

영상의학과 엑스선 발생장치의 누설 및 산란선량 측정

임인철*, 이재승^{**,***}, 권대철^{****}

동의대학교 방사선학과*, 선린의료원 방사선종양학과**, 순천향대학교 물리학과***, 신홍대학 방사선과****

Leakage and Scattered Radiation from X-ray Unit in Radiography

Inchul Im*, Jaeseung Lee^{**,***}, Daecheol Kweon^{****}

Department of Radiological Science, Dongeui University, Department of Radiation Oncology, Good Samaritan Hospital**, Department of Physics, Soonchunhyang University***, Department of Radiologic Science, Shinheung College University*****

요약

이 연구의 목적은 방사선 발생 장치에 의한 환자나 작업 종사자들의 피폭과 사용시설에 대한 방어 상태를 조사하는데 있다. 수도권 대학병원의 엑스선 발생장치들을 대상으로 관전압 80 kVp, 관전류 200 mA, 1 sec의 최대 조사조건하에서 제어실출입문, 제어실감시창, 촬영실출입문, 인접주위 등에서 측정하였다. 주당누설선량은 제어실 출입문에서 0.11 mR/week, 제어실 감시창에서 0.15 mR/week, 촬영실 출입문에서 0.12 mR/week, 인접 주위에서 0.06 mR/week로 측정되었다. 그리고 주당평균누설선량은 0.11 mR/week 이었다. 구해진 주당평균누설선량은 기준치 100 mR/week 이하로 나타났으나 누설선량은 주기적인 측정으로 관리가 필요할 것으로 생각된다.

중심어: 엑스선, 방사선 차폐, 방사선 방어

Abstract

The purposed of this study were measured the radiation exposure of patients and workers by generators, and the protection state for radiation facilities. The subject of the study by X-ray generators in university hospitals of capital area, we measured the maximum irradiation condition of 80 kVp, 200 mA, 0.1 second in the control entrance, control room window, entrance of radiography, adjacent site. The leakage dose per week was which the control entrance was 0.11 mR/week, control room window was 0.15 mR/week, entrance of radiography was 0.12 mR/week and adjacent site was 0.06 mR/week with X-ray unit the mean And the leakage mean dose was 0.11 mR/week. Diagnostic X-ray tubes must ensure that the leakage radiation in the maximum leakage dose in week emitted by the tube outside the useful beam does not exceed certain levels provided by standards.

Key words: X-ray, radiation shielding, protection

I. 서론

방사선 발생장치는 진단과 치료를 위하여 사용하는

빈도수가 증가 하고 있다. 이에 따라 방사선 피폭에 대한 의료기관의 차폐시설에 대한 안전성이 중요해지고 있다. 진단용 방사선 발생장치를 설치한 장소의 방사선 차폐시설에서 방사선의 누설을 방지하고 진단

목적의 환자 이외에는 방사선의 피폭을 받아선 안 된다. 방사선 발생장치가 설치된 공간의 외벽과 천장과 바닥 그리고 외부 복도나 조중실 등에 차폐시설이 갖추어져 있어야 한다.

X-선 촬영 시 엑스선관으로부터 누설선량이 누출되고, 피사체로부터 산란되는 방사선에 의한 술자의 노출을 피하기가 어려운 문제가 될 수 있다. 또한, 환자에 대한 누설선량의 피폭과 병원관계자들과 병원 외부수시출입자와 보호자들에게 방사선 피폭을 방지해야한다. 그러나 진단용 방사선 발생장치에 대한 기존 보고는 치과용 엑스선 및 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT)에 대한 누설 및 누설선량에 대한 보고는 있으나, 영상의학과에서 사용되는 진단용 방사선 발생장치에 대한 연구는 전무한 실정이다^[1-3]. 이에 방사선 차폐시설이 국가 기준에 맞는지 비교하여 불필요한 방사선 피폭을 방지하는데 본 논문의 목적이 있다. 이 연구는 촬영실의 차폐시설에 대한 누설선량을 측정하여 기준치와 비교 평가하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 실험 장비

실험에 사용된 X선 발생장치는 RadSpeed Safire (Dong Kang Medical Systems, Seoul, Korea)로서 엑스선관의 부가 필터는 2.1 mmAl이다. 누설선량 측정기는 integrating survey meter(model 36150, Keithley Instruments Inc., Cleveland, Ohio)으로 누설선량(leakage dose)과 누설선량률(leakage dose rate)을 측정하였다(Fig. 1). 이 측정기는 mR 단위로 설정한 후에 정확한 측정을 위해 0점으로 맞추어 사용하였다^[4]. 온도계는 51III Thermometer(Fluke, Everett, WA)와 기압계 Baromax barometer(Sato 7612, Japan)를 사용하였다.



Fig. 1. Keithley integrating radiation survey meter (model 36150). This survey meter used in various applications of radiation surveys were placed at the same distance from the center of the scattering material.

2. 선량 측정

식품의약품안전청의 방사선방어시설검사 가이드라인을 기준으로 하여 X-선 조사야 제한기구를 조합하지 않은 선속 조사야 30 × 30 cm²로 하고 X-선관으로부터 100 cm 거리에 있는 모든 점에 대한 누설선량을 측정하였다^[5]. 누설선량에 대한 실제 값은 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$R.V = M.V \times \frac{273.15 + t}{293.15} \times \frac{1013}{P} \times C.F \times \frac{1}{T.R} \quad (1)$$

$R.V$: 측정값에 보상이 더해진 실제 누설선량 값

$M.V$: 누설선량 측정값

t : 누설선량 측정시 온도(°C)

P : 누설선량 측정시 기압(hPa)

$C.F$: 측정기의 표준선원(Cs-137)에 대한 교정계수

$T.R$: 측정기의 시간응답 특성 교정계수

주당최대동작부하량은 식 (2)로 계산하였다.

주당최대동작부하량

$$= \frac{\text{최대관전류}(mA) \times \text{최대조사시간}(sec) \times \text{주당최대촬영건수}}{60} \quad (2)$$

단위 : mA · min/week

주당최대누설선량의 산출은 식 (3)으로 계산한다.

주당최대누설선량

$$= \frac{R \cdot V(mR/min) \times \text{주당최대동작부하량}(mA, \text{min}/\text{week})}{\text{최대관전류}(mA)} \quad (3)$$

3. 연구 방법

수도권 대학병원 영상의학과와 촬영실을 대상으로 Fig. 2와 같이 팬텀을 배치하였다. 팬텀은 아크릴 재질로 크기는 30 × 30 × 30 cm³이고 환자의 두께를 고려하여 20 cm로 물을 채워 측정하였다. 팬텀은 촬영실 중앙에서 바닥으로 높이 80 cm가 되는 위치, 또는 테이블이 있는 경우 테이블 중앙에 위치하며, 조사야의 크기는 팬텀의 크기와 일치시키고 엑스선의 중심선은 팬텀의 중앙으로 한다. 병원에서 사용하는 최대조건으로 관전압 80 kVp, 관전류 200 mA, 1 sec로 하여 제어실출입문, 제어실감시창, 촬영실출입문, 인접주위를 측정하였다. 촬영실의 방사선방어벽 외측에서 방어벽으로부터의 누설선량을 측정하였다.

방어벽의 측정위치는 Fig. 3과 같이 피사체의 중앙점에 일치하는 높이의 방어벽 외측을 중심으로 좌우상하 50 cm에서 측정하였다. 사방의 벽, 천장이나, 바닥(수시출입자나 거주가가 있을 경우)과 출입구, 또는 환자 감시창들은 문과 틀을 분리하여 검사한다. 본 연구의 누설선량 측정방법은 식품의약품안전청 고시 제 2007-1호 진단용 엑스선 촬영 장치의 누설선량시험 기준에 근거하였다. 모든 측정은 동일 위치에서 각 3회를 반복 측정하고 평균값을 구하였다. 측정을 하기 전 기압은 1013 hPa, 온도는 25℃ 이었으며 초점-피사체간 거리는 100 cm가 되도록 하였다.

누설 선량의 측정은 테이블이 위치한 방을 기준으로 그 방을 둘러싼 사방의 벽을 모두 측정대상으로 하였다. 방사선 조사할 때 차폐벽 너머 사람이 위치하지 않거나 힘든 곳 (외벽, 창고 등)과 천정과 바닥은 측정대상에서 제외하였다. 또한 출입문이나 감시창같이 가장자리 접합부가 존재하는 곳은 누설 위험이 크다고 판단하여 반드시 측정 부위에 포함시켰다. 검사자는 검사 중 반드시 진료용 엑스선 방어 앞치마 등의 방사선 장해 방어를 기구를 착용하고 검사를 시행하였다.

Table 1. Shows the leakage test parameters used in this study

Exposure technique	80 kVp, 200 mA, 1sec
Phantom	30 × 30 × 30 cm
Field size	30 × 30 cm
SPD*	100 cm

* , SPD(source phantom distance)

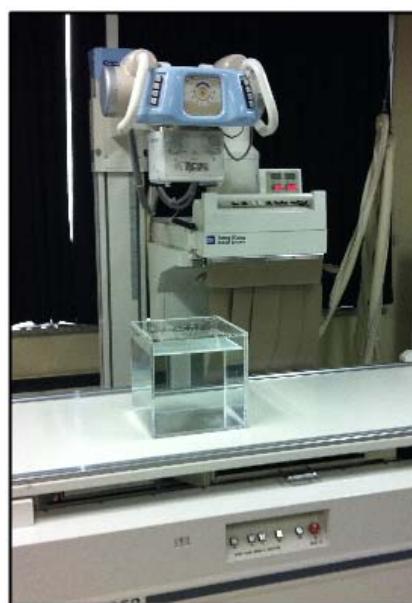


Fig. 2. Leakage dose measurement was made in a acrylic phantom



Fig. 3. Measurement of leakage dose in the wall

III. 결과

일반 촬영실 누설선량 측정 결과 표 2와 같이 제어실 출입문은 0.11 mR/week, 제어실 감시창은 0.15 mR/week, 촬영실 출입문은 0.12 mR/week, 인접주위는 0.06 mR/week로 측정되었다. 이 때 식 (3)으로 구한 주당평균누설선량은 0.11 mR/week로 측정되었다.

Table 2. Measurement of leakage dose

(unit : mR/week)

Measurement site		RV	MV	Maximum leakage dose in week
Control entrance	1	0.42	0.4	0.12
	2	0.32	0.3	0.09
	3	0.42	0.4	0.12
Control room window	4	0.32	0.3	0.09
	5	0.64	0.6	0.18
	6	0.64	0.6	0.18
Entrance of radiography	7	0.64	0.6	0.18
	8	0.32	0.3	0.09
	9	0.32	0.3	0.09
Adjacent site	10	0.21	0.2	0.06
	11	0.21	0.2	0.06
	12	0.21	0.2	0.06
Mean				0.11

IV. 고찰

누설선량은 진단영상의 질을 저하시킬 뿐만 아니라 불필요한 산란선에 노출된 환자, 보호자, 술자 등은 방사선피폭이 가중될 가능성이 크다. 또한, 촬영실에서 콜리메이터, 엑스선관 등에서 일부 누설된 산란선이 산란선들에 의해 벽에서 발생한 산란선이 촬영실 내 공간 산란선에 기여하게 된다. 그러므로 누설선량을 측정하여 질적인 관리를 위해 선량의 경감의 필요성이 있다. 이러한 누설선량을 줄이기 위해 벽의 두께 및 차폐에 대한 기존 보고가 있었다^[6-8].

진단용 엑스선관은 IEC 60601-1-31에 따라 초점으로부터 100 cm 거리에서 주 당 누설선량이 100 mR/week를 초과하지 않도록 규정하고 있다^[8]. 그러나 누설선량에 대한 기존의 연구는 전무하여 식품의약품안전청의 방사선방어시설검사 가이드라인에 따라 누설선량을 측정하였다. 이러한 누설선량을 차폐하기 위하여 의료법에 의하면 진단용 방사선 발생장치를 설치하여 진단목적의 촬영을 하는 곳의 방사선 차폐시설이 설치 되어야하고 촬영실의 천정 바닥 및 주위의 벽 외측에서의 방사선 누설 선량 및 산란선량의 합계는 $2.58 \times 10^{-5} \text{C/kg}$ (주당 100mR) 이하로 규정되어 있다. 주당평균누설선량은 촬영실의 경우 0.11 mR/week 이었고, 제어실감시창이 0.15 mR/week로 가장 높았고, 인접주위는 0.06 mR/week로 선량이 적게 측정되었다. 측정값 모두 기준 선량인 100 mR/week를 넘지 않아 국가규격에 적합하였으나 이번에 측정한 의료기관이 방사선 차폐 능력이 보다 우수하게 평가되었다. 촬영실은 촬영정격으로 순간부하인 단시간촬영임에도 저에너지엑스선 특성에 적합한 차폐시설관리측면에서 관리와 방어가 중요하다.

V. 결론

의료기관에서 진단을 목적으로 방사선 발생장치를 사용하는 시설별로 방어시설의 누설선량을 측정하여 분석한 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다. 촬영실 누설선량은 제어실출입문(0.11 mR/week), 제어실 감시창(0.15 mR/week), 촬영실출입문(0.12 mR/week), 인접주위(0.06 mR/week)로 측정되었고, 주당평균누설선량은 0.11 mR/week로 측정되었다. 주당평균누설선량에서 방어시설이 잘되어있어 기준치 이하로 낮게 측정되었으나 지속적으로 누설선량을 측정하도록 하여야 한다.

참고문헌

- [1] E. K. Kim, "Leakage and scattered radiation from hand-held dental X-ray unit", Korean J. Ora Maxillofac. Radiol., Vol. 37, No. 2, pp.65-68, 2007.
- [2] S. C. Lillicrap, H. M. Morgan, J. T. Shakeshaft, "X-ray leakage during radiotherapy", Br. J. Radiol., Vol. 73, No. 871, pp.793-794, 2000.

- [3] S. S. Chu, C. Y. Park, "Measurement of Leakage and Design for the Protective Barrier of the High Energy Radiation Therapy Room", J. Korean Associ. Radiat. Prot., Vol. 6, No. 1, pp.34-40, 1981.
- [4] KEITHLEY integrating survey Meter(Model 36150) Instruction Manual, "KEITHLEY Radiation Measurement"
- [5] 식품의약품안전청, "방사선방어시설 검사 가이드라인", 2005.
- [6] D. J. Simpkin, R. L. Dixon, "Secondary shielding barriers for diagnostic X-ray facilities: scatter and leakage revisited", Health Phys., Vol. 74, No. 3, pp.350-365, 1998.
- [7] I. A. Tsalafoutas, E. Yakoumakis, P. Sandilos, "A model for calculating shielding requirements in diagnostic X-ray facilities", Br. J. Radiol., Vol. 76, No. 910, pp.731-737, 2003.
- [8] IEC 60601-1-3 Medical electrical equipment, Part 1. General requirements for safety - 3. Collateral standard: General requirements for radiation protection in diagnostic X-ray equipment