

A Study on Safety Management Inspection of Diagnostic X-ray System

Hoo min Lee, Hyeon ju Kim*

Department of Radiologic Technology, Dongnam Health University

Received: November 23, 2018. Revised: December 26, 2018. Accepted: December 31, 2018

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the performance of X-ray generators installed in hospitals and universities and apply the quality control items of diagnostic X-ray generators to recognize the importance of periodic performance management. First, the reproducibility and linearity test results showed that the PAE of the reproducibility evaluation was high for the GX-650 devices that met the acceptance criteria in all the experimental conditions and lacked the periodic quality control. In the linearity evaluation, when the tube voltage was set to 100 kVp, It was measured to deviate from the error. In addition, it was found that the PAE in the low-accuracy evaluation results relative to an X-ray tube voltage and tube current of the device low occurrence frequency. The HVL experiment was included in all of the devices at the HVL by tube voltage. Therefore, it is necessary to recognize the importance of quality control of all devices rather than hospital and laboratory, and to manage the device performance by actively managing the device, and to establish a short - term quality control system like special medical devices

Keywords: X-ray generator, quality control, tube voltage, tube current, reproducibility, linearity

I. INTRODUCTION

우리 인체 내부를 비 침습적으로 들여다볼 수 있는 방법은 다양하지만 쥘트겐 박사가 발견한 이 후 근 120여 년간 질병의 진단 및 치료의 기초자료로 X 선은 많이 활용되고 있다^[1]. 특히 X선은 의료기술의 발전과 더불어 보다 정확하고, 정밀한 영상을 제공하고 있으며, 의료분야 이외에 물질의 분석, 두께측정, 연대측정 등 산업 전반에서 이용되고 있다^[2]. X선 발생은 X선관의 음극에서 방출된 가열전자를 양극 Target에 고속으로 충돌시켜 제동복사에 의해 X선을 발생시키는데 이때 고성능의 고전압 발생장치를 필요로 한다.^[3] 이처럼 현대의학에서 많이 사용되어지는 진단용 영상장치는 성능과 용량부분은 물론, 방식 자체도 아날로그에서 디지털로 발전해오고 있다^[4]. 하지만 의료영상의 디지털화가 이루어진 현재에도 본래의 선속에서 변화된 방향으로 진행되는 산란선이 발생되며, 이 산란선은 X선의 선질과 선량에 따라

그 정도가 다양하게 나타나며 X선발생장치의 고압 정류방식에 영향을 받아 화질 저하와 함께 환자나 종사자의 방사선 피폭에 영향을 주게 된다^[5]. 이러한 원인은 다양하지만 의료기에 관한 정도관리를 소홀히 하여 발생하는 경우도 있다. 이처럼 정도관리 소홀이 원인인 경우 원인을 사전에 차단하기 위해서 주기적이고 체계적인 장치에 대한 성능관리를 통해서 품질 및 성능유지에 관한 업무를 철저히 해야 하고, 정도관리의 중요성을 인지하고 방사선 작업종사자 스스로 장치에 대한 성능유지를 통하여 피폭선량관리와 더불어 고가 장비에 대한 수명 연장에 노력하여야 한다. 진단용 영상장치의 품질관리(QC: Quality Control)란 장비와 연관된 문제점들이 임상영상에 해로운 영향을 미치기 전에 장비의 기능검사 및 임상영상의 화질 평가를 통해 문제점을 파악하고 교정함으로써, 적합한 영상화질을 유지, 획득하는 것을 의미한다^[6]. 일반적으로 성능관리는 실제 의료용 X선 발생장치에 대해서 장치 설치 전, 사용 중에 체계적

* Corresponding Author: Hyeon ju Kim

E-mail: gidoong75@dongnam.ac.kr

Tel: +82-31-249-6632

이면서도 적절한 성능관리 프로그램 운영으로 정확한 영상정보를 제공하는 성과를 올릴 수 있다. 본 연구는 진단용 방사선 발생장치의 품질관리 항목을 적용하여 병원 및 대학교에 설치된 X선 장치의 성능을 측정하여 주기적인 성능관리의 중요성을 인식시켜 병원 및 대학교 등에 설치된 방사선 발생장치의 성능유지 및 관리에 도움을 주고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

병원 및 대학교 실습실에 설치된 방사선 발생장치의 성능 측정을 위해 Fig. 1과 같이 병원 및 교내에 설치된 총 3대를 이용하였다. 측정은 Fig. 2과 같이 Multi-function test device인 MagicMax(Germany. IBA Dosimetry)를 이용하여 측정하였다. 측정항목은 진단용 방사선 발생장치의 성능검사항목 중 조사선량의 출력과 장치의 정확도 평가, 반가층 시험을 통하여 장치별 비교 측정하였다. 실험에 사용한 진단용 X선 발생장치는 실습용 Three phase 24peck rectification type(Model: GX-650H, DONG-KANG, Korea, 2008), 임상용 Inverter rectification type(Model: CXD-R185, CHOONG-WAE, Korea 2005), 실습용 Inverter rectification type(Model: CXD-68SD Premium, DRGEM, Korea 2017)을 사용하였다.



Fig. 1. Image of Measuring device by rectification type.



Fig. 2. Image of Multi_function meter.

1. 조사선량의 출력평가

1.1 조사선량의 재현성 평가

본 실험을 위해 선정한 각 장치별 관전류 100 mA, 조사시간 0.1 sec로 고정 후 임상에서 많이 적용하는 검사조건인 60 kVp, 80 kVp, 100 kVp로 관전압에 변화를 주어 각 관전압 별 10회씩 노출하였으며 측정된 출력 값에 출력변동을 변동계수(CV)로 산출하였다. 식 1을 이용하여 산출하였고, 산출한 측정값을 이용하여 측정값을 기록 후 합격기준 포함 여부를 확인하여 장치의 신뢰성을 평가해 보았다.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

CV = 변동계수
 S = 조사선량측정치모집단에 대한 표준편차
 \bar{X} = 조사선량측정치의 평균치
 X_i = i번째의 조사선량측정치
 n = 측정회수(5회이상)

1.2 조사선량의 직선성 평가

직선성 평가는 각 장치별 관전압을 60 kVp, 80 kVp, 100 kVp, 관전류를 10 mAs(50 mA × 0.2 sec, 100 mA × 0.1 sec, 200 mA × 0.05 sec)로 각 노출조건 당 10 회씩 조사하였다. 측정된 출력 값에 직선성 산출 공식인 식 2를 적용하였다. 산출한 측정값을 이용하여 측정값을 기록 후 각 장비 별 직선성 합격기준 포함 여부를 확인하여 장치의 신뢰성을 평가해 보았다.

$$\text{직선성} = \frac{(mR/mAs)_{\max} - (mR/mAs)_{\min}}{(mR/mAs)_{\max} + (mR/mAs)_{\min}} \quad (2)$$

mR: 노출조건 별 측정 출력 값

mAs: 설정 관전류

2. 장치의 정확도 평가

2.1 관전압의 정확도 평가

장비의 대조도 및 농도 유지와 장치의 고장 가능성 그리고 환자의 피폭선량과 관련이 있는 항목으로 각 장치별 관전류를 20 mAs(200 mA×0.1 sec)로 고정 후 관전압 60 kVp, 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp로 변화를 주어 각 노출조건 당 10 회씩 조사하였다.

측정된 출력 값을 이용하여 식 3의 백분율오차 (PAE, Percent Average Error)를 산출하여 합격범위인 ±10% 포함여부를 확인하는 방법으로 관전압의 정확도를 평가하였다.

$$PAE = \frac{X_p - \bar{X}}{X_p} \times 100(\%) \quad (3)$$

X_p : 관전압의 지시치

\bar{X} : 측정치의 산술평균치

2.2 관전류의 정확도 평가

관전류는 X선관에서 발생하는 방사선량을 좌우하며, 촬영시간과 함께 영상의 농도를 조절하는 주요인자이다. 본 실험에서는 각 장치별 관전압 80 kVp, 조사시간 0.1 sec로 고정하고 관전류를 100 mA, 200 mA, 320 mA, 400 mA 로 변화를 주어 각 노출 조건당 10회씩 조사하였다. 측정된 출력 값을 이용하여 식 3을 이용하여 백분율오차를 산출하고 합격범위인 ±15 % 포함여부를 확인하여 관전류의 정확도를 평가하였다.

2.3 반가층 실험

실험 장비에 따라 균일하지 않은 X선(Polychromatic X-ray)에 대한 선질 평가에 이용되는 반가층(HVL, Half Value Layer) Fig. 3처럼 검사를 하였다. 실험방법은 X선관초점과 검출기간 거리를 100 cm로 하고 조사야를 20×20 cm로 한 후 필터의 두께를 증가시키며 측정하고, 반대로 필터의 두께를 감소시키는 방법으로 2 회 조사하며 선량계에 나타난 측정치의 평균치를 산출한다. 일반적으로 반가층은 60 kVp에서는 Al의 최소값이 1.3 mm이상, 80 kVp에서는 Al의 최소값이 2.3 mm이상, 100 kVp에서는 Al의 최소값이 2.7 mm이상을 기준으로 하고 있으나 일반적으로 80 kVp에서 Al의 최소값인 2.3mm이상을 기준으로

하고 있다.



Fig. 3. Image of Measuring HVL.

III. RESULT

1. 조사선량의 출력평가

1.1 조사선량의 재현성 평가

대상 장치의 조사선량의 재현성 평가 결과를 Table 1에 기록 하였다. GX-650은 60 kVp에서 0.004, 80 kVp에서 0.005, 100 kVp 0.005로 측정되었고 CXD-R185 60 kVp에서 0.003, 80 kVp에서 0.003, 100 kVp 0.004로 측정되었다. 또한 CXD-68SD 60 kVp에서 0.001, 80 kVp에서 0.002, 100 kVp 0.002로 측정되었다. 모든 정류방식 장치에서 변동계수 0.05 이하로 측정되어 합격기준에 포함되었으나 주기적인 관리를 받고 있는 병원장치의 경우 상대적으로 제조 및 설치년도가 오래 되었지만 상대적으로 재현성이 실습장비보다 우수 하였고, 인버터 정류방식에서 변동계수가 낮게 산출되었으며 관전압이 낮을수록 상대적으로 변동계수가 낮게 산출되었다.

Table 1. Table of Reproducibility evaluation of exposure dose

(CV ≤ 0.05)

Exposure Condition			SD			CV		
			Reproducibility					
mA	sec	kVp	GX-650H	CXD-R185	CXD-68SD	GX-650	CXD-R185	CXD-68SD
100	0.1	60	0.35	0.13	0.21	0.004	0.003	0.001
		80	0.35	0.21	0.25	0.005	0.003	0.002
		100	0.58	0.43	0.34	0.005	0.004	0.003

1.2 조사선량의 직선성 평가

조사선량의 직선성을 알아보기 위해 각 장치별 관전압, 관전류에 변화를 주어 각 노출조건 당 10 회씩 조사하여 장치의 신뢰성 확인한 결과를 Table 2에 기록하였다. GX-650을 제외한 CXD-R185, CXD-68SD 합격기준인 ≤ 0.1 에 포함되었다. 하지만 GX-650의 경우 80 kVp, 200 mA, 0.05 sec에서 직선성이 0.101, 100 kVp, 200 mA, 0.05 sec에서 직선성이 0.105로 측정되어 합격기준에 포함되지 않았으며, 측정결과 동일 관전류와 조사시간일 때 관전압이 증가 할수록 대부분 직선성이 떨어지는 것을 알 수 있었다.

Table 2. Table of Linearity evaluation of exposure dose (Linearity ≤ 0.1)

Exposure Condition		Linearity		
kVp	mA × sec	GX-650	CXD-R185	CXD-68SD
60	50 × 0.2	0.065	0.056	0.049
	100 × 0.1	0.088	0.068	0.052
	200 × 0.05	0.094	0.049	0.042
80	50 × 0.2	0.053	0.074	0.051
	100 × 0.1	0.058	0.062	0.058
	200 × 0.05	0.101	0.075	0.061
100	50 × 0.2	0.079	0.078	0.055
	100 × 0.1	0.085	0.088	0.059
	200 × 0.05	0.105	0.095	0.053

2. 장치의 정확도 평가

2.1 관전압의 정확도 평가

관전류와 조사시간을 고정 후 관전압에 변화를 주어 노출조건 당 10회씩 조사한 후 백분율오차 (PAE $\pm 10\%$)를 산출한 결과를 Table 3에 기록하였다. GX-650장치는 60 kVp에서 1.32, 80 kVp에서 2.35, 100 kVp 3.72로 산출되었고, CXD-R185 60 kVp에서 0.59, 80 kVp에서 1.48, 100 kVp 0.71로 산출되었으며, CXD-68SD 60 kVp 0.08, 80 kVp에서 0.18,

100 kVp 1.04로 산출되어 모든 대상 실험 장치는 백분율 오차 허용오차 범위 안에 포함되게 평가되었다.

Table 3. Table of Accuracy evaluation according to the change of tube voltage (PAE $\pm 10\%$)

Exposure Condition			PAE		
mA	sec	kVp	GX-650	CXD-R185	CXD-68SD
200	0.1	60	1.32	0.59	0.08
		80	2.35	1.48	0.18
		100	3.72	0.71	1.04

2.2 관전류의 정확도 평가

관전압과 조사시간을 고정 후 관전류에 변화를 주어 각 노출조건 당 10 회씩 조사한 후 백분율오차(PAE $\pm 15\%$)를 산출한 결과를 Table 4에 기록하였다. GX-650장치 100 mA에서 5.39, 200 mA에서 7.52, 320 mA 7.41로 산출되었고 CXD-R185장치 100 mA에서 4.32, 200 mA에서 5.98, 320 mA 8.12로 산출되었으며 CXD-68SD장치에서 100 mA에서 3.32, 200 mA에서 4.85, 320 mA 5.11로 산출되어 모든 대상 실험 장치는 백분율 오차 허용오차 범위 안에 포함되게 평가되었다.

Table 4. Table of Accuracy evaluation according to the change of milli Ampere (PAE $\pm 15\%$)

Exposure Condition			PAE		
kVp	sec	mA	GX-650	CXD-R185	CXD-68SD
80	0.1	100	5.39	4.32	3.32
		200	7.52	5.98	4.85
		320	7.41	8.12	5.11

2.3 반가층 실험

X선 발생 장치의 선질 평가에 이용되는 반가층 실험을 한 결과 GX-650장치 60 kVp에서 반가층은 2.48, 80 kVp에서 3.21, 100 kVp에서 2.95로 측정되었으며, CXD-R185장치의 경우 60 kVp에서 반가층은

3.12, 80 kVp에서 4.21, 100 kVp에서 3.24로 측정되었다. 또한 CXD-68SD장치의 경우 60 kVp에서 3.44, 80 kVp에서 4.55, 100 kVp에서 3.99로 측정되어 Table 5와 같이 모든 장치에서 관전압 당 반가층 기준에 포함 되었다.

Table 5. Table of HVL according to the change of tube voltage

Exposure Condition	Evaluation Standard	HVL		
		GX-650	CXD-R185	CXD-68SD
kVp	mmAl			
60	1.3≤	2.48	3.12	3.44
80	2.3≤	3.21	4.21	4.55
100	2.7≤	2.95	3.24	3.99

IV. CONSIDERATION

최근 의과학의 발달과 의료산업 발전에 힘입어 각종 의료기기를 이용한 질병의 진단기술이 급속히 발전되었으며 이와 더불어 의료기기의 성능관리에 대한 관심이 증대되고 있다^[7]. 국내의 언론 및 유수의 학회 등 다양한 공인 기관에서도 영상의학검사 장치에 대한 정도관리의 필요성과 제도적 규제방안을 계속해서 제기하고 함께 1995년 1월 6일(보건복지부령 제3호)자로 "진단용 방사선안전관리 규칙"이 제정 공포되었다.^[6] 진단용 방사선 발생장치의 검사는 장치의 신규설치, 이동설치, X선관의 교체 시 장치의 기본성능검사를 시행하고 있으며 검사를 받은 날부터 3년 단위로 동 규칙 제 6조의 규정에 의해 공인 검사기관을 통해 검사를 받고 있다^[8]. 하지만 CT, MRI, 유방촬영장치 등 특수의료장비의 경우 진단용 방사선 발생장치와 동일한 기본 성능검사 외에 추가적으로 검사를 받은 날로부터 6개월, 1년, 3년마다 정도관리의 성능평가를 하도록 명시되어있다^[9]. 이처럼 특수의료장비의 경우 그 검사기준을 진단용 방사선 발생장치보다 상대적으로 엄격하게 제한을 두어 환자의 방사선 피폭뿐만 아니라 의료영상의 화질 그리고 성능관리 등에 규제를 하고 있지만, 현재 의료현장에서 가장 많이 사용하고 있는 진단용 방사선 발생장치의 경우 제도가 허술하고 검사 주

기가 길어 체계적이지 못한 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 현재 병원 및 실습실에 있는 진단용 방사선 발생장치의 관리정도를 평가해 보고 정도 관리의 중요성을 부각시키고자 한다. 실험결과에 의하면 조사선량의 출력평가에서 재현성은 현재 주기적인 관리를 시행하고 있는 병원장치인 CXD-R185와 최근 실습실에 도입된 CXD-68SD장치의 경우 백분율 오차가 상대적으로 낮게 측정되었으며, 주기적인 관리가 소홀한 GX-650 장치에서 관전압을 100 kVp로 상대적으로 높게 설정 시 직선성 합격 기준에서 벗어나는 0.105로 측정되었다. 또한 관전압 및 관전류의 정확도 평가 결과 모든 장치에서 백분율 오차 범위 안에 들었지만 X선 발생횟수가 상대적으로 적은 장치에서 백분율 오차가 낮은 것을 알 수 있었다. 또한 반가층 실험의 경우 모든 장치에서 설정 관전압의 기준 반가층 이상으로 측정되어 반가층에는 큰 차이가 없었다. 결과를 보면 정기적으로 정도관리를 하고 있는 병원 장치와 그렇지 못한 학교 실습 장치는 설치년도와 무관하게 상대적으로 문제점이 있는 것을 알 수 있었다. 의료영상에 있어 정도관리라 함은 장치의 성능을 최적화 시켜 영상의 질을 일정하게 유지하여 신뢰성 있는 의료영상을 제공하는 활동이라고 생각한다. 특히 의료영상장치의 정도관리를 소홀히 하게 되면 환자의 불필요한 방사선 피폭뿐만 아니라 오류가 발생한 의료영상을 제공하는 일이 비일비재하여 환자의 질환 치료계획 및 방향이 잘 못 설정되어 결국 환자에게 불필요하고 잘못된 수술 등으로 피해를 줄 수도 있다.^[10] 병원에서 사용하고 있는 X선 발생장치의 경우 방사선사가 사용하며 방사선사에 의해 관리되고 있다. 적절한 정도관리는 정확한 의료영상을 제공해야할 의무가 있는 방사선의 업무라 해도 과언은 아니다. 실험 결과에 의하면 실습을 위해 설치한 X선 발생장치에서 성능관리에 있어 문제점이 있는 것으로 평가되었다. 또한 Byung Sam Kang 등에 의하면 "종합병원의 경우 의원 및 교육기관보다 정도 관리 상태가 양호한 것을 알 수 있었다." 고 하였으며 이를 위해 "성능 검사 시 우선 항목의 설정범위와 검사주기에 대한 계획을 수립하고, 이 계획하에 검사를 시행하며 검사결과는 표준화된 양식에 의거 검사 성적서에 기록 한 후

분석, 평가하여 성능 기준의 적합 여부에 최종 판단을 내려야 한다.” 고 언급하였다^[1]. 비록 질환을 판단하는 영상을 제공하지 않지만 미래의 방사선사를 양성하고 배출하는 학교에 설치되어있기 때문이며, 학생들은 화질, 피폭, 검사 등을 학교에 설치된 진단용 방사선 발생장치를 이용하여 학습하기 때문이다. 본 실험에서 다양한 X선 발생장치를 이용하지 못한 점은 한계점으로 생각되지만 X선 발생장치의 성능관리의 중요성을 제시하기에는 의미가 있다고 본다. 따라서 진단용 방사선 발생장치의 병원용, 실습용 구분보다, 모든 장치의 정도관리의 중요성을 인식하고 관리부서에서는 좀 더 책임감을 갖고 적극적으로 장치의 성능관리를 시행하여 장치를 유지관리 해야 할 것으로 생각되며, 보다 체계적인 관리와 짧은 주기의 정도관리를 제도화를 통해 개선해 나가야 할 것으로 생각된다.

V. CONCLUSION

특수의료장치와 더불어 진단용 방사선 발생장치의 정도관리에 중요성을 모두 인식하고 병원에서 실제검사 및 학교에서 실습 시 안전하고 원활한 작동을 위해보다 진단용 방사선 발생장치의 체계적인 관리 그리고 짧은 주기의 정도관리를 제도화하여 장치의 품질관리를 개선해 나가야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 동남보건대학교 연구비 지원에 의하여 수행된 것임. 본 연구를 위해 지원해 주신 교내 관계자 분들께 진심으로 감사드립니다.

Reference

[1] H. K. Min, "The study for performance, image quality and patient dose of various diagnostic X-ray generation," Journal of Inje University pp. 1-101, 2006.

[2] T. G. Kim, M. W. Cheon, Y. P. Park, "Comparison of Output and Radiation Quality of X-rays according to the Full-Wave Rectification Method and Dual-Voltage Rectification Method of an X-ray

Generator," Journal of KIEEME, Vol. 23, No. 7, pp. 534-538, 2010.

[3] H. M. Lee, J. Y. H. J. Kim, "Effects of Contrast Improvement on High Voltage Rectification Type of X-ray Diagnostic Apparatus," Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 37, No. 3, pp. 187-193, 2014.

[4] S. S. Kang, "Experimental control of diagnostic imaging device," Vol. 4, No. 3, pp.3-10, 2014.

[5] S. C. Kim, Y. I. Kim, Y. H. Kim, "Diagnostic X-ray Equipment and Quality control," Shin Kwang Publishing Co, pp. 348-357, 2006.

[6] J. I. Choi, D. G. Na, H. H. Kim, Y. M. Shin, K. J. An, J. Y. Lee, "Quality Control of Medical Imaging," Journal of The Korean Society of Radiology, Vol. 50, No. 5, pp. 317-331, 2004.

[7] I. G. You, C. H. Lim, S. H. Lee, M. K. Lee, "Performance Measurement of Diagnostic X Ray System," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 6, No. 6, pp. 447-454, 2012.

[8] C. J. Gu, K. S. Kim, B. K. Kim, N. J. An, H. S. Kim, S. G. Kim, S. Im, "Improvement Way for Mobile X-ray Examinations by Rule Revision about Safety Management of Diagnosis Radiation Occurrence System," Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 30, No. 1, pp. 53-59, 2007.

[9] J. G. Park, "Medical Clinics' quality Management of X-ray Units in Gyeongbuk Area," International Journal of contents Vol. 10, No. 9, pp. 267-275, 2010.

[10] J. D. Yeo, I. H. Ko, "A Study on Perception by Examines of the Radiology Department about Exposure to Radioactivity," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 7, No. 5, pp. 321-331, 2013.

[11] B. S. Kang, H. H. Park, K. R. Dong, H. Y. Yeo "Research for the Quality Control of General X-ray Systems," Journal of Advanced Engineering and Technology, Vol. 6, No. 4, pp. 31-35, 2013.

진단용 엑스선 장치의 안전관리 검사에 관한 연구

이후민, 김현주*

동남보건대학교 방사선과

요 약

본 연구는 병원 및 대학교 등에 설치된 X선 발생장치를 대상으로 진단용 방사선 발생장치의 품질관리 항목을 적용하여 성능 비교를 하여 주기적인 성능관리의 중요성을 인식시켜 성능유지 및 관리에 도움을 주고자 한다. 우선 재현성 및 직선성 실험결과 모든 실험조건에서 합격기준에 부합되었으며 주기적인 정도관리가 부족한 GX-650장치의 경우 재현성 평가의 백분율 오차가 높았으며 직선성 평가에서는 관전압을 100 kVp로 설정 시 0.105로 백분율 오차에서 벗어나게 측정되었다. 또한 관전압 및 관전류의 정확도 평가 결과 상대적으로 X선 발생횟수가 낮은 장치에서 백분율 오차가 낮은 것을 알 수 있었다. 반가층 실험은 모든 장치에서 관전압 별 반가층 기준에 모두 포함되었다. 따라서 병원용, 실습용 구분보다는 모든 장치의 정도관리의 중요성을 인식하고 적극적으로 장치의 성능관리를 시행하여 장치를 유지 관리해야 할 것이며 특수의료장비처럼 짧은 주기의 정도관리 제도를 마련해야 할 것으로 사료된다.

중심단어: X선 발생장치, 품질관리, 관전압, 관전류, 재현성, 직선성

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이후민	동남보건대학교 방사선과	교수
(교신)	김현주	동남보건대학교 방사선과	교수