

인버터식 X선장치의 성능평가 시 비접속형 측정기의 유용성 — Usefulness of Non-Invasive Measurement Tool on Performance Evaluation of Inverter Type X-ray Unit —

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

강세식 · 김창수 · 고성진

— 국문초록 —

목 적: 임상에서 인버터식 X선장치의 사용이 보편화됨에 따라 이에 대한 보다 정확하고 간편한 성능평가 방법이 요구되고 있다. 따라서 최근 국내에 소개되어 사용되고 있는 X-Ray Multi-Function Test Device (model : Xi (unfors)-prestige)를 이용한 성능평가의 유용성을 확인하고자 한다.

방 법: 인버터식 X선장치의 성능 평가시 접속형 측정장비로 널리 활용되고 있는 Dynalyzer III를 이용한 성능평가를 기준으로 하여 비접속형 측정장비인 X-Ray Multi-Function Test Device (model : Xi (unfors)-prestige)의 성능평가를 비교 분석하여 그 유용성을 검토하였다.

결 과: 두 측정기에 대한 X선 출력선량은 큰 차이 없이 측정되었으며 촬영조건 등의 변화에 따라서 접속형인 Dynalyzer III가 약간 증가된 값으로 측정되었으며 출력의 재현성은 두 측정기 모두 성능평가 합격 기준 0.05 이하인 0.002 이하로, 직선성은 합격기준인 0.1 이하로 평가되었다. 촬영조건의 정확도에서는 관전압은 1.8과 2, 관전류는 2.01과 2.3, 촬영시간은 $T > 0.01 \text{ sec}$ 에서 $\pm 10\%$ 이하로 나타났다. 모두 성능평가 기준의 허용범위에 있는 것으로 나타났다.

결 론: X-Ray Multi-Function Test Device (model : Xi (unfors)-prestige) 측정기를 이용한 인버터식 X선장치의 X선 출력의 재현성, 직선성과 촬영조건의 정확도에 대한 성능평가의 유용성을 확인하였다.

중심 단어 : 인버터식 X선장치, 성능평가, 비접속형 측정장비, 재현성, 촬영조건의 정확도

I. 서 론

인버터식 X선장치는 주파수를 고주파화하여 고전압 변압기를 소형화, 경량화하여 좁은 공간에서 설치할 수 있

* 접수일(2008년 4월 30일), 심사일(2008년 5월 27일), 채택일(2008년 5월 30일)
- 이 논문은 2007년 부산가톨릭대학교 교내학술연구비에 의하여 수행된 것임.

책임저자: 강세식, (609-754) 부산시 금정구 부곡3동
부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL : 051-510-0582, FAX : 051-510-0588
E-mail : sskang@cup.ac.kr

다는 장점이 있다. 고주파식 X선 장치는 1969년 GE사에서 처음 실용화하였으며 국내에서는 L사에서 자체 개발에 성공하였고 그 후 국내의 몇몇 X선 발생장치 제조회사에서도 개발에 성공하였다¹⁾. 고주파식 고속 대전력용 반도체소자의 개발과 전력 변환의 회로기술의 발전으로 주회로의 고속 switching, 관전압과 관전류의 자동제어 및 전원에서 X선관에 이르기까지 전자제어가 이루어지게 되었다. 이러한 제어 기술의 발전으로 인하여 종래의 장치와 비교해 볼 때 보다 안정된 X선 출력을 얻을 수 있게 되었다²⁾.

이러한 특징으로 인버터식 X선장치는 국내에서도 급속하게 보급되어 대부분의 병원에서 이용되고 있는 실정이다^{1,2)}.

이에 따라 사용 중에 있는 X선발생장치의 주기적인 정도관리와 성능관리는 장치의 수명연장 뿐만 아니라 적당한 화질관리에 대단히 중요한 요소이다. 이러한 필요성에 의하여 인버터식 X선장치의 주기적인 성능평가를 위하여 임상에서 이용되는 측정장비로는 접촉형 또는 비접촉형이 이용되고 있다³⁾. 그러나 임상에서는 보다 간단하고 정확한 측정이 가능한 장비가 무엇보다 필요하게 됨에 따라 이에 알맞은 측정 장비들이 계속 개발, 보급되고 있다⁴⁾.

본 실험에서는 이러한 특징을 가지고 있다고 최근 국내에 소개된 비접촉형 장비인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)⁵⁾을 이용하여 인버터식 X선장치를 대상으로 일반적인 성능평가 항목인 촬영조건의 정확도와 X선 출력선량을 측정하여 재현성과 직선성을 평가하여 그 유용성을 확인하고자 한다.

II. 실험기기 및 방법

1) 실험기기

- Inverter type unit(model: TDR 4600-Full)
- DynalyzerIII(Divider-M-96311, Reader-M-96320)
- 2026C Radiation monitor, Ion Chamber: 20×6-60E
- X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)
- Digital mAs meter(model: 07-487)

2) 실험방법

인버터식 X선장치는 현재 대부분 임상에서 많이 이용하고 있는 삼상 전원인 일반 촬영용 장치를 이용하였으며 성능이 우수한 장치를 이용하여 비교하는 것이 본 실험에 적합하므로 사용기간이 5년 이내인 인버터식 X선장치를 선정하였으며 성능검사는 2007년 3월에 실시하여 성능평가가 우수한 장비로 실험하였다. 측정횟수, 연구자에 따라 달라질 수 있는 오차를 줄이기 위해서 1개월 차이를 두면서 3회 측정 후 그 값을 평균하여 데이터 값으로 하였다.

성능평가에 대한 기준 측정장비로는 접촉형인 Dynalyzer III을 이용하였다⁶⁾. 이 장비의 교정시기는 Dynalyzer III

는 구입 2년 후인 2007년 3월에 표준 연구소에서 교정된 장비이며, 관전압과 관전류의 허용오차 범위는 각각 $\pm 0.5\%$, $\pm 2\%$ 이다. 유용성을 확인하려는 측정장비는 비접촉형인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)이고 2007년 7월에 교정되었으며, 관전압과 관전류의 허용오차 범위는 각각 $\pm 2\%$, $\pm 1\%$ 이다.

성능평가 내용은 여러 가지 항목이 있으나 여기서는 가장 기본적인 항목인 출력의 재현성, 직선성과 촬영조건의 정확도 등을 평가하였다⁷⁾.

우선 Dynalyzer III에서 측정된 X선 출력선량을 이용하여 출력의 재현성, 직선성과 촬영조건 등의 정확도등을 평가한 후, 비접촉형 측정기인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)을 이용하여 같은 방법으로 성능평가를 수행하여 비교 평가하였다.

X선 출력은 관전압, 관전류, 촬영시간, 촬영거리, 총여과, 조사야 등에 크게 영향을 받게 된다. 따라서 촬영거리(100 cm), 조사야(20×20 cm)는 일정하게 유지하여 실험하였다.

III. 결 과

1. X선 출력선량의 측정

X선 출력의 재현성과 직선성을 확인하기 위하여 인버터식 X선장치에서 동일한 조건으로 측정기 Dynalyzer III과 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)를 이용하여 X선 출력선량을 측정, 비교하였다.

1개월 간격을 두고 총 3회에 걸쳐서 관전압 변화, 관전류 변화, 촬영시간의 변화에 대한 X선 출력선량을 측정하였다. 관전압을 변화시키면서 측정한(그림 1) 출력선량은 두 측정기 모두에서 관전압의 증가에 따라 X선 출력선량이 일정하게 증가하였고, Dynalyzer III에서 5~10 mR 정도 증가된 값의 X선 출력선량이 측정되었다. 관전류의 변화에서도 상기와 거의 동일한 X선 출력선량을 보였다(그림 2). 대전류보다는 소전류에서 X선 출력선량 변화폭이 크게 나타났다. 한편 촬영시간의 경우는 두 측정기 사이에는 차이 없이 측정되었으며(그림 3), 장시간보다는 단시간에서 X선 출력선량의 변화폭이 관전류와 마찬가지로 크게 나타났다.

2. X선 출력선량의 재현성과 직선성 평가

두 측정기에서 얻어진 X선 출력선량을 이용하여 진단

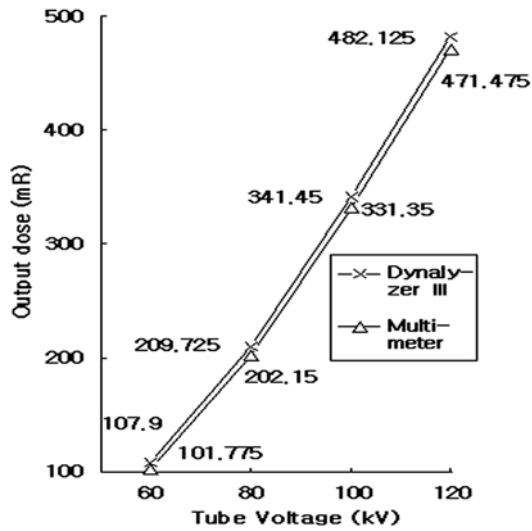


Fig. 1. The out put dose on variable tube voltatge at two measurement tool

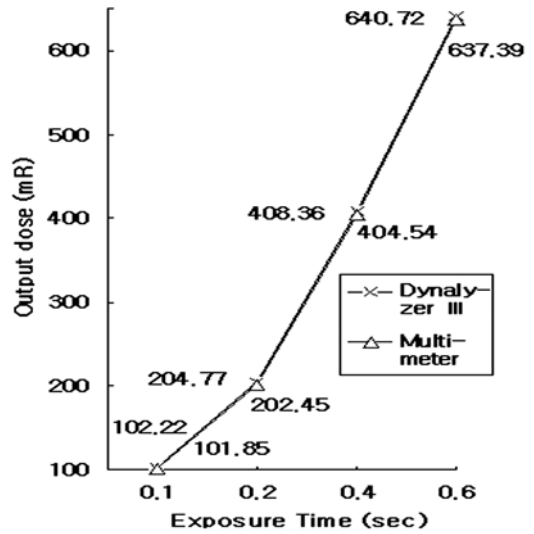


Fig. 3. The X-ray out put dose on variable exposure time at two measurement tool

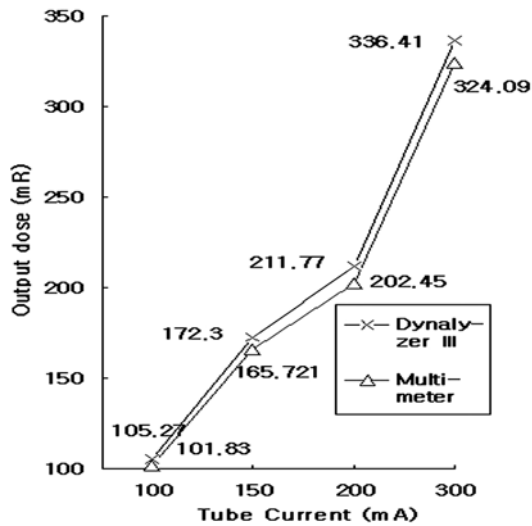


Fig. 2. The out put dose on variable tube current at two measurement tool

Table 1. The result of reproductivity and linearity of X-ray out put

구 분	Dynalyzer III	Multi-function meter
내 용		
Reproductivity	0.001	0.002
Linearity	0.1이하	0.1 이하

3. 촬영조건의 정확도 평가

일반적인 성능평가 항목인 촬영조건의 정확도 검사는 진단용X선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의거 두 종류의 측정기를 이용하여 관전압, 관전류, 조사시간에 따른 정확도를 측정, 성능평가하였다. 그 결과는 Table 2에 나타내었다.

Table 2. The result of accuracy of exposure factor unit : (%)

구 분	Dynalyzer III	Multi-function meter
내 용		
Tube voltage	1.8	2
Tube current	2.01	2.3
Exposure time (T > 0.01 sec)	0.02	0.02

용X선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의거 재현성과 직선성을 측정한 결과 Table 1과 같다.

재현성은 평가기준인 변동계수가 0.05 이하인데 두 측정기 모두 0.002 이하로 나타나 두 측정기 모두 합격 판정의 결과를 얻었으며, 직선성은 두 측정기 모두 0.1 이하로 나타나 평가기준(0.1 이하)에 역시 합격 판정 결과를 얻었다.

관전압의 정확도 평가기준인 $\pm 10\%$ 이하인 1.8%, 2%로 나타났으며 관전류는 $\pm 15\%$ 이하인 2.01%, 2.3%로 나타났다. 촬영시간의 정확도는 촬영시간 0.01초 이상에서 $\pm 10\%$ 이하인 0.02%로 나타나 관전압, 관전류, 그리고 촬영시간의 정확도가 모두 양호한 수치를 보였다.

IV. 고 찰

비접속형 측정기이며 1회의 노출로 X선 출력선량, 관전압, 조사시간, 반가층이 측정되며 PC와 연결하여 발생 X선의 관전압과 발생률 파형을 모니터에서 직접 관찰이 가능하여 종전에 사용하던 비접속형 측정기보다는 보다 다양한 정보를 획득할 수 있으며, set up이 간편하고 장비의 이동성도 편리하다는 특징⁵⁾으로 최근 국내에 소개되어 사용되고 있는 비접속형 측정기인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)를 이용하여 인버터식 X선장치의 성능평가의 측정기로서 유용성 여부를 확인하였으며 기준이 되는 측정기로는 접속형 장비인 Dynalyzer III를 이용하였다⁶⁾.

X선 출력선량을 측정하여 성능평가 항목인 출력의 재현성⁷⁾과 직선성을 평가하여야 하므로 우선 두 측정기를 이용하여 X선 출력선량을 측정하였다. X선 발생장치에서 출력선량은 관전압, 관전류, 촬영시간, 촬영거리, 총여과 및 조사야 등의 여러 인자에 따라서 변화한다^{2,4,8,9)}. 따라서 본 실험은 촬영거리, 조사야, 총여과 등은 일정하게 유지하고 촬영조건인 관전압, 관전류, 촬영시간 등을 변화시키면서 X선 출력선량을 측정하였다.

김 등¹⁾은 인버터식 장치는 관전압의 증가에 따라서 X선 출력선량이 증가하며 선질과 반가층도 커짐을 보고하였으며 동일한 조건에서는 인버터식 X선장치는 단상에 비하여 약 2배의 높은 출력을 보고하였다. 본 실험에서도 관전압이 60~120 kV로 증가하면서 두 측정기 모두 X선 출력선량은 일정하게 증가하고 있어 그 결과는 일치하였다.

관전류, 조사시간의 변화에서도 관전압과 같이 관전류, 촬영시간 증가시 X선 출력선량은 두 측정기 사이에서 큰 차이 없이 증가하였으며, 특히 대전류로 갈수록, 촬영시간이 길어질수록, 가파른 X선 출력선량의 증가를 보였으나 대전류보다는 소전류에서, 장시간 보다는 단시간에서 X선 출력선량의 변화폭이 넓어짐을 확인하였으며^{2,10~15)}, 이는 본 실험과 일치하였다.

X선 출력선량 측정에 문제가 없다고 판단되어 인버터식 X선장치의 성능 및 신뢰성을 평가하는 재현성 시험을

실시하였으며, X선 출력선량에 대한 변동계수(CV)를 계산하여 평가하였다. 두 측정기 모두에서 재현성 평가기준인⁷⁾ 변동계수 0.05 이하인 0.002 이하로 나타났다. 직선성의 평가기준은 0.1 이하이며¹⁶⁾, Dynalyzer III과 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige) 모두 0.1 이하로 나타났다. 이러한 결과는 인버터 X선장치의 우수한 재현성과 직선성을 보여주고 있으며^{2,10~15)}, 한편 본 실험의 목적인 비접속형 측정기인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)의 재현성과 직선성 평가시 측정장비로 이용하는데 제한사항이 없음을 알 수가 있었다.

관전압, 관전류, 촬영시간의 정확도 검사에서 관전압 시험은 평가 허용기준인 $\pm 10\%$ 이하인 1.8%, 2%로 각각 나타났으며 접속형인 Dynalyzer III가 관전압은 보다 더 정확하게 측정되고 있음을 보여주고 있다. 관전류 시험은 평가 허용기준인⁷⁾ $\pm 15\%$ 이하인 2.01%, 2.3%로 평가되었으며 촬영시간 시험은 평가 허용기준은⁷⁾ $T > 0.01$ sec 일 때 $\pm 10\%$ 이하인 0.02%로 두 측정기에서 동일한 측정값으로 측정되었다.

Dynalyzer III는 조사시간에 대한 교정 후 소급성 유지가 어려운 것으로 되어 있으나 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)에서 측정된 결과와 비교시 차이가 0.01초 이하의 촬영조건에서 PAE 0.02%의 결과로 Dynalyzer III의 조사시간의 교정 문제점은 미미한 것으로 사료되었다. 촬영시간은 두 측정기에서 정확도가 동일함을 확인하였다.

즉, 촬영조건에 대한 정확도 시험에서 두 측정기 사이의 측정 결과는 약간의 차이는 있었으나 성능평가시 허용범위의 값으로 표현되고 있어 측정장비로 이용하는데 제한사항이 없음을 알 수가 있었다.

V. 결 론

비접속형 측정기인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)를 이용한 인버터식 X선장치의 일반적인 성능평가에 유용성 여부를 확인하는 실험에서 인버터식 X선장치의 재현성과 직선성은 0.002 이하와 0.1 이하로 나타나 두 측정기 사이의 차이는 거의 없으며 그리고 관전압, 관전류, 촬영시간에 대한 정확도 평가에서는 관전압과 관전류에 대한 측정값에서 미미한 차이는 나타나고 있으나 성능평가시 허용범위 내 값으로 표현되고 있어 측정기로서의 이용에 제한되지 않는 것으로 판단되었다.

따라서 임상에 대부분 설치되어 있는 인버터식 X선장치에 대한 성능평가지 비접속형인 X-Ray Multi-Function Test Device(model: Xi(unfors)-prestige)가 인버터식 X선장치의 성능평가 장비로 그 유용성이 확인되었다.

참 고 문 헌

- 김정민, 오정환: REX-650 RF 인버터장치의 성능평가, 대한방사선기술학회지, 26(1), 31-36, 2003
- Hiroshi Asano, Hirouki Miyake, Keiichi Yamamoto 외: Comparison of X-ray out put of Inverter type X-ray Equipment, 日本放技學誌, 56(5), 2000
- 김영일: 진료영상기기Q.C, 대학서림, 81-126, 1993
- 강세식 외: 진단용X선장치정도관리 실험, 청구문화사, 8-11, 2006
- Philips Medical systems: Global customer Services, Global Services Engineering, 2008
- Dynalyzer III user's manual, 2005
- 보건복지부: 보건복지부령 3~349호, 진단용X선발생장치의 안전관리에 관한규칙, 2006
- 고신관 외: 진단용 X선장치의 X선 출력에 관한 연구, 한방기학회지, 18(2), 61-73, 1999
- 김학성 외: Inverter식 장치의 성능실험, 화상연구, 2(3), 27-35, 1994
- 上遠野昭, 宮崎 茂, 齋藤一彦 外: X線 装置의 X線出力과 直線性, 再現性, 日放技學東京部誌, 11, 14-18, 1984
- 田辺和郎, 今井宣雄, 谷 正司 外: 短時間 領域에서 X線 装置의 諸 特性, X線 出力 再現성과 X線 装置間 의 出力差, 日放技學東京部誌, 48, 67-80, 1993
- Stanton L., Lightfoot M.A., Mann S.: A Penetrometer for field kV Calibration of Diagnostic X-ray machine, Radiology, 87, 87-98, 1966
- Campbell C.C.M., Yaffe M.J., Taylor K.W.: Measurement of time variations of X-ray beam Characteristics, SPIE, 173, 1979
- Gray J.E., Winkland N.T.: Quality control in Diagnostic Imaging, An Aspen publication, 1983
- Arden G.M., Crooks H.E.: Checking Diagnostic X-ray beam quality, BJR, 41, 183-198, 1968
- IEC 60601-2-7 Medical electrical equipment-part 2-7: particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-ray generators, 1998

• Abstract

Usefulness of Non-Invasive Measurement Tool on Performance Evaluation of Inverter Type X-ray Unit

Se-Sik Kang · Chang-Soo Kim · Sung-Jin Ko

Dept. of Radiological Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan

Purpose: As the demand of a simple and precise method increases to evaluate the performance of the inverter type x-ray unit, we evaluated the usefulness of the recently-introduced X-ray Multi-Function Test Device (model: Xi (unfors)-prestige).

Method: We compared the performance of X-ray Multi-Function Test Device (XMFTD) which is non-invasive type device with the performance of Dynalyzer III that has been most widely used invasive type measure device.

Result: X-ray output dose was increased a little in the XMFTD, but both devices were below the performance evaluation standard, 0.002 in the output reproducibility. Linearity of XMFTD were below 0.1 which means that Dynalyzer III showed more excellency in linearity. As for the accuracy of exposure factor, 1.8 and 2 tube voltage, 2.01 and 2.3 tube current were measured. The exposure time was also measured by 0.01 sec \pm 10%. Both devices were within the acceptance of performance evaluation standard.

Conclusion: We proved the usefulness of X-ray Multi-Function Test Device (model: Xi (unfors)-prestige) to evaluate the performance on reproducibility and linearity of X-ray output and accuracy of exposure factor of inverter type unit.

Key Words : inverter type unit, performance evaluation, non-invasive measurement tool, reproducibility, exposure factor