 납당량임에도 불구하고 제조사별, form type별로 차이가 있는 것으로 나타났다. Around type apron의 차폐율 측정 결과에서 C사의 2번, 5번, 8번 구역의 투과 선량이 다른 구역보다 낮게 측정되었고 D사의 3번, 6번, 9번 구역의 투과 선량이 다른 구역보다 높게 측정되어 구역별로 균일하지 못한 차폐율을 나타냈다. 이러한 결과는 각 제조사마다 다른 apron의 디자인 형태로 인해 나타난 것으로 사료된다. 다시 말해 around type apron의 경

Table 6. The uniformity of around type aprons according to four manufacturers

ROI	A (0.5)						B (0.5)					
	Upper area			Lower area			Upper area			Lower area		
	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left
1	184.8 ±6.9	193.2 ±6.8	191.6 ±7.3	194.2 ±7	194 ±6.8	193 ±7.1	121.2 ±7.3	121.3 ±7.2	123.5 ±7.6	123.5 ±8	120.2 ±7.5	123.5 ±7.6
2	185.2 ±7.3	193.4 ±7.1	192.5 ±7	194.9 ±7.6	194.1 ±7.3	194.7 ±7	121.8 ±7.4	123.6 ±7.8	123.9 ±8.1	124 ±7.3	122.6 ±7.2	123.9 ±8.1
3	179.2 ±6.1	187.4 ±5.7	186.8 ±5.6	188.9 ±6	188.1 ±5.7	189.5 ±5.9	118.5 ±5.7	116.6 ±5.9	116.1 ±6	114.9 ±6.8	121.9 ±6.1	116.1 ±6
4	182.2 ±6.6	189.9 ±5.9	188.1 ±6	191.2 ±6.3	190.9 ±6	190.4 ±6.1	120.3 ±6.4	116.9 ±6.3	119.7 ±6.5	114.2 ±6.2	125 ±8.1	119.7 ±6.5
Mean ± SD	189.9 ± 4.1						120.5 ± 3.2					
	C (0.5)						D (0.35)					
	Upper area			Lower area			Upper area			Lower area		
	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left
1	118.2 ±8.7	121.6 ±7.2	121.4 ±7.5	120.5 ±7.8	124.6 ±7.4	118.4 ±9.9	122.2 ±6.8	121.1 ±7.3	121.7 ±7.3	123 ±7	122.7 ±7.4	123.8 ±7.2
2	122.5 ±8.7	122.4 ±7.9	124.8 ±8.6	123.9 ±8.2	124.6 ±8.3	119.7 ±11	122.4 ±7.4	122.1 ±7.5	123.2 ±8	123 ±7.4	122.7 ±7.6	124.6 ±7.6
3	111.8 ±6.6	116.1 ±6.2	118.6 ±7.4	118 ±6.9	119.3 ±6.5	107.7 ±7.1	116.4 ±5.7	116.7 ±6.1	117.2 ±6	118.4 ±5.8	117.3 ±6.1	120.2 ±6.3
4	112 ±6.7	118.1 ±5.9	120.6 ±7.7	117.2 ±6.5	121.8 ±6.9	110.2 ±6.7	118.2 ±6.2	118 ±6.3	119.7 ±6.7	120.7 ±6.3	119.3 ±6.2	121.5 ±7
Mean ± SD	118.9 ± 4.6						120.6 ± 2.4					

Table 7. The uniformity of 2 pieces type aprons according to four manufacturers

ROI	A (0.5)						B (0.5)					
	Top			Skirt			Top			Skirt		
	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left
1	121.1 ±7.5	123.8 ±7.1	121.5 ±7.2	121.5 ±7.4	123.1 ±8.3	122.2 ±7.4	119.8 ±7.1	119.9 ±8	117.7 ±7.2	116.4 ±6.9	125.7 ±8.3	125.3 ±7.4
2	122 ±7.7	124.6 ±7.7	121.5 ±7.7	122.9 ±8.3	122.4 ±7.6	123.1 ±8.6	122.2 ±7.3	120.9 ±8.6	118.7 ±7.3	117.4 ±7.3	122.3 ±8	125.3 ±6.9
3	116.5 ±6.2	118.2 ±6.1	116.3 ±6.2	115.4 ±6.2	117.1 ±5.8	117 ±5.7	118.5 ±5.9	111 ±6.2	109.1 ±5	114.9 ±5.8	116.6 ±6.8	113.2 ±5.7
4	118.8 ±6.5	120.5 ±6.4	118.5 ±6.4	117.3 ±6.7	120.7 ±7.4	119.7 ±6.5	122 ±6.5	112.3 ±5.3	110.9 ±6.4	114.9 ±6.2	122.5 ±7.4	118.1 ±6.1
Mean ± SD	120.2 ± 2.6						118.1 ± 4.7					
	C (0.5)						D (0.5)					
	Top			Skirt			Top			Skirt		
	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left	Right	Back	Left
1	119.9 ±11.5	122.6 ±10.1	114.2 ±9.1	112.3 ±7.5	116 ±8.5	122.9 ±6.3	121.8 ±7.2	120.6 ±7.1	124.3 ±6.6	114.8 ±8	110.8 ±6.7	119 ±7.1
2	119.6 ±7.8	121.4 ±7.5	112.1 ±8.2	112.8 ±8.2	118.4 ±8.6	122.5 ±8	123.4 ±7	122.8 ±8.4	125.1 ±7.5	113.3 ±7.1	112.5 ±7.2	121.5 ±6.9
3	113.2 ±7.7	118.7 ±7.4	105 ±7.4	115.6 ±11.2	112 ±8.5	120.7 ±8.7	119.5 ±6	117.6 ±7.2	118.1 ±5.8	109.4 ±7.3	110.1 ±9.2	117 ±6.8
4	114.5 ±7.5	122 ±8.6	109.2 ±7.3	114.2 ±9.2	113.8 ±7.5	118 ±7	119.6 ±6.2	117.1 ±6.6	120.8 ±6.5	109.5 ±6.2	111.1 ±8.5	119 ±6.8
Mean ± SD	116.3 ± 4.6						117.4 ± 4.9					

우 착용 시 양쪽 apron을 겹쳐서 착용을 하게 되는데 C사 apron의 경우 2번, 5번, 8번 구역이 다른 부분보다 더 겹쳐지게 되어 투과 선량이 낮게 측정되었고, D사 apron의 경우 3번, 6번, 9번 구역이 다른 부분보다 덜 겹쳐지게 되어 투과 선량이 높게 측정되어 구역별로 불균일한 차폐율을 나타내었다.

균일성 측정 결과에서 front type의 경우 동일한 납당량인 경우 비슷한 균일성을 보이지만 around type과 2 pieces type의 경우 같은 납당량임에도 불구하고 서로 다른 균일성을 보여주었다. 본 연구의 균일성 결과는 이전 선행 연구인 유등(유세종 등 2015)의 결과와는 다소 차이를 보이는데 이는 투시영상 획득 시 사용한 노출 조건에 따른 차이이며 이러한 차이는 ROI의 신호 값의 표준편차를 구하여 편차의 높고 낮음으로 균일성을 평가하는 데 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

일반적으로 apron은 사용기간이 늘어나고, 사용과 보관이 제대로 이루어지지 않을수록 납의 구겨짐이나 손상으로 인해 성능이 저하된다(김영근 등 2003). 현재 국내 의료기관 평가는 물론 외국에서도 1년 단위로 육안검사 투시검사를 통한 성능 평가가 이루어지고 있다(Michel and Zorn 2000; Stam and Pillay 2008). 하지만 이러한 평가들은 단지 균열 여부만 다루고 있어 실질적인 방사선 방어가 이루어져 있는지는 알 수가 없다. 따라서 방사선 관계 종사자들의 피폭 선량 감소를 위해서는 정기적인 차폐율과 균일성 측정을 통해 관리가 필요하다. 또한 본 연구에서 사용된 apron들은 신규 제품임에도 불구하고 차폐율과 균일성에서 현저하게 차이가 나타났기 때문에 구매 전에 차폐율과 균일성 실험이 선행되어야만 한다. 따라서 본 저자들은 처음으로 실험 대상을 front, around, 2 pieces type으로 나누어 각 type별 apron의 특성을 평가할 수 있었다는 것에 대해 학술적 의미를 부여할 수 있다고 사료된다.

결 론

본 연구 결과와 같이 신규 apron이라 하더라도 제조사, 형태에 따라 차폐율 및 균일성에서 현저한 차이가 나타난다. 또한 구입 후에도 사용기간이나 사용 및 보관 방법에 따라 성능이 달라진다. 따라서 구입 전과 구입 후에 본 연구에서 시행하였던 차폐율과 균일성 실험을 정기적으로 시행해야만 하며 이는 방사선 관계 종사자나 환자, 보호자의 방사선 피폭을 최대한 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

김기원, 손진현, 민정환, 권용락, 서승원, 권경태, 오주영, 손순룡. 2015. 복부 전후 방향 검사의 자동노출제어 사용 시 선량 비교 연구. 대한방사선과학회 **38**(3):205-211.

김영근, 장영일, 김정민. 2003. 방사선 방호용 에이프런의 경량화와 차폐능 개선. 대한방사선과학회 **26**(1):45-50.

김유현, 최종학, 김성수, 오유환, 이창엽, 조평곤, 강대현, 이영배, 김형철, 김철민. 2005. 진단방사선검사에서 환자피폭선량에 관한 연구. 방사선기술 과학회지 **28**(3):241-248.

송종남, 설광욱, 홍성일, 최정구. 2011. Over tube type의 투시촬영장치를 이용한, 제조사별, 납당량별 엑스선 방어 앞치마의 protection 성능 평가에 관한 연구. 한국방사선학회지 **5**(3):135-141.

유세종, 임창선, 심규란. 2015. 방사선 방어용 앞치마의 차폐율과 균일성 측정을 통한 성능 평가 연구. 대한안전경영과학회지 **17**(1):103-109.

추성실. 1990. 방사선의 의학적 이용에 따른 방사선 안전관리 현황. 대한방사선방어의학회지 **15**(1):39-46.

한국산업규격(KS). 1990. X선 방호용품류의 납당량 시험 방법, A 4025.

ICRP 103. 2007. Recommendations of the International Commision on Radiological Protection, ICRP Publication.

KFDA. 2006. Interventional radiology radiation protection guidelines, KFDA.

Michel R and Zorn MJ. 2000. Implementation of an X-ray radiation protective equipment inspection program. *Health Phys*. **82**:51-53.

Orhan O and Arzu K. 2012. How protective are the lead aprons we use against ionizing radiation. *Diagn. Interv. Radiol*. **18**(2):147-152.

Stam W and Pillay M. 2008. Inspection of lead aprons: A practical rejection model. *Health Phys*. **95**(2):133-136.

Received: 29 September 2016
Revised: 25 November 2016
Revision accepted: 7 December 2016