

診斷用 X-線裝置의 線質 特性에 關한 研究

大邱保健專門大學 放射線科

朴明煥 · 李準逸

- Abstract -

A Study on Radiation Quality of the Diagnostic X-ray Equipments

Myeong Hwan Park · Joon Il Lee

Dept. of Radiotechnology, Taegu Health Junior College

The quality of continuous X-ray beam depends upon the half value layer which varies according to the geometric conditions, filtration thickness, and tube voltage. We compared the inverter type X-ray equipment with the conventional single phase 2 peak and the three phase 12 peak for the quality obtained by changes of the added filter thickness and the tube voltage.

The quality of single phase 2 peak X-ray generator showed increase for the added filter and the tube voltage. The half value layer is increased the thicker the filter and the higher the kVp. The quality of the inverter type and the three phase 12 peak in comparison with the single phase 2 peak X-ray generator is increased.

I. 서 론

X-선상의 화질은 X-선 발생장치의 출력과 선질, 재현성, 직선성 등의 성능에 의하여 크게 좌우된다. 그리고 최근에 보급되고 있는 X-선 장치는 inverter식 장치^{1,2)}가 단상 및 3상장치보다 급속히 증가하고 있는 추세이다.^{3~5)} 따라서 본 연구에서는 X-선 장치의 성능을 유지시키고 우수한 화질관리를 수행할 기초자료를 구하기 위하여 현재 의료기관에서 사용중인 단상전파정류장치에서 관전압, 부가여과관의 종류 및 두께, 조사야, FFD(focus filter distance), 관전류, 조사시간에 따른 반가층을 측정하였다. 그리고 X-선 화상에 미치는 영향 및 피폭선량에 많은 차이가 있는 인자⁶⁾인 관전압과 부가여과관에 대하여 정류방식에 따른 단상전파정류장치, 3상 12펄스정류장치 그리고 inverter식 장치의 반가층과 실효에너지의 선질 특성을 측정 비교하여 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험기기 및 재료

- X-선 발생장치 : 단상전파정류장치(Toshiba, Model TF-6TL-3와 Hitachi, Model U-6CE-55T)

3상 12펄스정류장치(Shimadzu, Model ZS-15)

Inverter식 장치(Shimadzu, Model GSC-70A)

- 선량계: Exposure and exposure rate meter(Capintec, Model 192),

Ion chamber(Model PM-30)

- 부가여과관 : Al filter(RMI, Model 115A)

Cu filter(RMI, Model 116)

- 흡수체 : Al absorber(30 cm × 30 cm × 1 mm Al 10ea)

III. 실험방법 및 결과

1. 단상전파정류장치의 선질 측정

1) 관전압과 부가여과관

관전압과 부가여과관의 변화에 따른 선질을 측정하기 위하여 단상전파정류장치(Toshiba, Model TF-6TL-3)에 있어서 표 1과 같이 조사야 10 × 10cm², FFD 50 cm, 관전류 200 mA, 조사시간 0.2 sec, FDD(focus detector distance) 100 cm에서 관전압 60~100 kVp로 변화시킴과 동시에 부가여과관을 0~6 mm Al로 증가시키며, 국립보건원에서 검·교정한 exposure and exposure rate meter를 사용하여 IAEA 보고서 No. 277⁷⁾의 절차에 따

Table 1. Experiment conditions of single phase 2 peak type to X-ray quality measurements.

Quality measurements	Experiment conditions	Tube voltage (kVp)	Added filter (mm Al)	Field size (cm ²)	FFD (cm)	Tube current (mA)	Exposure time (sec)
Tube voltage		60~100	—	10 × 10	50	200	0.2
Added filter		80	0~6	10 × 10	50	200	0.2
Field size		80	—	5 × 5~30 × 30	50	200	0.1
FFD		80	—	10 × 10	50~95	200	0.1
Tube current		80	—	10 × 10	50	50~300	0.1
Exposure time		80	—	10 × 10	50	200	0.05~0.4

라 흡수체 (Al)의 두께를 변화시키면서 조사선량을 측정 한 후, 그 결과를 최소자승법에 의해 직선으로 fitting하여 그 기울기로부터 선흡수계수를 구하여 $HVL=0.693/\mu$ 의 관계식에서 반가층을 측정하였다.⁸⁾ 그 결과 그림 1 과 같이 관전압 변화에서는 60 kVp보다 100 kVp에서 반가층이 1.46배로 증가하고, 부가여과판 두께가 0 mm Al에서의 반가층보다 6 mm Al에서 약 1.71배로 측정되어 관전압이 증가하고 부가여과판이 두꺼울수록 반가층이 증가하여 선질이 경함을 알 수 있었다.

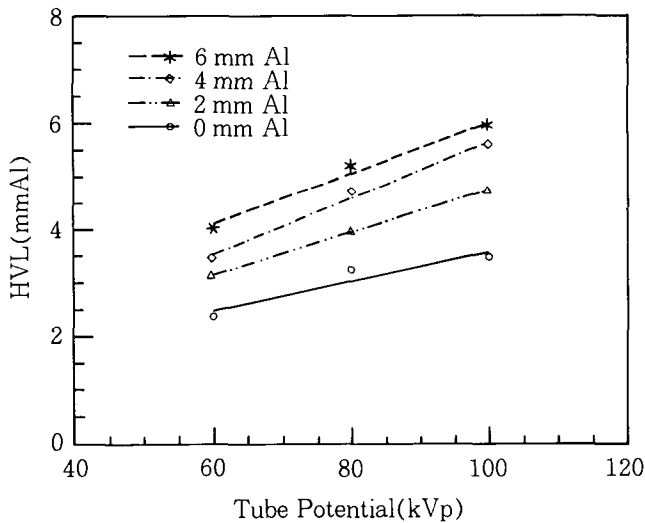


Fig. 1. Comparison of half value layer to tube voltage and added filter.

2) 조사야와 FFD

조사야와 FFD의 변화에 따른 선질을 측정하기 위하여 표 1과 같이 관전압 80 kVp, FFD 50 cm, 관전류 200 mA, 조사시간 0.1 sec에서 조사야 5 × 5~30 × 30 cm²로 변화시키며 조사선량을 측정 한 후 반가층을 구하고, 또한 FFD의 변화에 대한 선질 측정은 동일한

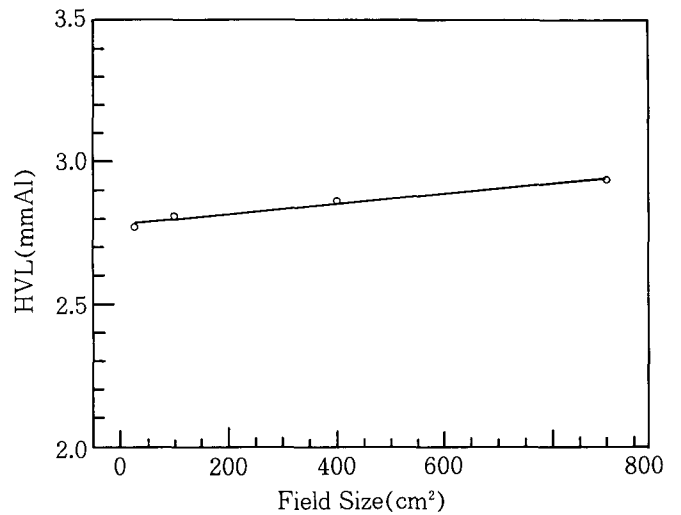


Fig. 2. Comparison of half value layer to field size.

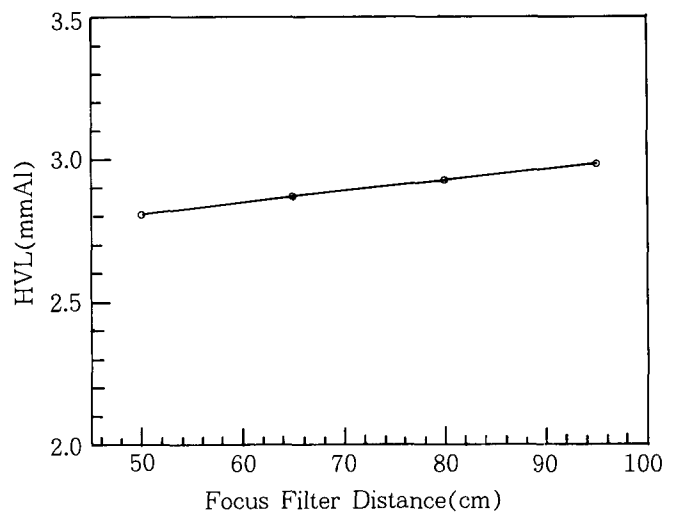


Fig. 3. Comparison of half value layer to FFD.

실험조건에서 조사야 10 × 10 cm²로 하여 FFD를 50~95 cm로 증가시키며 조사선량을 측정 한 후 반가층을 구

하였다. 그 결과는 그림 2, 3과 같이 조사야와 FFD의 증가에 따른 반가층이 각각 1.06배로 다소 증가함을 알 수 있었다.

3) 관전류와 조사시간

관전류와 조사시간의 변화에 따른 선질을 측정하기 위하여 표 1과 같이 관전압 80 kVp, 조사야 10 × 10 cm², FFD 50 cm, 조사시간 0.1 sec에서 관전류 50~300 mA로 변화시키며 조사선량을 측정한 후 반가층을 구하고, 또한 조사시간의 변화에 대한 선질 측정은 동일한 실험조건에서 관전류 200 mA로 하여 조사시간을 0.05~0.4 sec로 증가시키며 조사선량을 측정한 후 반가층을 구하였다. 그 결과는 그림 4, 5와 같이 관전류와 조사시간의 증가에 따른 반가층은 거의 변화가 나타나지 않아 관전류와 조사시간은 선질보다는 선량에 관계함을 알 수 있었다.

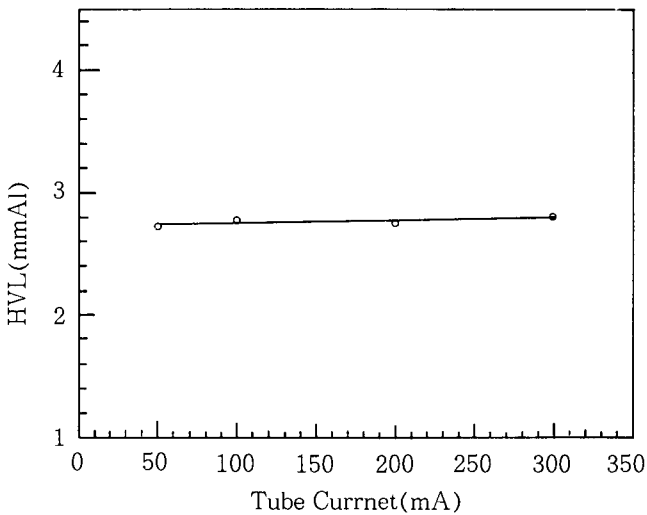


Fig. 4. Comparison of half value layer to tube current.

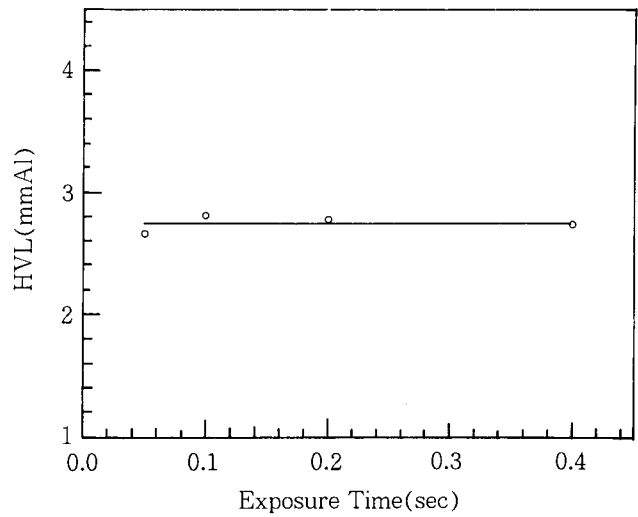


Fig. 5. Comparison of half value layer to exposure time.

2. 정류방식에 따른 선질 측정

정류방식에 따른 X-선 장치의 선질을 측정하기 위한 실험조건은 단상전과정류장치(Hitachi Model U-6CE-55T), 3상 12펄스정류장치(Shimadzu, Model ZS-15), inverter식 장치(Shimadzu, Model GSC-70A)을 이용하여 관전압 60~120 kVp, 관전류 200 mA, 조사시간 0.2 sec, 조사야 10 × 10 cm², FFD 100 cm, 부가여과판 0, 2, 4 mm Al로 하였다. 그리고 각 실험조건에서 exposure and exposure rate meter를 사용하여 Al 흡수체의 두께를 변화시키면서 조사선량을 측정한 후 반가층을 구하였다. 그 결과는 표 2와 같이 관전압이 60~120 kVp로 증가함에 따라 부가여과판이 0 mm Al에서 단상장치는 2.70~4.67 mm Al, 3상장치는 2.94~5.27 mm Al, inverter장치는 2.85~5.01 mm Al로 나타났으며, 부가여과판 2 mm Al에서는 단상장치는 3.26~5.21 mm Al, 3상장치는 3.45~

Table 2. Half value layer for three kinds of X-ray equipments.

kVp	Ad* H**	0			2			4		
		single phase	Three phase	Inverter type	single phase	Three phase	Inverter type	single phase	Three phase	Inverter type
60		2.70	2.94	2.85	3.26	3.45	3.37	3.69	3.91	3.79
80		3.38	3.81	3.63	4.00	4.62	4.31	4.74	5.23	4.87
100		4.00	4.64	4.36	4.71	5.47	5.20	5.54	6.05	5.85
120		4.67	5.27	5.01	5.21	6.42	6.03	6.30	7.42	6.72

Ad* : Added filter(mm Al), H** : Half value layer(mm Al)

Table 3. Effective energy for three kinds of X-ray equipments.

kVp	Ad* E _{eff} **	0			2			4		
		single phase	Three phase	Inverter type	single phase	Three phase	Inverter type	single phase	Three phase	Inverter type
60		31.8	32.8	32.4	34.3	35.1	34.7	36.2	37.1	36.6
80		34.8	36.7	35.9	37.5	40.2	38.9	40.7	42.7	41.3
100		37.5	40.3	39.1	40.6	43.7	42.6	44.0	46.1	45.2
120		40.5	42.9	41.8	42.6	47.5	46.0	47.1	51.8	48.8

E_{eff}* : Effective energy(keV)

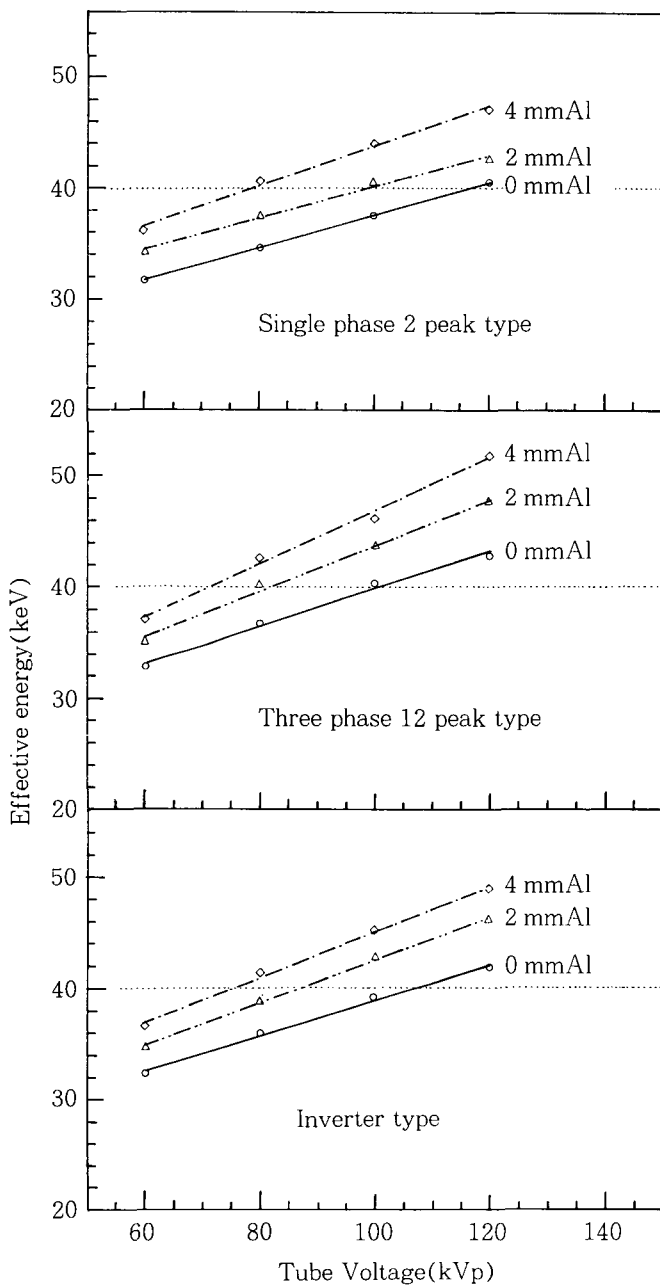


Fig. 6. Effective energy for three kinds of X-ray equipments.

6.42 mm Al, inverter장치는 3.37~6.03 mm Al 그리고 부가여과판 4 mm Al에서는 단상장치 3.69~6.30 mmAl, 3상장치 3.91~7.42 mmAl, in verter장치 3.79~6.72 mmAl으로 나타나 관전압이 증가하고 부가여과판이 두꺼워 질수록 반가층은 증가하였다.

또한 선질은 실효에너지로도 나타낼 수 있기에 반가층으로 부터 실효에너지를 구하기 위해서는 Hubbell⁹⁾의 질량흡수계수표를 이용하여 Al 흡수체에서 X선의 실효에너지에 대한 반가층을 구하여 반가층의 두께에 해당하는 X선의 실효에너지가 명시되어 있지 않으면 내삽법에 의해 결정하여 구하였다. 그 결과는 표 3 및 그림 6과 같이 실효에너지는 관전압이 60~120 kVp로 증가함에 따라 부가여과판이 0 mm Al에서 단상장치는 31.8~40.5 keV, 3상장치는 32.8~42.9 keV, inverter장치는 32.4~41.8 keV로 나타났으며, 부가여과판 2 mm Al에서는 단상장치는 34.3~42.6 keV, 3상장치는 35.1~47.5 keV, inverter장치는 34.7~46.0 keV 그리고 부가여과판 4 mm Al에서는 단상장치 36.2~47.1 keV, 3상장치 37.1~51.8 keV, inverter장치 36.6~48.8 keV로 나타나 부가여과판의 두께가 두꺼울수록 또한 관전압이 증가될수록 실효에너지가 증가되었다. 부가여과판의 두께 0 mm Al에서의 실효에너지보다 4 mm Al에서 단상은 최대 1.17배, 3상은 1.21배, inverter방식 장치는 1.17배로 실효에너지가 증가함을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

단상전과정류장치에 있어서 관전압과 부가여과판의 변화에 따른 선질은 관전압 변화에서는 60 kVp보다 100 kVp에서 반가층이 1.46배로 증가하고, 부가여과판 두께가 0 mm Al에서의 반가층보다 6 mm Al에서 1.71배로 측정되어 관전압이 증가하고 부가여과판이 두꺼울수록 X-선의 장과장을 제거하게 되므로 반가층이 증가하여 선질이 경함을 알 수 있었다. 이는 하¹⁰⁾의 실험결과보다 다소 증가하였으나 전체적인 경향은 일치하고 있다. 따라서 적절한 부가여과판을 사용함으로써 환자의 피폭선량

을 감소시킬 수 있다.¹¹⁾ 그리고 조사야와 FFD의 변화에 대한 선질 측정은 조사야와 FFD의 증가에 따른 반가층이 1.06배로 다소 증가하여 高⁶⁾의 결과와는 유사한 경향을 나타내어 산란광자 및 특성 X-선이 작용하여 반가층이 증가되는 것으로 사료된다. 또한 관전류와 조사시간의 변화에 따른 선질은 관전류와 조사시간의 증가에 따른 반가층은 거의 변화가 나타나지 않아 관전류와 조사시간은 선질보다는 선량에 관계함을 알 수 있었다.

정류방식에 따른 각 장치의 반가층 측정은 단상장치보다 3상과 inverter 장치의 반가층이 증가되었으며, 또한 관전압이 증가하고 부가여과판이 두꺼울수록 반가층이 증가하여 金¹²⁾의 단상장치보다 inverter 장치의 반가층이 0.15 mm Al~0.35 mm Al 정도 크게 나타난 실험결과와 비교하여 다소 증가함을 알 수 있었고, 반가층으로부터 실효에너지를 측정한 결과 역시 단상장치보다 3상과 inverter 장치의 실효에너지가 증가되었으며, 부가여과판의 두께가 두꺼울수록 또한 관전압이 증가될수록 실효에너지가 증가되어 부가여과판의 두께가 0 mm Al에서의 실효에너지보다 4 mm Al에서 단상은 최대 1.17배, 3상은 1.21배, inverter방식 장치는 1.17배로 측정되어 선질이 경해짐을 알 수 있었다. 따라서 inverter식 장치와 3상장치가 단상장치보다 X선의 출력과 성능 등이 우수하고, 실효에너지가 증가되어 X선상의 화질을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

단상전과정류장치에 있어서 관전압과 부가여과판의 두께가 증가할수록 반가층이 증가하여 선질이 경해지고, 조사야와 FFD가 크게 되므로 산란선의 영향으로 선질은 다소 증가하였으며, 또한 관전류와 조사시간 변화에서는 선질의 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 그리고 정류방식에 따른 반가층과 실효에너지는 단상보다 3상과 inverter 장치에서 증가하고, 동일한 장치에서는 관전

압이 증가하고 부가여과판이 두꺼울수록 증가하여 부가여과판의 두께가 0 mm Al보다 4 mm Al에서 단상은 최대 1.17배, 3상은 1.21배, inverter식 장치는 1.17배로 실효에너지가 증가되었다.

참 고 문 헌

1. 박재진 : High Frequency방식 X선 고전압발생장치에 관한 이론 및 실험, 한방기학지, 17(1), 97-109, 1994.
2. 강영태 : High Frequency방식 X선 장치의 특징, 화상연구, 2(3), 15-26, 1994.
3. 허 준 외 : 형광량계를 이용한 X선 발생장치의 관리, 화상연구, 2(2), 48-54, 1994.
4. 勝又 三夫 : インバータ式 X線装置の特性と臨床效果, 4, 循環期検査, 日本放射線技術學會雜誌, 46(12), 1910-1916, 1990.
5. 高橋秀彰 : インバータ式 X線装置の特性と臨床效果, 3, 一般撮影および軟線撮影, 日本放射線技術學會雜誌, 46(12), 1901-1909, 1990.
6. 고신관 : 단상전과정류장치의 성능 및 특성에 관한 연구, 한방기학지, 7(1), 118-119, 1984.
7. IAEA Technical Reports Series No.277, Viena, 1987.
8. 강희동 외 : TLD 방사선 센서 및 관독장치의 개발, 센서기술연구센터, 47-48, 1991.
9. Hubbell, J.H. : "Photon attenuation and energy-absorption coefficients from 1 keV to 20 MeV", Int. J. Appl. Radiat. Isot., 33, 1269-1290, 1982.
10. 하호영 : 진단방사선 영역에서 피폭선량 감소를 위한 기술적 연구, 한방기학지, 15(1), 89-97, 1992.
11. ICRP publication : Radiation protection of the patient in X-ray diagnosis, Pergamon press, 1969.
12. 김학성 외 : Inverter식 X선장치의 성능 실험, 화상연구, 2(3), 27-35, 1994.