

방사선촬영 중 제어실 문의 열린 방향에 따른 차폐효과

최원근¹, 김정훈², 강보선³, 배석환³, 임창선^{3*}

¹서울아산병원영상의학팀, ²부산가톨릭대학교 방사선학과, ³건양대학교 방사선학과

Shielding Effect according to the Direction of Control Room Door Opening during Radiography

Weon-Keun Choi¹, Jung-Hoon Kim², Bo-Sun Kang³, Seok-Hwan Bae³
and Chang-Seon Lim^{3*}

¹Department of Radiology, Asan Medical Center

²Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

³Department of Radiological Science, Konyang University

요약 방사선촬영검사 시에는 제어실 문을 닫고 촬영하도록 권고하고 있으나 응급 환자나 소아 환자 등의 방사선 촬영검사 시에는 발생할 수 있는 긴급 상황에 대한 신속한 조치 수행을 위해서 불가피하게 제어실 문을 열어 놓은 상태에서 촬영해야 하는 경우가 있다. 또한 일반 단순촬영의 경우에도 환자들의 대기시간 단축 등을 고려할 때 촬영 시 제어실 문을 열어 두는 것이 더 효율적일 수 있다. 이러한 상황을 감안하여 제어실 문을 열어 놓고 촬영업무를 수행하는 경우에 방사선작업종사자에 대한 방사선피폭선량을 평가하여 방사선피폭을 최소화하면서 업무의 효율을 올릴 수 있는 방안을 모색하고자 본 연구를 수행하였다.

실제 선량률은 유리선량계를 이용하여 측정하였으며, 제어실 문의 열린 상태에서 촬영 시 방사선작업종사자 위치에서의 선량률은 주당 100 mR(약 0.88 mGy)을 약 2.3배 초과하는 2.02 mGy가 측정되었다. 이 결과를 통해 문의 열린 경우에는 상당량의 산란선이 작업종사자의 피폭선량을 증가시킬 수 있었으며, 제어실 문의 열린 상태에서 촬영할 경우 작업종사자의 과다피폭 가능성이 매우 높다는 것을 확인하였다. 또한 몬테카를로 전산 모의실험을 수행하여 동일한 조건에서도 제어실 문의 방향에 따라 방사선작업종사자가 위치한 곳의 선량률을 대략 1/100까지 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 결론적으로, 제어실 문을 열고 촬영하더라도 제어실 문의 방향에 따라 동일한 차폐효과를 기대할 수 있으므로 방사선차폐시설을 함에 있어 이에 대한 고려가 요구된다.

Abstract It is recommended that the door of control room is closed during radiography to protect a radiologic technologist. However, for those patients such as of emergency or pediatrics, the door must be kept open unavoidably to apply immediate medical administration and treatment on the potential case of emergency which could be happened through the course of radiography. In addition, it could be efficient by reducing patients waiting time when the door is open for a general case. This study was conducted to evaluate practical exposure rate to a radiologic technologist when the door is open during the radiography, and to find out the ways to minimize radiation exposure and to increase the efficiency simultaneously. Measuring practical exposure rate was fulfilled with glass dosimeter, and it was 2.02 mGy/week at the location of radiologic technologist under the condition that the door is open during the radiography, which was about 2.3 times higher than the 100 mR/week. It means that the considerable amount of scattered rays through the door opening, and increase exposure rate at the radiologic technologist. Hence we confirmed that a radiologic technologist probably overexposed if the door is open during the radiography. It was also confirmed by the Monte Carlo simulation that the exposure rate could be reduced up to approximately 1/100 by change only the door opening direction. In conclusion, since the proper door opening direction provides same shielding effect whether it is open or close, the door opening direction need to be considered when it is installed at radiography facilities.

Key Words : Scattered rays, Shielding effect, Door opening direction

*교신저자 : 임창선(limso88@konyang.ac.kr)

접수일 10년 07월 14일

수정일 10년 07월 29일

게재확정일 10년 09월 08일

1. 서론

의료방사선에 의한 피폭은 인위적인 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있으며[1] 방사선에 의한 인체 영향을 줄이기 위하여 방사선관계종사자와 환자의 피폭 관리가 매우 중요하다[2]. 그리하여 환자의 피폭감소를 위한 연구[3-5]와 방사선관계종사자들의 피폭선량 실태에 대한 연구[6,7]들이 이루어져 왔다. 환자 및 방사선관계종사자들의 피폭선량을 줄이기 위해서는 피폭선량에 대한 체계적인 관리뿐만 아니라 누설선량이나 산란선량에 대한 관리도 필수적으로 이루어져야 한다. 이러한 점에서 방사선시설에서 환경방사선에 의한 영향을 줄이기 위한 노력도 필요하다[8]. 그리하여 「원자력법」[9] 및 「원자력법시행령」[10], 「진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙」[11]에는 방사선관계종사자에 대한 선량한도를 규정하고 있으며 「원자력법시행령」에는 수시출입자와 일반인에 대한 선량한도까지도 규정하고 있다. 또한 「진단용방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙」 별표2에 진단용 방사선 발생장치를 설치하여 진단을 목적으로 촬영을 하는 곳의 천장·바닥 및 벽에는 이동 또는 제거할 수 없는 방사선 차폐시설(방어벽)을 설치하도록 하고 있으며, 방어벽의 바깥쪽에서 측정된 방사선 누설선량 및 산란선량의 합계는 주당 $2.58 \times 10^{-5} \text{C/kg}$ (주당 100mR) 이하가 되도록 규정하고 있다.

미국의 NCRP(the National Council on Radiological Protection and Measurement)에서는 관리구역에서의 차폐설계 목표를 주당 선량률 0.1 mGy 이하로 권고하고 있다 [12].

이에 따라 의료기관에 방사선발생장치가 처음 설치되면 촬영실의 방사선 방어시설 검사를 실시하며 우리 규정상으로는 방사선방어벽 바깥쪽에서 측정된 방사선누설선량 및 산란선량의 합계가 주당 $2.58 \times 10^{-5} \text{C/kg}$ (주당 100 mR)이하가 되어야 방사선관계종사자의 안전이 확보된다고 할 수 있다. 그리고 방사선촬영 시에는 방사선작업종사자의 보호를 위하여 제어실로 통하는 납으로 차폐된 제어실 출입문(이하 '제어실 문'이라고 한다)을 닫고 촬영해야 하는 것이 원칙이다.

그러나 방사선작업종사자가 응급 환자나 소아 환자 등의 방사선촬영검사 시 발생할 수 있는 긴급 상황에 대비하여 신속한 조치 수행을 위해 불가피하게 제어실 문을 열어 놓고 촬영하거나 일반 단순촬영의 경우에 환자들의 대기 시간 단축을 고려하여 제어실 문을 열어 놓고 업무수행을 하는 것이 더 효율적일 수 있다. 이러한 상황을 감안하여 제어실 문을 열어 놓고 촬영업무를 수행하는 경우에 방사선작업종사자에 대한 방사선피폭선량을 평

가하여 방사선피폭을 최소화하면서 업무의 효율을 올릴 수 있는 방안을 모색하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 및 기간

방사선촬영을 일 평균 230 여 건 수행하는 서울시 소재 대학병원 영상의학과 일반촬영실에서 1월 1일부터 3월 31일까지 3개월 동안 방사선누설선량 및 산란선량(이하 '누설선량'이라고 한다) 측정을 실시하였다.

2.2 누설선량의 측정

(1) 측정기기

측정기기는 X선, γ 선 측정에 적합한 일본 치요다테크놀사(千代田テックノル)의 유리선량계 측정 시스템(Dose Ace)을 이용하였다. 유리선량계는 퇴행이 거의 없고 높은 정밀도와 재현성, 선량에 대한 선형성이 우수하고 에너지 의존성이 낮은 특성을 지니고 있으며[13] 이 실험에 사용한 선량계 소자 GD352M의 측정선량범위는 1 μ Gy(Sv)~10 Gy로서 누설선량측정에 가장 적합한 것으로 판단하였다.

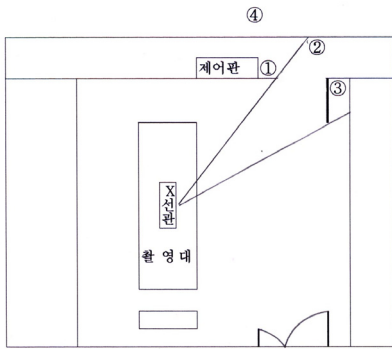
(2) 측정방법

1) 유리선량계 설치 위치

방사선작업종사자에게 피폭이 우려되는 방사선촬영실 주변 4개소에 각각 5개씩의 유리선량계를 설치하여 선량을 측정하였다. 선량계 설치지점은 인접하고 있는 촬영실로부터 누설선량의 영향이 없는 곳으로 ① 1.5 mmPb로 차폐된 제어실 문이 닫히는 지점의 뒤쪽 벽면 100 cm높이의 방사선작업종사자가 위치하는 곳, ② 열린 제어실 문을 통하여 촬영실 안이 보이는 복도 맞은 편 벽면 100 cm높이, ③ 열린 제어실 문 뒷면 100 cm높이, 그리고 ④ 인공방사선영향이 없는 유리선량계 보관 장소에서 측정하였다. ④는 자연방사선량을 측정하여 제어실 문 뒷면에서 측정된 누설선량 값과 비교하기 위해 설치하였다 (그림 1).

2) 유리선량계 판독

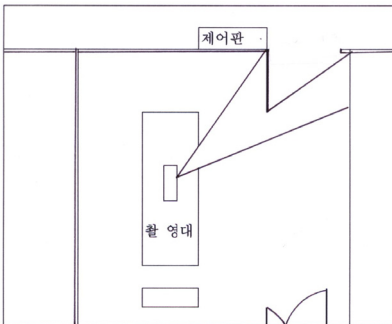
측정한 유리선량계는 판독기 FGD-1000SE에서 소자 1개당 10회 반복 판독한 후 평균값, 표준편차를 구하였다.



[그림 1] 유리선량계 설치 위치

2.3 EGS5를 이용한 누설선량 감소 방안 모색

제어실 문의 방향과 열린 정도에 따라 방사선작업종사자 위치에서의 선량률이 달라질 수 있으므로 문이 최대한 열린 경우(90° 열린 경우)에도 차폐효과를 유지할 수 있을 것으로 판단되는 그림2와 같은 형태로 제어실 문을 재배치하여 그 결과를 그림1과 같은 기존 배치시의 선량률과 비교하였다. 즉, 현재 위치하고 있는 제어실문을 반대쪽에 설치한 것으로 가정하여 X선원 쪽으로 90° 열리도록 재구성하고(그림2), X선 노출 시 방사선작업종사자가 위치하는 곳인 그림1①의 위치에서 Monte Carlo code EGS5에 의해서 누설선량을 시뮬레이션하였다.



[그림 2] 제어실 문의 재배치를 통한 차폐 측정

(1) 촬영실 모의 모사

모의 모사를 위한 검사실의 내벽은 4×4×3 m³크기로, 재질은 콘크리트로 가정하였다. 콘크리트 밀도는 2.35 g/cm² 이었다.

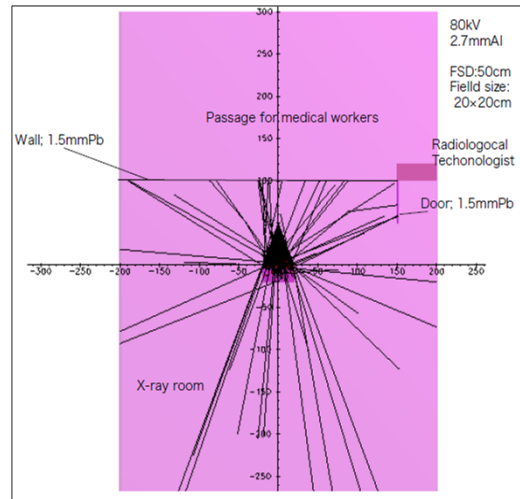
제어실 문은 1.5 mm 두께의 납으로 차폐하였다(그림 3). 또한 가속 에너지는 80 kV, 고유여과판 알루미늄으로 두께는 2.7 mm로 설정하였다. 광자의 수송과 에너지 부여량 계산에는 몬테칼로 입자 수송 코드인 EGS5-code를 사용하였으며, 에너지 스펙트럼은 IPeM78 spectrum

processor를 사용하여 계산하였다. 이때 광자와 전자선의 히스토리는 10⁸ 개, 불확도는 20%이내였다.

(2) 누설선량의 평가

누설선량 평가를 위해 환자는 선원으로부터 50 cm 떨어진 곳에 위치시켰으며 조리개는 20×20 cm²로 설정하였다. 바닥과 선원과의 거리는 수직으로 1 m 거리에 위치시켰으며, 방사선작업종사자는 문 뒤에 위치하였다.

선량평가를 위한 모의 피폭체의 크기는 50×20×40 cm³의 정육면체 물로 하였다. 작업종사자는 선원의 높이와 동일하게 위치한 것으로 모의모사를 하여 선량을 평가하였다(그림3).



[그림 3] 제어실 문의 재배치에 의한 차폐평가

3. 결과 및 고찰

3.1 유리선량계의 누설선량 측정결과

표1에서 알 수 있는 바와 같이 차폐된 제어실 문이 닫히는 지점의 뒤쪽에서의 누설선량률은 주당 2.02 mGy, 3개월 누계치는 26.22 mGy, 열려진 제어실 문을 통하여 촬영실 안이 보이는 방사선관계종사자의 이동복도 맞은편의 누설선량률은 주당 0.41 mGy, 3개월 누계치는 5.35 mGy, 열려진 제어실 문 뒷면에서의 누설선량률은 주당 0.026 mGy, 3개월 누계치는 0.34 mGy이었다. 유리선량계 보관 장소의 자연방사선량률은 주당 0.03 mGy, 3개월 누계치는 0.40 mGy이었다.

[표 1] 유리선량계에 의한 누설선량 측정 결과

구분	3month (mGy)	SD	wk (mGy)
제어실 문이 닫히는 작업종사자 위치	26.22	0.064	2.02
종사자이동복도	5.35	0.009	0.41
제어실 문 뒤면	0.34	0.002	0.026
유리선량계 보관장소	0.40	0.002	0.03

3.2 누설선량 측정 결과에 대한 검토

「진단용방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙」에 의하면 진단용 방사선 발생장치를 설치하여 진단을 목적으로 촬영을 하는 곳의 방사선 차폐시설(방어벽) 바깥쪽에서 측정된 방사선 누설선량의 합계는 주당 2.58×10^{-5} C/kg (주당 100 mR) 이하이어야 한다.

이번 누설선량 측정을 실시한 촬영실은 진단용 방사선 발생장치를 처음 설치하고 방어벽 바깥쪽에서 누설선량을 측정된 값이 제어실 문 밖에서 0.004 mR/wk, 인접벽면에서 0.001 mR/wk이었다. 그러나 제어실 문을 열어 놓고 촬영한 결과 X선촬영 시 방사선작업종사자가 위치하는 곳에서는 주당 100 mR(약 0.88 mGy)을 약 2.3배 초과하는 2.02 mGy가 측정되었다. 이 값은 NCRP권고 차폐 목표치의 20배가 넘는 것이다.

3.3 EGS program에 의한 누설선량 평가

현재 위치하고 있는 제어실문을 반대쪽에 설치한 것으로 가정하여 X선원 쪽으로 90° 열리도록 재구성하고, 선량을 평가한 결과 표2와 같은 결과가 나왔다.

[표 2] 모의모사에 의한 누설선량 평가 결과

구분	Old	New	ratio (new/old)
Gy/incident (1회 촬영)	8.95E-20	7.56E-22	8.44E-03
S.D	1.17E-21	1.05E-22	1.17E-03
Relative dose to an operator (Dose to a patient= 1)	2.24E-08	2.05E-10	
S.D	3.17E-10	2.83E-11	

* Old : 제어실 문을 X-선관 맞은 편으로 열리도록 설치한 경우

New : X-선관 쪽으로 열리도록 설치한 경우

표2에서 알 수 있는 바와 같이 X선을 1회 촬영 시 제어실문이 현재의 위치처럼 X-선관 맞은 편 쪽으로 열리도록 한 경우(old) 8.95E-20 Gy를 나타냈으며, X-선관 쪽으로 열리도록 하여 산란선과 누설선량 등을 차폐한 경우(New)인 경우 7.56E-22 Gy를 나타냈다. 또한 환자선량을 1로 했을 때, 제어실문이 현재의 위치처럼 X-선관 맞은 편 쪽으로 열리도록 한 경우(old) 방사선작업종사자 피폭은 2.24E-08를 나타냈으며 X-선관 쪽으로 열리도록 하여 산란선과 누설선량 등을 차폐한 경우(New) 2.05E-10를 나타내었다. 즉 현재의 제어실 문을 재배치하여 열고 촬영을 할 경우 누설선량은 약 1/100 정도 감소 효과를 보인다고 할 수 있다.

결국 응급환자나 소아환자처럼 방사선작업종사자가 방사선촬영을 하는 동안 계속하여 환자를 주시하며 촬영 업무를 수행해야 하는 경우 등 제어실 문을 열어 놓고 촬영 업무를 수행할 수밖에 없는 상황을 고려하여 제어실문이 X-선관 쪽으로 열리도록 시설하는 것이 방사선작업종사자 등의 보호를 위하여 필요한 것으로 보인다.

X선관 방향으로 제어실문을 열고 방사선 촬영을 하게 되면 산란선과 누설선량은 납으로 차폐 시설된 제어실문에 의해 차폐되어 제어실 문을 닫고 촬영하는 것과 같은 차폐효과를 나타낸다고 볼 수 있다.

4. 결론

방사선작업종사자가 응급 환자나 소아 환자 등의 방사선촬영검사를 하는 동안에는 예기치 못한 상황 발생에 대비하기 위해 촬영하는 동안 계속하여 주의 깊게 환자를 주시함은 물론 신속한 조치 수행을 위해 불가피하게 제어실 문을 열어 놓고 촬영하게 된다. 또한 일반 단순촬영의 경우에 환자들의 대기 시간을 고려하여 짧은 시간 내에 많은 환자를 촬영해야 하므로 불가피하게 제어실 문을 열어 놓고 촬영하게 된다. 이러한 상황을 감안하여 제어실 문을 열어 놓고 촬영 업무를 수행하는 경우에 방사선작업종사자에 대한 방사선피폭선량을 평가하고, 방사선피폭을 최소화하면서 업무의 효율을 올릴 수 있는 방안을 모색하고자 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

우선 유리선량계를 이용하여 제어실 문이 닫히는 지점의 뒤쪽 벽면 방사선작업종사자가 위치하는 곳, 열려진 제어실 문을 통하여 촬영실 안이 보이는 복도 맞은 편 벽면, 열려진 제어실 문 뒷면 등에서 산란선 및 누설선량을 측정된 결과 X선 촬영 시 방사선작업종사자가 위치하는 곳에서 주당 100 mR(약 0.88 Gy)을 약 2.3배 초과하는

2.02 mGy가 측정되어 가장 높은 선량률을 보였다.

이에 제어실문이 X-선관 쪽으로 열린 것으로 가정하여 누설선량 및 산란선량 등을 차폐하는 경우를 EGS program을 이용하여 선량 평가를 한 결과 제어실문에 의한 차폐 효과에 의해 제어실문을 닫고 촬영한 것과 같은 차폐효과가 있음을 알 수 있었다. 결국 제어실 문의 설치 방향에 따라 방사선작업종사자의 피폭감소와 동시에 환자에 대한 안전 확보, 업무능률의 향상을 기대할 수 있으므로 앞으로 방사선촬영시설을 함에 있어 이에 대한 깊은 고려가 요구된다.

참고문헌

- [1] 김유현, “입사표면선량 측정방법과 방사선사의 역할”, 방사선기술과학, 제28권, 제3호, pp. 173-191, 9월, 2005.
- [2] 박명환, 권덕문, “X선 및 감마선에 대한 apron의 차폐율 측정”, 방사선기술과학, 제30권, 제3호, pp. 245-250, 9월, 2007.
- [3] 김유현 외, “진단방사선검사에서 환자피폭선량에 관한 연구”, 방사선기술과학, 제28권, 제3호, pp. 241-248, 9월, 2005.
- [4] X선진단시 피폭선량을 반으로 줄이기 위한 Cu Filter의 두께, 대한방사선기술학회지, 제24권, 제1호, pp.17-22, 6월, 2001.
- [5] 최강목 외, “흉부X선촬영시 Key-filter를 사용한 방사선피폭선량의 경감에 관한 보고”, 대한방사선기술학회지, 제19권, 제2호, pp.67-70, 12월, 1996.
- [6] 임봉식, “한국에서 방사선 관련 종사자들의 개인피폭선량 실태에 관한 연구”, 방사선기술과학, 제29권, 제3호, pp. 185-195, 9월, 2006. .
- [7] 임창선,김세현,“핵의학과에서 방사선 피폭관리 실태에 관한 조사연구”, 한국산학기술학회논문지, 제10권, 제7호, pp.1760-1765, 7월, 2009.
- [8] 강보선, 임창선,“핵의학과에서 환경방사선량 측정에 대한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제11권, 제6호, pp.2118-2123, 6월, 2010.
- [9] 법률 제10086호, “원자력법”, 3월, 2010.
- [10] 대통령령 제21719호, “원자력법시행령”, 9월, 2009.
- [11] 보건복지부령 제156호, “진단용방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙”, 1월, 2010.
- [12] NCRP Report No.147, "Structural Shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities", p.4, NCRP, November, 2004.
- [13] 라정은, 신동오, 홍주영, 김희선, 임천일, 정희교, 서태석, “유리선량계의 선량특성에 관한 연구”, 방사선

방어학회지, 제31권, 제4호, pp. 181-186, 12월, 2006.

최 원 근(Weon-Keun Choi)

[정회원]



- 1993년 2월 : 신구대학 방사선과
- 2000년 8월 : 서울산업대학교 전기공학과 (공학사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학팀

<관심분야>
방사선기술학

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

[정회원]



- 2000년 8월 : 경원대학교 물리학과 (이학사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 원자력공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 원자력공학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교방사선학과 조교수

<관심분야>
방사선량 평가

강 보 선(Bo-Sun Kang)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 서울대학교 공과대학원 원자핵공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 한국과학기술원 원자력및양자공학과 (공학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 방사선학과 전임강사

<관심분야>
방사선 의료영상, 방사선 계획, 방사선 치료

배 석 환(Seok-Hwan Bae)

[정회원]



- 2004년 2월 : 한밭대학교 산업경영공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 건양대학교 보건대학원 (보건학석사)
- 2009년 8월 : 건양대학교 보건대학원 (보건학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 방사선학과 전임강사

<관심분야>

방사선기술학, 보건의료정책, 의료장비

임 창 선(Chang-Seon Lim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 건국대학교 법학과 (법학사)
- 1991년 2월 : 건국대학교 대학원 법학과 (법학석사)
- 1999년 2월 : 목포대학교 대학원 물리학과 (이학석사)
- 2007년 2월 : 전남대학교 대학원 법학과 (법학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 방사선학과 부교수

<관심분야>

방사선학, 의료법학