Journal of Radiation Industry 11(3) : 167~171(2017)

두꺼운 피사체 X선 촬영 시 보호앞치마 착용의 유용성

최 성 관[1] · 동 경 래[1,*]

[1]광주보건대학교 방사선과

Utility of Wearing Protective Apron for X-ray of Thick Subject

Seong-Kwan Choi[1] and Kyung-Rae Dong[1,*]

[1]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 73, Bungmun-daero 419 Beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju 62271, Republic of Korea*

Abstract - This study examined the effectiveness degree of a protective apron that is taken not to be exposed to the first ray or scattered rays, for X-ray of thick subject like lateral lumbar, and the results are as follows; First, spatial dose by scattered rays is shielded by 3 mmPb protective apron, 86.8% at a distance of 50 cm, 92.7% at 100 cm, and 95.6% at 200 cm, when minimizing the field size, while 89% at a distance of 50 cm, 92.3% at 100 cm, and 95.2% at 200 cm, when maximizing the field size. Second, 1st exposure dose is shielded by 3 mmPb protective apron, 93.7% at a distance of 50 cm, 94.4% at 100 cm, and 93.6% at 200 cm, when minimizing the field size, while 93.7% at a distance of 50 cm, 93.6% at 100 cm, and 94.2% at 200 cm, when maximizing the field size.

Key words : Scattered rays, 1st exposure dose, Spatial dose, Protective apron

서 론

인간의 X선에 대한 이용은 의료분야를 비롯하여 산업분야로까지 날로 증가되고 있다. 하지만 X선은 장치실 내부에 상당한 양의 공간선량을 발생시키고, 차폐시설이 없거나 보호용구를 착용하지 않은 환경에서 장치실 내에서 머물러 있을 경우 1차선이나 산란선에 의해 상당한 양의 X선 피폭을 수반하게 됨으로써 그에 대한 대책마련이 시급한 실정이다 (Song *et al*. 2011; Kim *et al*. 2016).

의료분야에서의 X선 이용은 주로 질병에 대한 진단 및 치료 목적을 위한 것으로서 신체를 절개하지 않은 상태에서 활용하는 장점으로 인해 그 사용 빈도가 점차 높아지고 있다. 특히 뼈를 비롯한 여러 신체조직의 해부학적 구조를 파악하기 위해 시행하는 X선 검사는 의료기관 내원 시 기본적 내지는 필수적으로 이루어지는 진료과정으로 자리 잡았고, 뛰어난 진단능력을 갖춘 첨단 X선 장비들이 대거 개발되어 임상현장에서 널리 활용되어지고 있다. 하지만 X선은 전하와 질량이 없는 전자기파의 일종으로서 냄새와 색깔도 없고 우리 눈에 보이지 않은 상태에서 생체에 일정량 이상 피폭될 경우 여러 가지 물리적, 화학적, 생물학적 작용을 일으킨다. 따라서 X선을 질병의 진단 및 치료적 측면에서의 이익을 위해 부득이하게 사용한다 할지라도 그에 대한 사용은 지극히 최소화 내지는 최적화의 원칙하에 이루어져야 한다(Kim *et al*. 2005; Stam and Pillay 2008; Orhan and Arzu 2012).

X선은 어떤 물체와 충돌할 때 강한 투과력을 가지며, 물체를 통과한 후에는 흡수와 산란 현상으로 인해 감쇠가 나타나고, 감쇠는 선원으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례하는 거리 역자승 법칙이 적용된다(Sin 2005). 이러한 법

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

칙에 입각해서 X선 발생공간에 머물러 있어야 할 경우 가급적 선원으로부터 먼 거리에 피해야만 하고, 반드시 연산화물을 이용한 방호복이나 다원소 복합 방호복을 착용해야 한다(Kim *et al*. 2003). 방호복은 가벼우면서도 내구성과 방어능력이 우수한 제품이 요구되고 있으나 현실적으로는 그러한 이상적인 방호복 제작이 어려운 실정이다(Yang *et al*. 1993).

본 연구는 요추 측방향 촬영처럼 관전압(kVp)이 높고 산란선이 많이 발생하는 두꺼운 피사체의 X선 촬영 시 1차선이나 산란선의 피폭을 방어하기 위해 착용하는 보호앞치마가 얼마나 효과가 있는지를 알아보고자 하며, 이를 위해 선원으로부터의 거리에 따라 조사야 크기별로 보호앞치마를 착용한 경우와 그러지 않은 경우의 공간선량과 1차 조사선량이 어느 정도인지를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 실험장비

X선 조사장치는 중원메디칼(Korea)에서 제조하여 2008년에 공급한 Digital Radiography System (모델번호: CXT-RD85D II)을 사용하였다. X선 선량측정기는 스웨덴에서 제조하여 2010년에 공급한 Phiranha 657 모델을 사용하였다. 보호앞치마는 SOYEE (Korea)에서 제조한 0.3 mmPb 제품을 사용하였다.

2. 실험 방법

X선 조사는 첫째, 전신 인체팬텀을 촬영대에 옆으로 눕게 조정한 요추 측방향 촬영법을 이용하여 보호앞치마를 착용했을 때와 착용하지 않을 때의 선원 중심으로부터 50, 100, 200 cm 측정거리별로 각각 30회씩 X선을 조사하였다. 둘째, 수직영상수신기를 이용한 수평선속 촬영조건에서 보호앞치마를 착용했을 때와 착용하지 않을 때의 SID 50, 100, 200 cm별로 각각 30회씩 1차선을 직접 조사하였다.

X선 조사조건은 X선장치 제조회사에서 사전에 자동 설정된 요추 측방향 촬영 기본 값(성인)을 적용하였고 그 구체적인 내용은 Table 1과 같다.

X선 조사야 크기는 요추 측방향 촬영을 적용한 상태에서 최소화의 경우 콜리메이터를 검사 목적 부위에 최적화시킨 크기로 최대한 줄였고, 최대화의 경우 측정거리별 혹은 SID별로 콜리메이터를 최대로 열어서 설정하였다. 그 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

X선 조사선량 측정은 첫째, 피사체 충돌 후 생성된 산란선이 보호앞치마 착용 여부에 따라 얼마만큼의 공간선량을 만드는지를 알아보기 위해 선속 중심으로부터 50, 100, 200 cm 떨어진 지점에서 선량측정기를 보호앞치마로 차폐한 경우와 차폐하지 않은 경우로 나눈 후 각 측정거리별로 30회씩 X선을 조사하여 선량을 측정하였고, 조사야 크기가 최소화일 때와 최대화일 때의 두 가지 형태로 반복하여 진행하였다.

Table 1. X-ray exposure control

FOV	kVp	mA	Second	mAs
Lumbar lateral direction	95	320	0.25	80

Table 2. X-ray field size setting

Types of measurement	Field size	
	Min (cm)	Max (cm)
Scatter X-ray	22 × 46	58 × 58
1st X-ray	22 × 46	full

둘째, 1차 X선이 SID의 차이에 따라 보호앞치마를 얼마나 통과하는지를 알아보기 위해 수직영상수신기 중앙부에 선량측정기를 테이프로 부착하고 그 위를 보호앞치마로 차폐한 경우와 차폐하지 않은 경우로 나눈 후 SID 50, 100, 200 cm별로 각각 30회씩 1차선을 직접 조사하여 선량을 측정하였고, 조사야 크기가 최소화일 때와 최대화일 때의 두 가지 형태로 반복하여 진행하였다.

3. 통계처리

보호앞치마를 착용하였을 때와 착용하지 않았을 때의 거리에 따른 측정 그룹별 평균값 차이에 대한 유의성 검정은 SPSS 18.01 통계프로그램을 통한 paired t-test로 시행하였으며, 평균 및 표준편차(Mean ± SD)로 표시하였고, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준으로 처리하였다.

결 과

1. 요추 측방향 촬영에서 선원 중심으로부터의 거리별 공간선량

1.1 X선 조사야 크기 최소화 시

요추 측방향 X선 촬영조건으로 조사야 크기를 최소화한 상태에서 피사체 충돌 후 산란X선에 의해 생성된 공간선량이 보호앞치마 착용 여부에 따라 측정거리별로 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 선속 중심으로부터 50, 100, 200 cm 떨어진 지점에의 공간선량을 측정하였고, 보호앞치마를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태로 나누어 각각 측정하였다.

조사야 크기를 최소화하고 요추 측방향 촬영을 시행했을

Table 3. X-ray field size minimum protection apron wear and non-wear space dose distribution

Distance	Apron (protector)	N	Mean ± SD[a]	t	p
50 cm	Wear Non-wear	30	0.729 ± 0.003 5.528 ± 0.054	−88.807	0.000***
100 cm	Wear Non-wear	30	0.189 ± 0.002 2.576 ± 0.001	−1478.733	0.000***
200 cm	Wear Non-wear	30	0.032 ± 0.002 0.725 ± 0.006	−1111.842	0.000***

[a]Standard deviation. The unit is the number of mR. ***p < 0.001.

Table 4. X-ray field size maximum protection apron wear and non-wear space dose distribution

Distance	Apron (protector)	N	Mean ± SD[a]	t value	p
50 cm	Wear Non-wear	30	0.788 ± 0.003 7.178 ± 0.127	−2836.030	0.000***
100 cm	Wear Non-wear	30	0.267 ± 0.002 3.448 ± 0.008	−2031.867	0.000***
200 cm	Wear Non-wear	30	0.042 ± 0.002 0.870 ± 0.003	−1338.912	0.000***

[a]Standard deviation. The unit is the number of mR. ***p < 0.001.

Table 5. X-ray field size minimum protection apron wear and non-wear 1st exposure dose distribution

Distance	Apron (protector)	N	Mean ± SD[a]	t	p
50 cm	Wear Non-wear	30	32.39 ± 0.22 510.91 ± 1.21	−2153.027	0.000***
100 cm	Wear Non-wear	30	3.92 ± 0.23 69.41 ± 0.05	−964.496	0.000***
200 cm	Wear Non-wear	30	0.97 ± 0.02 15.10 ± 0.22	−343.763	0.000***

[a]Standard deviation. The unit is the number of mR. ***p < 0.001.

때 공간선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 때보다 선원 중심으로부터 50 cm 거리에서 86.8%, 100 cm 거리에서 92.7%, 200 cm 거리에서 95.6% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 3).

1.2 X선 조사야 크기 최대화 시

요추 측방향 X선 촬영조건으로 조사야 크기를 최대화한 상태에서 피사체 충돌 후 산란 X선에 의해 생성된 공간선량이 보호앞치마 착용 여부에 따라 측정거리별로 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 선속 중심으로부터 50, 100, 200 cm 떨어진 지점에의 공간선량을 측정하였고, 보호앞치마를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태로 나누어 각각 측정하였다.

조사야 크기를 최대화하고 요추 측방향 촬영을 시행했을 때 공간선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 때보다 선원 중심으로부터 50 cm 거리에서 89%, 100 cm 거리에서 92.3%, 200 cm 거리에서 95.2% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 4).

2. 요추 측방향 촬영에서 SID 50, 100, 200 cm별 1차 조사선량

2.1 X선 조사야 크기 최소화 시

요추 측방향 X선 촬영조건으로 조사야 크기를 최소화한 상태에서 1차 조사선량이 보호앞치마 착용 여부에 따라 측정 거리별로 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 선속 중심으로부터 50, 100, 200 cm 떨어진 지점에의 1차 선량을 측정하였고, 보호앞치마를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태로 나누어 각각 측정하였다.

조사야 크기를 최소화하고 요추 측방향 촬영을 시행했을 때 1차 조사선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 때보다 선원 중심으로부터 50 cm 거리에서 93.7%, 100 cm 거리에서 94.4%, 200 cm 거리에서 93.6% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 5).

2.2 X선 조사야 크기 최대화 시

요추 측방향 X선 촬영조건으로 조사야 크기를 최대화한 상태에서 1차 조사선량이 보호앞치마 착용 여부에 따라 측

Table 6. X-ray field size maximum protection apron wear and non-wear 1st exposure dose distribution

Distance	Apron (protector)	N	Mean ± SD[a]	t	p
50 cm	Wear Non-wear	30	53.35 ± 0.44 846.48 ± 1.36	−2988.839	0.000***
100 cm	Wear Non-wear	30	7.30 ± 0.19 114.14 ± 0.43	−1215.814	0.000***
200 cm	Wear Non-wear	30	1.79 ± 0.20 30.81 ± 0.16	−634.028	0.000***

[a]Standard deviation. The unit is the number of mR. ***$p < 0.001$.

정 거리별로 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 선속 중심으로부터 50, 100, 200 cm 떨어진 지점에의 1차 선량을 측정하였고, 보호앞치마를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태로 나누어 각각 측정하였다.

조사야 크기를 최대화하고 요추 측방향 촬영을 시행했을 때 1차 조사선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 때보다 선원 중심으로부터 50 cm 거리에서 93.7%, 100 cm 거리에서 93.6%, 200 cm 거리에서 94.2% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 6).

고 찰

요추 측방향 촬영처럼 피사체가 두꺼운 X선 검사는 적절한 농도로 표현된 영상을 획득하기 위해 관전압(kVp)을 증가시켜야 하고, 결국 X선관 전면의 가동조리개와 환자의 몸 등에서 훨씬 더 많은 양의 산란선을 발생시킴으로써 촬영실 내부의 공간선량을 증대시키게 된다(Ko *et al*. 2007).

김창규는 요추 측면 검사 시 공간선량의 분포에 관한 연구에서 X선 조사야를 완전히 열고 공간선량을 측정하였을 경우 50 cm 떨어진 거리에서 평균 0.66 mR, 100 cm 거리에서 평균 0.17 mR, 200 cm 거리에서 0.03 mR로 나타났다고 보고했다(Kim 2014). 전미은 등은 방사선 중재적 시술자의 피폭선량에 관한 연구에서 0.5 mmPb 미만의 보호앞치마를 착용할 경우 피폭선량을 평균 82.37% 감쇄시킬 수 있다고 보고했고(Jeon *et al*. 2012), 박명환 등은 X선이나 감마선에 대한 apron의 차폐율 측정에 관한 연구에서 실효에너지가 40.3 keV일 때 1차 X선은 0.25 mmPb apron을 착용할 경우 96.5%의 차폐율을 보이고 공간선량은 89.2%의 차폐율을 보인다고 보고했다(Park and Kwon 2007). 또한 안성민 등은 수술 중 C-arm 장치의 사용에 따른 공간선량 분포에 관한 연구에서 C-arm을 통한 투시의 경우 0.5 mmPb apron을 착용하고 60 cm 거리에서 작업할 경우 X선 차폐율은 99% 이상이라고 보고했고(An *et al*. 2000), 조평곤은 앉은 자세 상지 X선 검사 시의 피폭선량 저감화 연구에서 앉은 자세로 상지를 검사할 때 apron을 착용하면 생식샘의 피폭선량을 최대 50%까지 저감시킬 수 있다고 보고했다(Cho 2011).

본 연구에서는 요추 측방향과 같은 두꺼운 피사체 X선 촬영의 경우 첫째, 산란선에 의한 공간선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 경우보다 조사야 크기를 최소화하였을 때 거리 50 cm에서 86.8%, 100 cm에서 92.7%, 200 cm에서 95.6% 차폐된다는 사실을 확인하였고(Table 3), 조사야 크기를 최대화하였을 때 거리 50 cm에서 89%, 100 cm에서 92.3%, 200 cm에서 95.2% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 4). 둘째, 1차 조사선량은 3 mmPb 보호앞치마를 착용할 경우 착용하지 않을 경우보다 조사야 크기를 최소화하였을 때 거리 50 cm에서 93.7%, 100 cm에서 94.4%, 200 cm에서 93.6% 차폐된다는 사실을 확인하였고(Table 5), 조사야 크기를 최대화하였을 때 거리 50 cm에서 93.7%, 100 cm에서 93.6%, 200 cm에서 94.2% 차폐된다는 사실을 확인하였다(Table 6).

결 론

X선은 1차선이든 산란선이든 인체에 피폭될 경우 물리적, 화학적 작용에 의한 여러 가지 부정적 영향을 유발시킬 수 있다. 특히 피사체의 크기가 크거나 두꺼운 X선 검사의 경우 관전압(kVp)을 높게 설정해야 하는 문제로 인해 1차선과 산란선 모두 발생 강도와 발생량이 증가하게 되고, 이를 방어하기 위해 피폭위험에 노출된 사람은 적정량의 납이 내장된 보호앞치마나 그 밖의 보호 장구를 착용해야 한다. 하지만 본 연구에서 나타났듯이, 3 mmPb 보호앞치마를 기준으로 할 때 요추 측방향과 같은 두꺼운 피사체를 검사할 때의 1차선과 산란선을 차폐하는 능력은 최대 95%에 불과하다. 따라서 X선 검사는 꼭 필요한 부위를 전제로 사회경제적 요소를 감안하여 방사선피폭의 수준을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(As low as reasonably achievable; ALARA) 유지하라는 ICRP 권고를 준수해야 한다.

사 사

This work was supported by the Nuclear Safety Research

Program through the Korea Radiation Safety Foundation (KORSAFe) and the Nuclear Safety and Security Commission (NSSC), Republic of Korea (Grant No. 1305033).

참 고 문 헌

An SM, Oh JH and Kim SC. 2000. A Study on Scattered Dose in Operation Room by C-arm Unit. *J. Soc. Radiol. Technol.* **23**(2):69-73.

Cho PK. 2011. A study on the Gonads Exposure Dose of Upper Extremity Examinations in Sitting Position. *J. Soc. Radiol. Technol.* **34**(3):189-193.

Jeon ME, Lim CH, Jung HR, You IG, Hong DH and Kang BS. 2012. A Study on Radiation Exposure Dose of Operator During Interventional Radiology Procedure. *J. Soc. Radiol. Technol.* **35**(3):219-226.

Kim CK. 2014. Spatial Dose Distribution and Exposure Dose During Lumbar Lateral Test. *J. Korea Converg. Soc.* **5**(1): 17-22.

Kim KW, Choi SH, Kim KY, Lee IP, Hwang SG and Dong KR. 2016. Performance Evaluation of Aprons according to Lead Equivalent and Form Types. *J. Radiat. Ind.* **10**(4):219-225.

Kim YH, Choi JH, Kim SS, Oh YH, Lee CY, Cho PG, Kang DH, Lee YB, Kim HC and Kim CM. 2005. Patient exposure doses from medical x-ray examinations in Korea. *J. Soc. Radiol. Technol.* **28**(3):241-248.

Kim YK, Jang YI and Kim JM. 2003. Improvement of the shieldability and lightweight of a radiation protective apron. *J. Soc. Radiol. Technol.* **26**(1):45-50.

Ko SK, Kang BS and Lim CH. 2007. Shielding Effect of Radiation for Interventional Procedure. *J. Soc. Radiol. Technol.* **30**(3):213-218.

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

Park MH and Kwon DM. 2007. Measurement of Apron Shielding Rate for X-ray and Gamma-ray. *J. Soc. Radiol. Technol.* **30**(3):245-250.

Sin KS. 2005. Radiation Physics. 110pp. Sinkwang Publishing Company. Seoul.

Song JN, Seol GW, Hong SI and Choi JG. 2011. A Study on Protection Performance of Radiation Protective Aprons classified by Manufacturers and Lead Equivalent using Over Tube Type Fluoroscopy. *J. Korean Soc Radiol.* **5**(3): 135-141.

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

Yang HJ, Jeon YS, Lee GC, Lee IJ, Lee SS and Huh J. 1993. Evaluation of Performance Test for Protective Aprons. *J. Soc. Radiol. Technol.* **16**(2):73-79.

Received: 23 July 2017
Revised: 4 September 2017
Revision accepted: 19 September 2017