

Measurement of Comparison to Scattering Dose Space According to the Presence or Absence of Protective Clothing in the X-ray Room

Yeji Heo*, Kyotae Kim*, Changhoon Cho*, Suman Kang**, Jikoon Park*, Sangsik Kang*, Sicheul Noh*, Bongjae Jung*

Department of Radiological Science, International University of Korea,*
Department of Radiation Oncology, Kosin University Gospel Hospital**

X선 촬영실에서 방호복 유무에 따른 공간산란선량의 측정 비교

허예지*, 김교태*, 조창훈*, 강수만**, 박지균*, 강상식*, 노시철*, 정봉재*

한국국제대학교 방사선학과*, 고신대학교 방사선종양학과**

Abstract

Current medical institutions with the development of medical technology to the increased demand for health use of radiation equipment is increasing rapidly. Direct radiation from the patient receives the aim of reducing exposure as much as possible is important and the spatial dose of scattered radiation with in the space to engage in reducing healthcare physician, radiation workers and carers need to reduce indirect exposure. X-ray radiation workers and caregivers in the X-ray room to wearing of protective clothing is advised. However Radiation worker sand caregivers of patients with secondary is done, by wearing protective clothing to wear protective clothing because of the weight and discomfort have been neglected.

In this study, based on the presence or absence of clothing scattered radiation from space to measure distances, depending on the horizontal and height by measuring the angle of the importance of wearing protective clothing were investigated.

Key Words: Radiation equipment, Scattered radiation from space, Radiation worker, Caregivers, Protective

요약

현재 의료기관은 의학 기술의 발전과 더불어 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 방사선 발생장치의 이용이 급증하고 있다. 방사선으로 인해 환자가 받는 직접적인 피폭을 가능한한 줄이는 목적도 중요하지만 촬영시 공간 내에서 받을 수 있는 간접적인 피폭을 줄여 의료업에 종사하는 의료인, 방사선 작업종사자 및 보호자의 피폭을 줄여야 한다. 엑스선 촬영실에서는 방사선작업종사자 및 보호자에게 방호복의 착용을 권고하고 있으나 불가피하게 방사선작업종사자 및 보호자가 환자의 촬영 보조를 할 경우, 방호복 착용에 의한 중량감 및 불편함 때문에 방호복 착용이 등한시 되고 있다. 이에 본 연구에서는 방호복 유무에 따라 공간산란선량을 측정하고 거리, 가로면 각도 및 높이에 따라 측정함으로써 방호복 착용의 중요성을 알아보고자 하였다.

중심단어: 방사선발생장치, 공간 산란선량, 방사선작업종사자, 보호자, 방어.

I. 서론

1895년 뢰트겐이 X선을 발견한 이후 공학, 의학 분야에서 X선 사용이 증가하고 있으며^[1] 이에 따라 현대 의학 기술도 발전하게 되고 임상 의학적인 진단을 위해 방사선의 사용이 필수화 되고 있다. X선 발견 초기에는 많은 방사선 작업종사자들이 방사선 장해를 입게 되면서, 사람들은 방사선 피폭에 대한 위험성을 인식하게 되었으며 방사선 피폭을 저감화하기 위하여 국제 방사선 방어위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)를 설립하고 권고안을 제시하였다^[2].

최근에는 일본의 원전사고와 고리원자력발전소의 미흡한 대처 때문에 방사선에 대한 관심이 어느 때 보다 높게 나타나고 있어, 방사선을 취급하는 방사선 작업종사자의 역할이 중요한 시기라고 볼 수 있다. 이러한 시점에 의료기관에서 많이 사용하고 있는 방사선 발생장치의 경우 환자의 진단검사에 이용되고 있으며, 대부분 방사선사가 취급하고 있기 때문에 안정적인 방사선관리가 이루어지고 있다고 볼 수 있으나, 방사선에 대한 관심이 어느 때 보다 높은 이 시점에 방사선 검사시 발생하는 공간선량과 방사선피폭에 대한 이해가 필요한 때라고 볼 수 있다.

방사선으로 인한 피폭은 내부피폭과 외부 피폭으로 구분할 수 있으며 외부 피폭에서는 간접적인 피폭과 직접적인 피폭으로 나뉜다. 방사선 작업 종사자 및 보호자는 간접적인 피폭을 주로 받으며 이는 공간 산란선량으로부터 발생하는 피폭으로, 최근 식품의약품안전청 연구 조사에 따르면 다른 직종에 비하여 방사선 작업 종사자가 적게는 4배에서 많게는 24배까지 더 많은 피폭을 받는 것으로 조사되었다^[3].

이러한 외부 피폭에 대한 저감화 방안으로는 시간, 거리, 차폐의 3원칙으로 규정하고 있다. 방사선 장해를 최소화 하기 위해서는 반드시 3원칙을 고려해야하며, 거리와 시간을 불가피하게 이행 할 수 없을 경우에는 방사선 발생장치와 방사선작업종사자 사이에 적절한 차폐물을 설치하여야한다. 따라서 직접적인 피폭을 가능한 줄이는 목적도 중요하지만 간접적으로 발생하는 공간 산란선량을 줄여 피폭을 줄이고, 그로 인한

방사선 장해를 저감화 하는 방안을 마련해야 한다^[4]. 또한 검사실 내의 공간산란선 분포는 방사선작업종사자 및 환자에 대하여 피폭 정도의 지표로도 이용되고 있으며^[5] 피폭 정도를 고려하기 위해서는 공간산란선 분포를 정확하게 파악하고, 공간산란선이 방호복에 얼마나 차폐되는지를 정확하게 파악할 필요성이 있다. 이에 본 연구에서는 X선 촬영실 내의 테이블 주변에서 거리 및 각도 변화에 따른 공간산란선량 값을 측정하고^[1] 이를 바탕으로 하여 방호복 유무 시 거리, 가로면 각도 및 높이변화에 따른 공간산란선량을 측정하여 방사선작업종사자와 주변인 그리고 검사를 받게 되는 환자에 대한 피폭선량감소와 방호복 착용을 통한 방사선방어의 중요성에 대해 알아보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 기기

1) 엑스선 촬영장치 :

- ① Controller (DK II-525R/F in R/F X-ray System)
- ② Tube supports in X-rays Support. (Model - SF 80)
- ③ Collimator (Model - BL -50, Beam limiting Device)

2) 피사체(phantom)

: Chest Phantom (RS111 ,Fluke Biomedical LLC)

3) 피사체(Apron)

: Medical X-ray protective APRON (Model-Buckle B-Type(0.5mmPb), JPI)

4) 이온 챔버(Ionization chamber)

: Ionization chamber(20X6-60E) & (20X6-1800) Probe [Radcal]



X-ray 촬영장치 (Model - SF 80)



X-ray protective APRON (Buckle B-Type)



Chest Phantom (RS111)



Ionization chamber (20X6-60E & 20X6-1800)

2. 실험 방법

1) 측정 조건

① 촬영실 테이블 주변의 공간 산란 선량 분포 측정 조건

(a) SID : 100cm

(b) 이온 챔버의 위치: 조사야 기준으로 주변 50cm, 70cm

(c) 측정 각도

① Horizontal 분포 : 180°, 135°, 90°, 45°, 0°, -45°, -90°, -135°

② Vertical 분포 1): 120°, 90°, 60°, 30°, 0°, -30°, -60°, -90°, -120°

③ Vertical 분포 2): 120°, 90°, 60°, 30°, 0°, -30°, -60°, -90°, -120°

② 방호복 유무 측정에 따른 기하학적 조건

(a) 초점과 피사체 하단 사이의 거리 : 100cm

(b) 방호복의 위치: 조사야 중심을 기준으로 50cm, 70cm, 180cm

(c) 이온 챔버의 위치

① 조사야 중심을 기준으로 70cm, 90cm, 200cm

② 바닥으로부터 85cm, 138cm

③ Angle : -90°, -45°, 0°, 45°, 90°

③ 조사 조건

(a) 고정 인자

- 관전압, 관전류 및 조사시간 : 80kV, 200mA, 0.1sec

- 피사체 두께 : 24cm

- 조사면 : 30 × 30 cm²

(b) 변동 인자

- 방호복의 납당량 : 0mmPb, 0.5mmPb

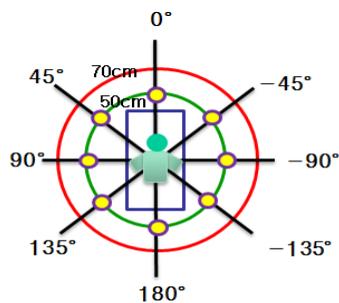


Fig. 1 Materials and Methods

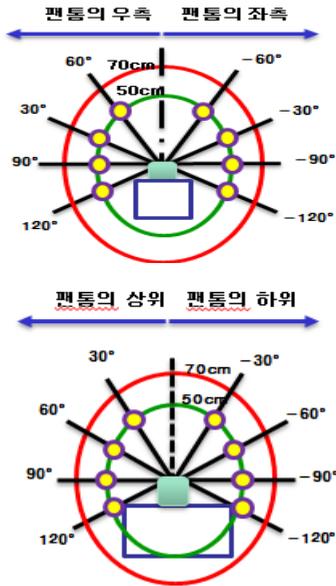


Fig 2. This picture shows the Horizontal & vertical plane of Spatial Scattering radiation

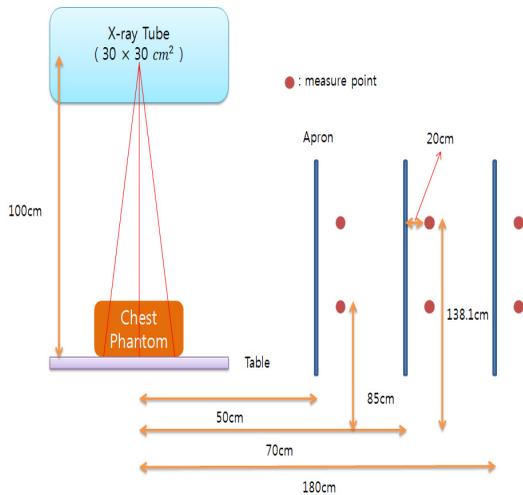


Fig. 3 This picture shows the vertical plane of measure point

2) 측정 방법

(1) Horizontal plan & Vertical plan 공간 산란선 측정

본 연구에서는 방호복 위치에 따른 공간 산란선 측정을 시행하기에 앞서 Table 주변의 공간 산란선 분포

정도를 알아보기 위해 이온 챔버(20X6-60E & 20X6-1800)를 이용하여 측정 하였다. 측정은 Horizontal, Vertical 두 가지 방향으로 구분하여 측정하였다.

Horizontal plan 측정은 장비의 높이 변화 없이 흉부 촬영용 팬텀과 동일한 높이에서 Horizontal 방향으로 팬텀 주위 4분면에 대한 공간 산란선을 측정하였다. 측정 거리는 50cm, 70cm 및 45°각도 간격으로 변화시켰으며, 각각 3회씩 측정 하였다.

Vertical 공간 산란 측정은 팬텀 주변에 산란 선량을 측정할 위치를 선정하고 높이에 따른 각도 변화를 이용하여 공간 산란 측정이며, 팬텀 주위의 4분면에 50cm, 70cm로 거리변화를 주는 동시에 팬텀을 기준으로 -120°에서 +120°까지 30° 각도변화에 따라 측정 장비를 위치시키고 각각의 지점에서 3회씩 공간 산란 선량을 측정 하였다.

(2) 방호복 위치에 따른 공간 산란선 측정

이온 챔버(20X6-60E & 20X6-1800)를 이용하여 촬영 체위와 촬영 조건은 임상에서 성인의 흉부 촬영시 사용하는 조건으로 관전압 및 관전류, 조사시간을 설정 하였다. 보호자의 연령은 20세 남성으로 가정하였고 평균 신장은 20대 남성의 평균 체형인 사각체형의 신장 173.2cm로 설정하였다^[1]. 방호복의 위치는 보호자의 위치를 고려하여 조사야 중심으로부터 가로면으로 50cm, 70cm, 180cm로 설정하였고 선량 측정 위치는 방호복의 20cm 후방에서 측정하였다. 측정 위치의 높이는 남성의 생식샘과 액와 림프절을 고려하여 각각 바닥으로부터 85cm, 138cm의 높이로 위치를 설정하였다 (Fig. 2). 촬영은 흉부 전후 방향 촬영으로 X-선을 조사함과 동시에 이온 챔버의 위치를 변화시키면서 선량을 3회씩 측정하였다. 측정된 선량 값은 다음과 같은 수식으로 공간산란선량을 계산하였다. 이온 챔버를 이용하여 측정 시 실내의 기압 및 온도는 868mmHg, 22℃ 였으며, 이 값을 이용하여 계산한 결과 교정상수 값은 1.05였다.

$$\text{① 공간산란선량(uSv)} : \text{공간산란선량(uSv)} = \left\{ \sum [(\text{측정 선량}) \times (\text{교정상수})] / (\text{측정 횟수}) \right\}$$

그리고 계산된 공간산란선량 값을 이용하여 방호

복의 유무에 따른 공간산란선량 차이를 계산하였으며, 방호복 사용시 공간 산란선에 대한 차폐율을 알아보고자 다음과 같은 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\textcircled{2} \text{ 차폐율(\%)} = \{ [(\text{방호복 사용 전의 선량}) - (\text{방호복 사용 후의 선량})] / \text{방호복 사용 전의 선량} \} \times 100$$

실험 전에 관전압의 정확성 범위는 실험 장비는 약 $\pm 7\%$ 이내였으며, 조사선량 직선성은 변동계수(CV)가 약 0.03정도 됨을 확인하였다. 가슴 전후 방향 촬영을 정해진 위치에서 3번씩 측정하여 평균치를 구하였고, X선관의 관 부하를 가만하여 1분 간격으로 X선을 조사하였다.

III 연구결과

1. Horizontal plan과 Vertical plan 공간산란선량 측정.

1) Horizontal plan

팬텀에 입사되는 beam의 중심과 팬텀 깊이의 중심이 교차하는 지점을 각도와 거리를 측정하는 기준으로

로 설정 하였다. 음극 측의 90°, -90°의 측정 선량 값이 50cm 지점에서 7.76 μ Sv, 3.66 μ Sv으로 가장 높았으며, 70cm지점에서는 7.74 μ Sv, 3.63 μ Sv으로 공간 산란선량 값이 높았다.

2) Vertical plan(1)

팬텀에 입사되는 beam의 중심과 팬텀 깊이의 중심이 교차하는 지점을 각도와 거리를 측정하는 기준으로 설정하였다. 50cm, 70cm 거리에서 결과 팬텀의 우측 +60° 공간 선량 값이 21.94 μ Sv, 12.79 μ Sv로 높은 값을 보였으며, 팬텀 좌측 -60°에서는 30.03 μ Sv, 14.44 μ Sv로 공간 선량 값이 높게 나타났다.

3) Vertical plan(2)

팬텀에 입사되는 beam의 중심 지점과 팬텀 깊이의 중심이 교차하는 지점을 각도 및 거리를 측정하는 기준으로 설정하였다. 그 결과 50cm, 70cm 거리에서 결과 팬텀의 우측 +60° 공간 선량 값이 19.18 μ Sv, 9.82 μ Sv로 높은 값을 보였으며, 팬텀 좌측 -30°에서는 20.25 μ Sv, 8.02 μ Sv로 공간 선량 값이 높게 나타났다.

Table 1. Measured Spatial Scattering dose in Chest AP Radiography

Horizontal plan								
각도 거리	0° (팬텀 상부)	+45°	+90°	135°	-45°	-90°	-135°	180° (팬텀 하부)
50cm	7.62 μ Sv	6.55 μ Sv	7.76 μ Sv	7.30 μ Sv	7.21 μ Sv	7.74 μ Sv	6.43 μ Sv	5.96 μ Sv
70cm	4.45 μ Sv	3.40 μ Sv	3.66 μ Sv	3.66 μ Sv	3.66 μ Sv	3.63 μ Sv	3.26 μ Sv	3.62 μ Sv
Vertical plan(1)								
각도 거리	+120° (팬텀 우측)	+ 90°	+60°	+30°	-30°	-60°	-90°	-120° (팬텀 좌측)
50cm	4.76 μ Sv	8.10 μ Sv	21.94 μ Sv	11.99 μ Sv	16.49 μ Sv	30.03 μ Sv	10.01 μ Sv	2.66 μ Sv
70cm	3.52 μ Sv	5.10 μ Sv	12.79 μ Sv	9.18 μ Sv	11.15 μ Sv	14.44 μ Sv	7.15 μ Sv	1.28 μ Sv
Vertical plan(2)								
각도 거리	+120° (팬텀 상위)	+ 90°	+60°	+30°	-30°	-60°	-90°	-120° (팬텀 하위)
50cm	5.25 μ Sv	9.50 μ Sv	19.18 μ Sv	18.49 μ Sv	11.87 μ Sv	20.25 μ Sv	7.11 μ Sv	3.53 μ Sv
70cm	3.45 μ Sv	5.33 μ Sv	9.82 μ Sv	8.72 μ Sv	5.55 μ Sv	8.02 μ Sv	3.74 μ Sv	2.89 μ Sv

2. 방호복 위치에 따른 공간산란 선량 측정

1) 방호복 착용 유무에 따른 생식샘에서의 공간산란선량

① 방호복을 착용하지 않았을 경우의 공간산란선량

가슴 전후 방향 촬영 시 조사야 중심으로부터 각도에 따라 생식샘의 공간산란선량을 측정된 결과는 다음과 같다. 조사야 중심으로부터 70cm 거리에서는 각도에 따라 각각 4.45μSv, 3.66μSv, 4.13μSv, 3.40μSv, 3.63μSv 였으며, 20cm 거리 증가시 각도에 따라 3.27μSv,

2.84μSv, 2.38μSv, 2.48μSv, 2.11μSv 정도로 줄어들었다. 200cm에서 측정된 결과 각도에 따라 0.51μSv, 0.56μSv, 0.56μSv, 0.54μSv, 0.46μSv로 측정되었다.

② 방호복을 착용하였을 경우의 공간산란선량

조사야 중심으로부터 70cm 거리에서는 각도에 따라 각각 0.12μSv, 0.11μSv, 0.11μSv, 0.08μSv, 0.11μSv 였으며, 20cm 거리 증가시 각도에 따라 각각 0.11μSv, 0.06μSv, 0.09μSv, 0.07μSv, 0.08μSv 정도로 줄어들었다. 200cm에서 측정된 경우에는 각도에 따라 0.03μSv, 0.02μSv, 0.03μSv, 0.03μSv, 0.04μSv로 측정되었다.

Table 2. Measured Spatial Scattering dose in Chest AP Radiography

측정 위치	방호복의 남당량 (mmPb)	각도 거리	0°	45°	90°	135°	180°
			생식샘 (85cm)	0	70cm	4.45 μSv	3.66 μSv
90cm	3.27 μSv	2.84 μSv			2.38 μSv	2.48 μSv	2.11 μSv
200cm	0.51 μSv	0.56 μSv			0.56 μSv	0.54 μSv	0.46 μSv
0.5	70cm	0.12 μSv		0.11 μSv	0.11 μSv	0.08 μSv	0.11 μSv
	90cm	0.11 μSv		0.06 μSv	0.09 μSv	0.07 μSv	0.08 μSv
	200cm	0.03 μSv		0.02 μSv	0.03 μSv	0.03 μSv	0.04 μSv
액외립프절 (138cm)	0	70cm	5.77 μSv	6.13 μSv	6.03 μSv	5.04 μSv	4.86 μSv
		90cm	3.85 μSv	3.83 μSv	3.36 μSv	3.08 μSv	2.65 μSv
		200cm	0.75 μSv	0.74 μSv	0.72 μSv	0.58 μSv	0.56 μSv
	0.5	70cm	0.15 μSv	0.14 μSv	0.16 μSv	0.16 μSv	0.18 μSv
		90cm	0.13 μSv	0.13 μSv	0.11 μSv	0.13 μSv	0.14 μSv
		200cm	0.06 μSv	0.04 μSv	0.05 μSv	0.05 μSv	0.06 μSv

2) 방호복 착용 유무에 따른 액외립프절에서의 공간산란선량

① 방호복을 착용하지 않았을 경우의 공간산란선량

가슴 전후 방향 촬영 시 조사야 중심으로부터 어깨 높이에 따른 각도별 공간산란선량을 측정된 결과는 다음과 같다. 조사야 중심으로부터 70cm 거리에서는 각도에 따라 각각 5.77μSv, 6.13μSv, 6.03μSv, 5.04μSv, 4.86μSv 이었다. 20cm 거리를 변화시킨 후 측정 결과는 각각 3.85μSv, 3.83μSv, 3.36μSv, 3.08μSv, 2.65μSv 정도로

줄어들었다. 200cm 거리에서는 0.75μSv, 0.74μSv, 0.72μSv, 0.58μSv, 0.56μSv로 측정되었다.

② 방호복을 착용하였을 경우의 공간산란선량

조사야 중심으로부터 70cm 거리에서는 각도에 따라 각각 0.15μSv, 0.14μSv, 0.16μSv, 0.16μSv, 0.18μSv 였으며, 20cm 거리 변화시 측정 결과는 0.13μSv, 0.13μSv, 0.11μSv, 0.13μSv, 0.14μSv로 값이 줄어들었다. 200cm에서는 각도에 따라 0.06μSv, 0.04μSv, 0.05μSv, 0.05μSv, 0.06μSv로 측정되었다.

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 방호복 착용 유무에 따른 생식샘과 액와 림프절 공간산란선량을 측정하였다. 부위별 공간산란선량을 측정하기에 앞서 촬영실 내의 공간산란선량을 측정하였으며, 그 결과 촬영실 내의 Table 주변의 공간산란선 분포는 Horizontal +90°, -90° 지점에서 3.63μSv~7.76μSv의 분포를 보였다. 또한 Vertical(1)측정에서는 +60°, -60° 각도에서 12.79μSv~30.03μSv의 분포를 보였고, Vertical(2)측정에서는 +60°, -60° 각도에서 8.02μSv~19.18μSv의 분포를 보였다. 측정 결과 값으로 보아 Tube의 음극 측과 촬영실의 벽면 측에 가까울수록 공간산란선량이 증가함을 알 수 있었다. 또한 거리 증가 시 수평 분포에서는 거리 역자승의 법칙에 따라 선량값이 감소하는 결과 값을 나타냈으며, 수직 분포에서는 주로 60°, -60° 분포에서 선량 값이 가장 높게 측정된 것으로 보아 안구 방향으로의 산란선량이 증가함을 확인 하였고 그에 대한 방호가 필요할 것으로 사료된다. 이러한 결과 값은 다른 논문지에 게재되어 있는 바와 같이 거리에 따른 공간 산란선의 평균값은 수평 분포의 평균 값 보다 수직 분포의 평균값이 다소 높게 나타났다^[1]. 또한 은^[7]의 연구 결과에서 산란선량의 위치가 바닥에서 높이가 높아질수록 산란선량이 감소함을 보였다는 결과와는 달리 본 연구에서는 높이가 증가 할수록 공간산란선량의 값이 증가함을 확인하였다.

위의 결과 값을 바탕으로 방호복 착용 유무 시 테이블 주변에 발생하는 공간산란선량을 거리, 각도 및 위치에 따라 측정하여 방호복 착용의 중요성을 확인한 결과 방호복을 착용하지 않았을 경우 생식샘의 위치인 85cm에서는 가로면 거리 70cm 일 때 각도에 따라 3.40μSv~4.45μSv 정도 피폭 받는 것으로 측정되었고, 액와 림프절 위치인 138cm에서는 4.86μSv~6.13μSv 정도 피폭 받는 것으로 측정되었다. 이러한 측정 결과 값으로 보아 앞서 측정한 공간산란선량과 유사하게 테이블에서 높이 변화에 따른 공간산란선량의 영향이 있는 것으로 사료되며, 방호복 유무에 따라 적기는 10배에서 많게는 45배 정도 차이가 나타남을 확인하였다. 또한 방호복 차폐율 계산 결과는 거리, 각도, 위치에 따라 89.7%~97.8% 차폐가 가능한 것으로 계산되

었으며, 즉 거리, 각도 위치에 관계없이 89.7% 이상의 차폐를 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

국내에서는 국민의 삶의 질 향상과 더불어 건강 증진에 대한 관심이 높아짐에 따라 진단 방사선 분야에 서 건강 검진 등의 X선 검사 횟수가 증가하고 있는 추세이며, 이러한 검사로 인해 인공 방사선에 의한 피폭이 방사선 피폭의 약 90%를 차지하고 있으므로 환자 또는 방사선 작업 종사자, 보호자의 직접, 간접적인 피폭선량 감소를 위한 저감화가 반드시 필요하다^[6]. 환자의 질병 진단을 위하여 방사선 검사를 받는 것은 방사선에 의해 발생할 수 있는 위해보다 얻어지는 이익이 더 크기 때문이며, 방사선 노출 주변의 환자 및 보호자, 방사선 작업 종사자의 피폭을 저감화 하기 위해서는^[1] 방사선 촬영 시에는 반드시 방호복을 착용하는 것이 바람직하다. 더불어 수평 분포와 수직 분포에서 공간산란 선량을 측정 한 결과 수직 분포에 따른 공간산란선량이 증가되므로 상대적으로 차폐하기 용이하지 않은 갑상선 및 안구 부위의 차폐 또한 고려하여야 한다. 그러므로 방사선작업종사자는 방사선 검사시 방호복착용의 불편함 때문에 발생하는 방어에 대한 소홀함을 인식하고, 특정장기의 방어에도 관심을 갖고 실천하여야 할 것으로 판단된다. 그리고 환자 검사시 검사부위를 제외한 특정장기의 피폭선량감소에도 관심을 갖고 접근하여야 하며, 방사선 검사시 거동이 불편한 환자를 보조하게 되는 보호자에 대한 전면 방호복 착용은 물론 갑상선 보호대와 납안경 착용 등을 의무화하여 촬영실 내에서 이루어지는 생식선차폐 뿐만 아니라, 갑상선과 안구에 대한 방사선피폭의 저감화에도 노력을 기울여, 최소한의 피폭선량으로 진단가치가 높은 의료영상물을 제공하는데 본 연구가 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단·일반연구자 협동연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0027312).

Reference

- [1] 김성규, "영상의학과 이동 검사 영역의 공간선량 분포에 대한 측정 및 분석", 대한 디지털 의료영상학회논문지, Vol. 11, No. 1, p.5, 2009.
- [2] 송중순, "방사선 방어의 최적화 절차론 개발에 관한 연구", 방사선방어학회지, Vol. 19, No. 1, p.1, 1994.
- [3] 식품의약품안전청, "방사선관계종사자의 직업적 피폭에 따른 건강영향평가 연구", 2008.
- [4] 권덕문, "이동형 X선 촬영에서 공간산란선량 분포 측정" 대한 방사선 기술학회지, Vol 24, No. 1, 2001. p.23, 2001.
- [5] 김선철, "양방사선 골밀도 측정 장치의 공간산란선량분포 측정", 대한 디지털 의료영상학회논문지, Vol. 13, No .2, p.7, 2011.
- [6] 식품의약 안전청 "환자선량 측정 가이드라인", 12, 2007.
- [7] 은성중, "X선 촬영시 테이블 주변 촬영도움자의 피폭선량 측정" 한국방사선학회논문지 Vol. 5, No. 6, p.419, 2011.