방사선기술과학 제41권 제6호 http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2018.41.6.603
Journal of Radiological Science and Technology, 41(6), 603-610 ISSN 2384-1168(On-line) ISSN 2288-3509(Print)

<원저>

# 정류방식에 따른 장치의 정확도와 출력 파형의 비교

이인자

동남보건대학교 방사선과

# Comparison of Accuracy and Output Waveform of Devices According to Rectification Method

Lee, In Ja

*Department of radiological Technology, Dongnam Health University*

**Abstract** This study examined the following: accuracy of the exposure conditions in the inverter device and three-phase device; output waveform over the exposure conditions; and average and standard deviation of the output waveform. After assessing whether the dose corresponding to the theoretical dose was presented, the following conclusions were obtained:
1. The accuracy of the tube voltage(kVp) and tube current(mA) exposure time(sec) was within the tolerable level prescribed in Korea's Safety Management Standards. In the error, Inverter device was large the tube voltage and exposure time, the three-phase device was large the tube current.
2. In terms of the output waveform of the exposure conditions and the average and standard deviation of the output waveform, the higher tube voltage and larger tube current resulted in greater standard deviation in pulsation. Moreover, the standard deviation of pulsation was shown to be greater in the inverter device than the three-phase device; there was also greater standard deviation in the inverter device considering the exposure time.
3. Regarding the exposure conditions over the output dose, all linearity showed the coefficient of variation which had an allowable limit of error within 0.05. Although the output dose ratio for the inverter device was 1.00~1.10 times no difference that of the three-phase device, there was almost no difference in dose ratio between the tube currents.

**Key Words:** Inverter device, Three phases device, Output waveform, Ripple factor, Dose ratio
**중심 단어:** 인버터장치, 삼상장치, 출력 파형, 맥동률, 선량비

## Ⅰ. 서 론

정보량이 많은 영상의 제공은 몸에 이롭지 않는 X선을 받는 환자에 대한 방사선사들의 바램이다. 환자의 피폭선량을 줄이기 위해 정당화, 최적화, 선량한도를 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에서 권고하고 있다[1]. 가장 좋은 정보량을 제공하기 위해서는 여러 가지 요인이 필요하지만 그중 장치의 정도관리가 중요한 요소 중의 한가지이다. 우리가 이론으로 알고 있는 거리 r에서의 X선의 발생강도(출력)는 관전압의 제곱, 관전류, 조사시간에 비례하며, 촬영거리의 제곱에 반비례한다[2]. 정확한 발생량을 조사시키기 위해서는 X선 발생장치에서 지시하는 조건의 정확도가 중요하다. 우리나라 진단용 발생장치의 정도관리는 1995년 1월에 원자력 품질보증기준과 KSA 9000(ISO 9000)가 제정되면서 보건복지부령에 의해 시행 되었다[3,4]. 최소한의 비용과 피폭선량으로 진단에 요구되어지는 최적의 화질을 만들어내는 것이 목표이며, 최소한의 피폭선량으로 이상적인 진단적

This paper is performed by the will support Dongnam Health University.
Corresponding author: In-Ja Lee, Department of radiological Technology, Dongnam Health University, 50, CheonCheon-ro 74-gil, Jangan-gu, Swon-si, Gyeonggi-do, 16328, Korea / Tel: +82-31-249-6402 / E-mail: ijlee@dongnam.ac.kr
Received 9 November 2018; Revised 27 November 2018; Accepted 04 December 2018
Copyright ⓒ2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

정보가 담긴 영상을 만들기 위해서는 장치의 정도관리는 필수 항목이다[4]. 장치의 성능에 따라 발생 X선량의 변동이 생기므로 장치의 정도관리는 매우 중요하다. 그러나 최근의 정도관리는 3년에 한 번씩 검사를 대신해주는 전문 검사기관에서 실시하므로[5] 방사선사들의 관심도가 떨어졌다. 또한 확인해 보고 싶을 때 여러 가지 어려움으로 쉽게 접근하기가 어렵다. 정확한 조건에 대한 성능검사는 회로에 연결하여 측정하는 것이 많으나 최근에는 비접속형으로 측정하는 정확도도 유용하다는 보고가 많으므로[6-9] 이번의 측정도 비접속형의 측정기를 사용하여 임상에서도 쉽게 이용할 수 있도록 하여 누구든 쉽게 장치의 간단한 QC항목을 확인할 수 있도록 하였다.

특히, DR system의 도입으로 별로 신경을 쓰지 않고 장치에 내장된 조건대로 촬영을 함으로써 촬영조건의 중요성을 숙지하지 못하고 컴퓨터의 여러 가지 보상으로 조건에 대한 중요성을 일어가고 있는 것이 현 실정이다.

따라서 본 연구는 쉽게 사용할 수 있는 비접속형 측정기를 이용하여 정류방식에 따라 영상의 형성에 가장 기초가 되는 촬영조건 즉 관전압, 관전류, 조사시간에 대한 정확도와 정류방식에 따른 파형 특징을 분석하고, X선 출력 특성과의 연관성을 비교 분석하였다.

## II. 실험방법

### 1. 사용기기

1) X선 발생장치:

(1) 인버터장치(REX-525R, Listem Co. Korea), 고유여과 2.4 mmAl

(2) 삼상장치(GX-650H, Dong-Kang Co. Korea), 고유여과 2.1 mmAl

2) 측정기 : 비접속형 IBA Dosimetry GmbH Magic Max-USB Multimeter XR-Detector, PROVA Instrument. Inc

3) 관전류 측정기 : 비접속형 Multi Function Meter, RMI Co. Model 230A

### 2. 실험방법

1) 촬영조건의 정확도 측정

인버터 장치와 삼상 장치에 대하여 관전압의 정확도를 측정하기 위하여 100 mA, 0.1 sec, FDD 100 cm, Field Size: 30x30 ㎠에서 60, 80, 100, 120 kVp를 5회 측정하였고, 관전류의 정확도는 80 kVp, 0.1 sec, FDD 100cm, Field Size: 30x30 ㎠에서 50, 100, 200, 400 mA를 각 5회 측정하였으며, 조사시간의 정확도도 80 kVp, 100 mA, FDD 100 cm, Field Size: 30x30 ㎠에서 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 sec를 5회씩 측정하여 평균과 표준편차 및 백분율 평균오차(PAE: Percent Average Error)를 구하였다.

비접속형 측정기인 Magic Max-USB Multimeter XR-Detector를 사용하였다(Fig. 1). Magic Max에서는 관전압, 조사시간, 반가층, 선량 및 각 조건에 따른 파형을 측정할 수 있었으며(Fig. 2), 관전류는 비접속형 Multi Function Meter Model 230A를 사용하였다.

**Fig. 1.** Schematic experiment

**Fig. 2.** Measured value & waveform of clamp meter

2) 촬영조건의 변화에 따른 출력 파형과 특성

정류방식이 다른 두 장치에 대한 관전압, 관전류, 조사시간 변화에 따른 파형을 5회씩 측정하였으며, 파형의 변동을 평균과 표준편차에 대한 값으로 비교하였다.

3) 촬영조건에 따른 선량 특성

촬영조건에 의한 X선의 출력강도는 $I=\frac{kv^2It}{r^2}$로 I: X선의 발생강도, K: 상수, v: 관전압, I: 관전류, t: 조사시간, r: 촬영거리이다. 즉 X선의 출력선량을 관전압, 관전류, 조사시간을 변화시키면서 5회 측정하였으며, 장치의 재현성과 삼상 장치에 대한 인버터 장치의 출력 선량비와 두 장치의 출력 선량이 이론과 일치하는지를 선량의 비로 확인하였다.

## Ⅲ. 결 과

### 1. 촬영조건의 정확도 측정

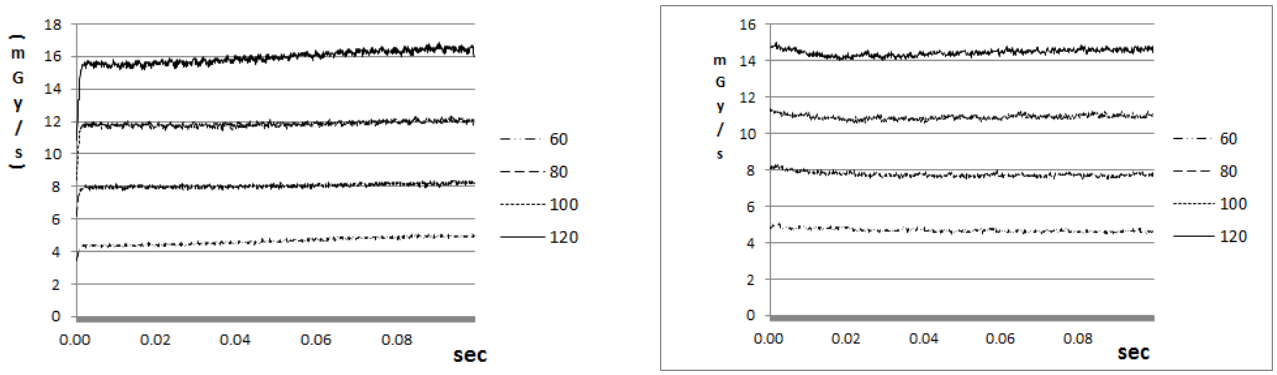
두 장치에 대한 관전압, 관전류, 조사시간에 따른 정확도를 측정한 결과는 (Table 1)과 같다. 인버터 장치의 관전압 60, 80, 100, 120 kVp의 정확도는 PAE가 0.26~5.39%로 나타났으며, 관전압이 커질수록 오차도 커졌다. 삼상 장치의 관전압의 정확도는 PAE가 0.83~3.73%으로 인버터 장치에 비해 적게 나타났다. 그렇지만 두 장치 모두 우리나라 안전관리기준 ±10%에는 충족하였다. 관전류 50, 100, 200, 400 mA의 정확도는 인버터 장치에서는 PAE가 0.00~3.50%이고, 삼상 장치에서는 1.00~3.50%로 나타나 안전관리기준인 ±20% 이내로 모두 충족하였다. 두 장치의 PAE는 삼상 장치에서는 약간 크나 큰 차이는 없었다. 조사시간 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 sec의 정확도는 인버터장치에서는 PAE가 0.15~1.20%로 시간이 길어짐에 따라 오차는 작아졌으며, 삼상 장치에서도 PAE가 0.13~0.20%으로 작아져 두 장치 모두에서 시간이 길어질수록 오차는 적었다.

### 2. 촬영조건에 따른 출력 파형과 특성

관전압 변화에 따른 인버터 장치의 출력 파형은 (Fig. 3)

**Table 1** Accuracy according to Exposure condition

| | | Condition | Measured value | | | | | $\bar{x}$ | PAE (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| kVp | Inverter type | 60 | 60.14 | 60.17 | 60.19 | 60.17 | 60.13 | 60.16 | 0.26 |
| | | 80 | 81.67 | 81.60 | 81.71 | 81.60 | 81.63 | 81.64 | 2.05 |
| | | 100 | 104.21 | 104.33 | 104.28 | 104.27 | 104.23 | 103.42 | 3.42 |
| | | 120 | 128.12 | 127.99 | 128.08 | 128.15 | 128.18 | 126.47 | 5.39 |
| | Three Phases | 60 | 58.60 | 58.59 | 58.60 | 58.61 | 58.61 | 58.60 | 2.33 |
| | | 80 | 80.65 | 80.69 | 80.66 | 80.75 | 80.62 | 80.67 | 0.83 |
| | | 100 | 102.02 | 101.9 | 101.95 | 101.88 | 101.9 | 101.93 | 1.93 |
| | | 120 | 124.37 | 124.61 | 124.51 | 124.41 | 124.52 | 124.48 | 3.73 |
| mA | Inverter type | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 0.00 |
| | | 100 | 98 | 98 | 96 | 98 | 96 | 97.20 | 2.80 |
| | | 200 | 193 | 193 | 193 | 193 | 193 | 193 | 3.50 |
| | | 400 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 3.00 |
| | Three Phases | 50 | 50 | 48 | 49 | 49 | 50 | 49.20 | 1.60 |
| | | 100 | 100 | 99 | 102 | 101 | 103 | 101.00 | 1.00 |
| | | 200 | 204 | 206 | 206 | 209 | 209 | 206.80 | 3.40 |
| | | 400 | 420 | 421 | 423 | 422 | 424 | 422.00 | 5.50 |
| sec | Inverter type | 0.05 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.05 | 1.20 |
| | | 0.1 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.10 | 0.60 |
| | | 0.2 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.20 | 0.30 |
| | | 0.4 | 0.399 | 0.399 | 0.399 | 0.399 | 0.399 | 0.40 | 0.15 |
| | Three Phases | 0.05 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.05 | 0.20 |
| | | 0.1 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.10 | 0.50 |
| | | 0.2 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.20 | 0.25 |
| | | 0.4 | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.40 | 0.13 |




a) Inverter type

b) Three Phases

**Fig. 3.** Output waveform of kVp according to rectification method

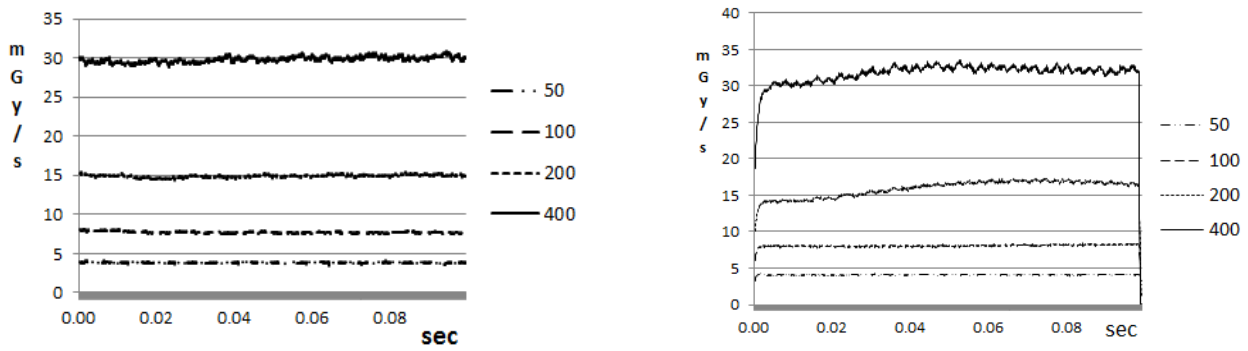
**Table 2.** Average and SD of out put waveform according to exposure condition

| Exposure condition | | Inverter type | | Three Phases | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\bar{x}$(mGy/s) | $\sigma$ | $\bar{x}$(mGy/s) | $\sigma$ |
| kVp | 60 | 4.62 | 0.0308 | 4.64 | 0.0096 |
| | 80 | 8.05 | 0.0208 | 7.74 | 0.0124 |
| | 100 | 11.85 | 0.0245 | 10.89 | 0.0125 |
| | 120 | 15.94 | 0.0485 | 14.44 | 0.0174 |
| mA | 50 | 4.08 | 0.0088 | 3.84 | 0.0084 |
| | 100 | 8.05 | 0.0287 | 7.73 | 0.0114 |
| | 200 | 15.89 | 0.0356 | 14.92 | 0.0181 |
| | 400 | 31.59 | 0.0464 | 29.81 | 0.0351 |
| sec | 0.05 | 7.89 | 0.0384 | 7.73 | 0.0123 |
| | 0.1 | 8.03 | 0.0306 | 7.75 | 0.0108 |
| | 0.2 | 8.14 | 0.0319 | 7.72 | 0.0104 |
| | 0.4 | 8.15 | 0.0185 | 7.71 | 0.0094 |

의 a)에서와 같이 조사시간 0.1초에 대하여 선량율(mGy/s)은 시간이 길어질수록 모든 관전압에서 다소 증가되었으며, 60 kVp에서는 4.62 mGy/s, 120kVp에서는 15.94 mGy/s로 나타났으며, 특히 출력 선량에 대한 맥동의 차이가 60 kVp에서 0.0308, 120 kVp에서 0.0485로 관전압이 클 때 크게 나타났다. 또한 삼상 장치에서는 (Fig. 3)의 b)에서와 같이 조사시간 0.1초의 초반의 출력 파형이 높고, 시간이 길어질수록 안정되는 추세였다. 출력 선량율은 60 kVp에서 4.64 mGy/s, 120 kVp에서 14.44 mGy/s로 나타났으며, 출력 선량에 대한 파형의 맥동의 표준편차는 60 kVp에서 0.0096로 가장 작았으며, 120 kVp에서는 0.0174로 가장 크게 나왔다. 두 장비 모두 관전압이 클 때가 맥동의 표준편차가 크게 나타났다(Table 2).

두 장치의 관전류 변화에 따른 파형은 (Fig. 4)의 a), b)와 같다. 인버터 장치에서 조사시간이 짧은 경우 상대적 선량율이 작다가 점점 증가하다가 0.05초 정도에서 안정되는 것으로 나타났다. 특히 50 mA와 100 mA에서는 안정된 것처럼 보이며, 200, 400 mA에서는 눈에 띄게 차이가 큰 것으로 나타났다. 전체 선량율의 출력 파형의 평균에 대한 표준편차 역시 50 mA에서는 0.0088으로 작게 나타났으며, 400 mA에서는 0.0464로 크게 나타났다. 따라서 소초점인 50, 100 mA인 경우 표준편차도 적으며, 안정적으로 나타났다. 또한 삼상 장치의 파형의 모습은 인버터 장치에 비해 관전류의 파형이 안정적으로 보였다. 50 mA에서의 출력 파형의 표준편차는 0.0084로 인버터 장비와 비슷하였으며, 400 mA는 0.0351로 인버터 장치에 비해 작게 나타났다(Table 2).

조사시간 변화에 따른 출력 파형은 모든 시간대의 파형을 한 번에 볼 수 있는 가장 긴 시간인 0.4초에 대한 파형으로 나타냈으며 (Fig. 5)와 같다. 인버터 장치인 경우 0.10초에서 0.15초에서 선량율이 높게 나타났다. 시간에 대한 출력 파형의 표준편차 역시 0.03정도로 거의 차이가 없었으나 0.4초에서는 0.0185로 특히 더 작았다. 또한 삼상 장치는




a) Inverter type

b) Three Phases

**Fig. 4.** Output waveform of mA according to rectification method

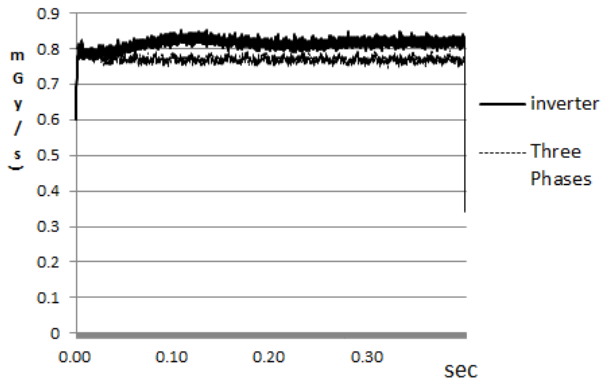



**Fig. 5.** Output waveform of sec according to rectification method

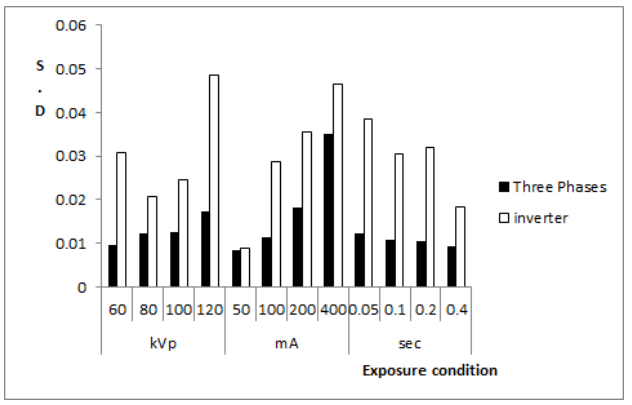



**Fig. 6.** SD of exposure condition according to rectification method

0.1초에서도 안정되어 보이며, 모든 시간에서 출력 파형의 표준편차가 0.01로 차이가 없었으나 0.4초에서는 0.009로 시간이 길어짐에 따라 표준편차가 더 작게 나타났다(Table 2). 두 장비 모두 시간이 짧은 때(0.05초)에 비해 길어질 때(0.2초 이상) 안정화되는 것으로 나타났다. 또한 삼상 장치에서의 시간변화에 따른 출력 파형의 표준편차가 인버터 장치에서보다 작아 안정적으로 나타났다(Table 2).

(Fig. 6)에 인버터 장치와 삼상 장치에 대한 관전압, 관전류 조사시간에 따른 출력 파형의 표준편차를 나타내었다.

삼상 장치에 비해 인버터 장치에서 출력 파형의 표준편차가 관전압, 관전류, 조사시간에서 모두 크게 나타남을 알 수 있었다. 특히 조사시간에서 인버터장치의 출력 파형의 표준편차가 많이 큰 것으로 나타났다.

## 3. 촬영조건에 따른 선량 특성

출력 파형이 아닌 촬영조건에 의한 선량을 5회 측정한 결과는 (Table 3)과 같다. 두 장치에서의 출력의 재현성인 변동계수(CV)는 모두 0.05이하로 측정이 되었으며, 관전압 변화에 따른 두 장치의 선량은 인버터 장치에서 1.03~1.10배 많이 나왔다. 또한 관전류의 변화에서도 인버터 장치에서 삼상 장치보다 1.04~1.05배 선량이 많이 나왔다. 조사시간의 변화에 대해서도 인버터 장치가 1.0~1.06배 선량이 많이 나오는 것으로 나타났다. 인버터 장치가 삼상 장치에 비해 관전압, 관전류, 조사시간 모두 1.00~1.10배 더 선량이 나왔다.

두 장비에 대하여 촬영조건에 의한 측정 선량을 이론의 식($I=\frac{kv^2 ft}{r^2}$)에 의해 구해 본 결과 (Table 4)와 같다. 관전압 관전류 조사시간 변화에 따른 측정 선량의 비는 이론의 비에 비해 관전압에서는 인버터 장치와 삼상 장치에서 모두 적었으며, 삼상 장치에서 더 작았다. 관전류 변화에 따른 측정 선량의 비는 두 장비 모두 이론에 의한 비와 거의 같게 나타났으며, 정류방식 간 차이가 없었다. 또한 조사시간에 따른 측정 선량의 비는 인버터 장치에서는 이론 비보다 크게 나왔으며, 삼상 장치에서는 이론 비와 같으나 시간이 길어지면 약간 적게 나왔다. 따라서 3가지 요소 중 관전류에서 오차가 가장 적었으며, 관전압에서 오차가 가장 컸고, 관전압의 증가될수록 그 차는 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 7).

**Table 3.** Measurement of Dose according to exposure condition in rectification method

| | | Condition | Measured dose(mGy) | | | | | $\bar{x}$ | $\sigma$ | CV | dose ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| kVp | Inverter | 60 | 0.459 | 0.458 | 0.458 | 0.457 | 0.458 | 0.46 | 0.00078 | 0.0017 | 1.00 |
| | | 80 | 0.797 | 0.797 | 0.799 | 0.798 | 0.797 | 0.80 | 0.00091 | 0.0011 | 1.03 |
| | | 100 | 1.177 | 1.178 | 1.181 | 1.179 | 1.177 | 1.18 | 0.00167 | 0.0014 | 1.08 |
| | | 120 | 1.587 | 1.593 | 1.587 | 1.591 | 1.584 | 1.59 | 0.00357 | 0.0022 | 1.10 |
| | Three Phases | 60 | 0.469 | 0.467 | 0.437 | 0.467 | 0.468 | 0.46 | 0.00009 | 0.0002 | 1.00 |
| | | 80 | 0.775 | 0.775 | 0.776 | 0.775 | 0.775 | 0.78 | 0.00012 | 0.0001 | |
| | | 100 | 1.093 | 1.093 | 1.097 | 1.098 | 1.093 | 1.09 | 0.00012 | 0.0001 | |
| | | 120 | 1.451 | 1.451 | 1.453 | 1.450 | 1.450 | 1.45 | 0.00017 | 0.0001 | |
| mA | Inverter | 50 | 0.407 | 0.407 | 0.406 | 0.406 | 0.406 | 0.41 | 0.00038 | 0.0009 | 1.05 |
| | | 100 | 0.799 | 0.795 | 0.794 | 0.794 | 0.797 | 0.80 | 0.00199 | 0.0025 | 1.04 |
| | | 200 | 1.576 | 1.575 | 1.576 | 1.573 | 1.576 | 1.58 | 0.00130 | 0.0008 | 1.05 |
| | | 400 | 3.131 | 3.13 | 3.129 | 3.131 | 3.129 | 3.13 | 0.00100 | 0.0006 | 1.05 |
| | Three Phases | 50 | 0.385 | 0.385 | 0.387 | 0.385 | 0.385 | 0.39 | 0.00008 | 0.0002 | 1.00 |
| | | 100 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.774 | 0.774 | 0.77 | 0.00011 | 0.0001 | |
| | | 200 | 1.499 | 1.499 | 1.499 | 1.499 | 1.499 | 1.50 | 0.00018 | 0.0001 | |
| | | 400 | 2.983 | 2.982 | 2.984 | 2.983 | 2.985 | 2.98 | 0.00035 | 0.0001 | |
| sec | Inverter | 0.05 | 0.385 | 0.389 | 0.388 | 0.392 | 0.393 | 0.39 | 0.00306 | 0.0078 | 1.00 |
| | | 0.1 | 0.796 | 0.797 | 0.796 | 0.799 | 0.799 | 0.80 | 0.00139 | 0.0017 | 1.03 |
| | | 0.2 | 1.622 | 1.619 | 1.622 | 1.62 | 1.622 | 1.62 | 0.00141 | 0.0008 | 1.05 |
| | | 0.4 | 3.254 | 3.257 | 3.255 | 3.259 | 3.26 | 3.26 | 0.00254 | 0.0007 | 1.06 |
| | Three Phases | 0.05 | 0.389 | 0.389 | 0.389 | 0.389 | 0.389 | 0.39 | 0.00012 | 0.0003 | 1.00 |
| | | 0.1 | 0.779 | 0.779 | 0.779 | 0.779 | 0.779 | 0.78 | 0.00010 | 0.0001 | |
| | | 0.2 | 1.548 | 1.548 | 1.547 | 1.549 | 1.548 | 1.55 | 0.00010 | 0.0001 | |
| | | 0.4 | 3.088 | 3.089 | 3.087 | 3.089 | 3.087 | 3.09 | 0.00009 | 0.0000 | |

**Table 4.** Dose Ratio of theory and experiment according to exposure condition in rectification method

| | | Dose ratio | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Theory | Inverter type | Three phases |
| kVp | 60 | 1.0 | 1.0 | 1.00 |
| | 80 | 1.77 | 1.74 | 1.69 |
| | 100 | 2.77 | 2.57 | 2.37 |
| | 120 | 4.00 | 3.46 | 3.15 |
| mA | 50 | 1.0 | 1.00 | 1.00 |
| | 100 | 2.0 | 1.97 | 1.97 |
| | 200 | 4.0 | 3.87 | 3.85 |
| | 400 | 8.0 | 7.69 | 7.64 |
| sec | 0.05 | 1.0 | 1.00 | 1.00 |
| | 0.1 | 2.0 | 2.04 | 2.00 |
| | 0.2 | 4.0 | 4.16 | 3.97 |
| | 0.4 | 8.0 | 8.36 | 7.92 |

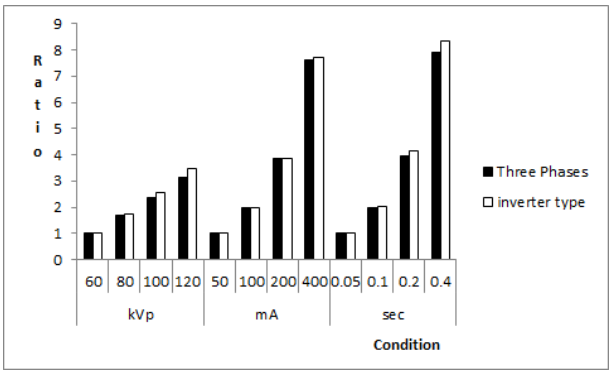



**Fig. 7.** Dose Ratio of exposure condition according to rectification method

## Ⅳ. 고 찰

1장치의 정확도는 모든 영상촬영의 가장 기본이다. 영상이 추구하는 기본은 많은 정보량과 환자의 피폭선량을 줄이면서 환자가 부담하는 비용을 줄여주는 것이다. 환자의 피폭선량을 줄이기 위한 방안은 여러 분야에서 시도되고 있다. 병실촬영의 피폭선량 경감을 위한 차폐장치의 연구나[10] 일반인들이 항공기를 이용하여 여행 중에 피폭에 대한 연구[11]까지 다양하다. 정보량이 많은 영상이나 환자의 피폭선량을 줄여주기 위해서는 장치의 출력에 대한 정확도가 가장 중요하다. 진단용 방사선발생장치의 관전압, 관전류, 조사시간의 정확도는 촬영장치의 회로에 직접 측정기를 연결하는 접속형 측정기를 사용하여 측정하는 것이 정확하나 검사의 편의성 때문에 비접속형 측정기를 사용하고 있다. 특히 여러 가지 촬영조건 중 관전류는 고전압변압기 2차 측 코일의 중성점에 관전류 측정기를 연결하고 측정하는 접속형 측정법에 비해 기준 관전류의 출력 선량 값을 기준으로 상대적인 값으로 측정하는 비접속형이 많이 사용되고 있으며[6-9], 비접속형 중 최근에 Clamp meter로 관전류의 측정을 했을 때 회로에 접속해서 측정한 데이터와 큰 차이가 없음을 실험 한 김[12]의 유용성 실험을 토대로 모든 촬영조건에 대한 정확도는 비접속형으로 실험을 하였다. 또한 김은 여러 가지로 위험한 측정인 관전류의 측정을 비접속형으로 함으로써 정확도 뿐 아니라 임상의 방사선사들이 활용하기에 훨씬 유용하다고 발표하였다. 본 연구에서도 관전압, 조사시간, 출력 파형, 선량 등은 비접속형인 Magic Max-USB Multimeter XR-Detector로 측정하였는데 촬영조건을 변경하여 노광하면 모니터에 나오는 값만 읽으면 되니 측정하는 것이 매우 수월하였으며, 관전류는 절대 값이 아닌 상대 값을 측정하는 Multi Function Meter를 사용하였다. 관전류 측정 또한 비접속형으로 하니 실험을 하는 과정이 매우 수월하였다.

본 연구에서는 정류방식에 대한 비교를 하였으며, 장치의 정류방식에 따른 오차는 관전압의 PAE가 ±10%, 관전류의 PAE가 ±15%, 조사시간은 다상장치에서 0.04≦T일 때는 ±10%, 인버터장치에서는 0.01≦T일 때는 ±10%인데 모두 안전관리규정에서 정하는 허용 오차 범위 내에 포함이 되었지만[3,9,13], 출력 파형에 대한 표준편차는 많은 차이를 나타내었다. 모든 조건에서의 출력 파형에 대한 표준편차 역시 삼상 장치에 비해 인버터 장치에서 많이 컸으며, 특히 조사시간에서의 차가 큰 것으로 나타났다. 이는 정류방식에 따른 맥동률은 단상이 100%라면 삼상 6피크는 13~25%, 삼상 12피크는 4~10%이며, 인버터 장치는 4~15%로 고주파 전압일수록 맥동률은 작아진다[14].는 연구에 비해 본 연구의 결과는 차이가 나는 것으로 정류방식만 가지고 단정하지 말고 장치의 특성이므로 확인이 필요할 것으로 사료된다.

또한 인버터 장치와 삼상 장치의 출력 선량비가 관전류는 거의 같았으나 관전압과 조사시간에서는 관전압이 클 때, 조사시간이 길 때는 큰 차이를 나타내었다. 단상에 비해 삼상 장치에서의 출력의 비는 약 1.5~1.8배 크며, 인버터 장치에서는 약 1.8~2.0배 정도 선량이 많이 나온다는 보고가 있으나[15] 본 연구에서는 삼상 장치와 인버터 장치의 비교를 보았고 그 결과 인버터 장치의 선량이 삼상 장치에 비해 1.00~1.10배로 큰 차이가 없었다.

## Ⅴ. 결 론

인버터 장치와 삼상 장치에 대한 촬영조건의 정확도와 촬영조건에 대한 출력 파형 및 파형의 평균과 표준편차를 알아보고 선량에 대한 이론에 맞는 선량이 출력되었는지를 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 관전압, 관전류 조사시간에 대한 정확도는 모두 우리나라 안전관리규정 허용 오차 내로 적합하였으며, 인버터 장치에서는 관전압과 조사시간에서, 삼상 장치에서 는 관전류의 오차가 크게 나타났다.

2. 촬영조건에 대한 출력 파형 및 파형의 평균과 표준편차에서 보면 관전압이 높을수록 관전류가 클수록 맥동의 표준편차가 컸으며, 인버터 장치가 삼상 장치에 비해 맥동의 표준편차가 크게 나타났으며, 조사시간에서 인버터 장치의 표준편차가 컸다.

3. 출력 선량에 대한 각 촬영조건은 모두 직선성은 변동계수가 허용오차 범위 0.05이하에 있었으며, 출력 선량의

비는 삼상 장치에 비해 인버터 장치에서 1.00~1.10배 더 나왔으나 관전류의 선량 비 차이는 없었다.

## REFERENCES


[1] ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 103, Ann ICRP. 2007;37(2-4).

[2] Carlton RR, Adler AM. Principle of Radiographic Image, An Art and a science. 4th Edition. Thomson Delmar Learning; 2006.

[3] Kang SS, Kwon DG, Kim KK. Diagnostic X-ray equipment 2nd ed. Chung-ku Pub; co.; 2011.

[4] Commissions of Diagnostic Image equipment Management. Diagnostic Image equipment Management experiments. Chung-ku Pub. co.; 2018.

[5] Ministry of Health and Welfare : Rule Revision about Safety Management of Diagnosis Radiation Occurrence System (85th Ordinance of the Ministry of Health and Welfare, 2011.11.25.).

[6] Kim JM, Kim SC, Ko SG. X-ray equipment & Management experiments. Daihak Pub. co.; 2000.

[7] Kang SS, Kim CS, Ko SJ. Usefulness of Non-Invasive Measurement Tool on Performance Evaluation of Inverter Type X-ray Unit. J. of radiological science & technology. 2008;31(2);123-7.

[8] Kang BS, Lee KM, Shim WY, Park SC, Choi HD, Cho YK. Analyze for the Quality Control of General X-ray Systems in Capital region. J. of radiological science & technology. 2012;35(2):93-102.

[9] Thompson TT. A practical approach to modern X-ray Equipment. Brown co.; 1978.

[10] Koo BY, Han SH. A Study on the Performance Evaluation of Portable Radiation Shielding Apparatus. J. of radiological science & technology. 2018;41(4): 289-95.

[11] Jang DG, Shin SH. Analysis of Cosmic Radiation Dose of People by Abroad Travel. J. of radiological science & technology. 2018;41(4):339-44.

[12] Kim SC. Feasibility of Using the Clamp Meter in Measuring X-Ray Tube Current. International Journal of Contents. 2013;9(1):38-41.

[13] Seoung YH. Evaluation of accuracy and Reproducibility of Clinical General X-rat System by Safety Management Standard of Diagnostic Radiation Generators. J. Health. Med. Sci.. Cheongju Univ. 2018;6(2):41-8.

[14] Kim JM, Lee IJ, Park JS, et al. innovation Radiation Image Information. Shin-Kwang Pub. co.; 2017.

[15] Kwon DM, Kim YG, Kim YI, Kim HT, Park BL, Park YS, et al. Analoge & Digital·PACS Medical Image Information. Daihak Pub. co.; 2016.