

## 진단용 X선장치의 성능 실태 조사연구

호서대학교 대학원 전기공학과

### 선 종 률

— Abstract —

#### A Study on the Test of Efficiency of the Diagnostic X-ray Equipment according to Their Rectifications

Jong Ryul Seon

Dept. of Electrical Engineering Graduate School of Hoseo University.

For the efficient management of the diagnostic x-ray equipment, a nation-wide inspection of hospitals was performed by an inspection institute in Taejon in the first half of 1997.

Among those hospitals inspected, 28 equipments(machines) which were over 500 mA were randomly selected according to their characteristics : 7 condenser type x-ray equipments, 7 three control phase of full wave rectification of type remote control x-ray equipments, 7 single phase of full wave rectification type for general radiography equipments, and 7 single phase of full wave rectification type of R/F equipments. We obtained the following results by conducting the experiment based on the efficiency of the equipments mentioned above.

- 1) When the equipments are analyzed, 2 out of 7 single phase of full wave rectification type of general radiography equipments(28.6%), 3 out of 7 single phase of full wave rectification type of R/F equipments(42.9%), 5 out of 7 three phase of full wave rectification type remote of control x-ray equipments(71.4%), and 4 out of 7 condenser type of x-ray equipments(57.1%) showed suitability. It proves the superiority of the three phase of full wave rectification type of remote control x-ray equipments.
- 2) From the overall analysis, only about 50% of the equipments(suitability of 14 out of 28) maintain the efficient management. Therefore, maintenance management of equipments is more necessary. If the efficiency of the x-ray equipment is uniformly maintained and managed to prevent the breakdown(trouble) beforehand especially through the continuous inspection of tube voltage, tube current, exposure time, and collimator, the financial loss and exposure dose to the patient, as well as the workers engaged in radiation, can be reduced for better medical service.

### I. 서 론

1910년경에 현재 사용하고 있는 열전자 X선관과 변압기식 고전압 장치가 개발되면서 X선 장치는 비약적인 발전을 하게 되었지만 전기적 위험과 방사선 피폭 문제는 크게 대두되었다.<sup>1)</sup> 또한 장치의 발전과 더불어 장비의 급속한 보급으로 인한 품질관리 측면에서 볼 때 방사선으로부터 인류가 의료 혜택을 누리기 위하여는 방

사선으로 인한 피해는 불가피 하다 하겠으나 진단용 X선 장치를 사용함에 있어 효율적 품질관리는 방사선으로부터의 위험을 줄일 수 있으며 양질의 정보를 제공받을 수 있을 것이다.<sup>2)</sup>

이와 같이 품질관리의 필요성으로 인하여 보건복지부에서는 환자 및 방사선 관계 종사자의 방사선 장해 방지와 적정 진료를 위해 1994년 1월7일 의료법에 진단용 방사선 발생 장치의 안전 관리에 관한 근거 규정을 신설하였으며 1995년 1월 6일 보건복지부령 제3호로

진단용 방사선 발생 장치의 안전관리에 관한 규칙을 제정, 시행하기에 이르렀다.<sup>3)</sup>

이에 본 연구는 현재 병의원에서 사용 중인 진단용 X선장치의 성능 검사의 실태 조사를 통해 사용자에게 장치의 특성을 파악하게 하고 유지 관리에 도움이 될 목적으로 연구하였다. 또한 본 연구를 통해 피폭선량경감 및 장치의 결합 등을 미연에 방지하여 보다 질좋은 의료서비스를 제공하고 나아가 의료기관의 경제적 손실 감소에 보탬이 되었으면 한다.

## II. 사용 기기 및 재료

### 1. 진단용 X선 발생 장치

- 1) 단상 전파정류형 일반촬영장치 : 7대(A-1~7)
- 2) 단상 전파정류형 근접조작식 투시촬영장치 : 7대(B-1~7)
- 3) 삼상 전파정류형 원격조작식 투시촬영장치 : 7대(C-1~7)
- 4) 콘덴서식 촬영장치 : 7대(D-1~7)

### 2. 측정 기기

- 1) 외장 누설전류계 : YOKOGAWA, 3226
- 2) 선량계 : RADICAL, 2026
- 3) 관전압·관전류·조사시간 측정기 : Machlett, Dynalyzer III.
- 4) 조도계 : ISI, LX-102

표 1. 외장 누설 전류 조사 결과

[mA]

장치명 \ 장치 NO	1	2	3	4	5	6	7	평균치
A	0.070	0.020	0.020	0.010	0.010	0.001	0.010	0.020
B	0.010	0.010	0.010	0.030	0.050	0.080	0.010	0.030
C	0.050	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005	0.009
D	0.030	0.002	0.010	0.050	0.020	0.050	0.010	0.020

표 2. 재현성 조사 결과

(변동계수, CV)

장치명 \ 장치 NO	1	2	3	4	5	6	7
A	0.020	0.004	0.019	0.037	0.047	0.020	0.090
B	0.029	0.030	0.010	0.005	0.004	0.005	0.070
C	0.003	0.008	0.007	0.005	0.003	0.003	0.006
D	0.010	0.010	0.009	0.005	0.005	0.003	0.005

## III. 조사 항목

1. 외장 누설전류 조사
2. 발생장치의 재현성 조사
3. 관전압 및 관전류 조사
4. 조사야 조절기구 조도 조사
5. X선 조사야와 광조사야 차이 조사
6. 조사시간 조사

## IV. 조사결과

### 1. 외장누설 전류 조사 결과

외장 누설 전류의 규정치는 거치식인 경우 접지 상태에서 0.1 mA 이하이어야 하며 거치식 이외의 장치는 접지 선을 뗀 상태에서 0.5 mA 이하로 규정<sup>4)</sup>하고 있는데 전체적으로 볼 때 28대 장비 모두가 규정치 범위를 나타냈으며 특히, C 장치와 같은 경우는 7대의 평균치가 0.009 mA로 매우 우수함을 보여주고 있다.

### 2. 재현성 조사결과

조사선량 재현성의 규정치는 변동 계수 0.05 이하로 규정<sup>5)</sup>하고 있는데 전체적으로 볼 때 28대 중에서 2대 (A-7, B-7)가 규정치 이상으로 나타났으며, A-7 장치의 변동 계수 0.09는 80 kV, 100 mA, 0.05 sec에서 나타났으며 70 kV, 300 mA, 0.05 sec에서는 0.001을 나타냈다.

또한 B-7 장치는 70 kV, 100 mA, 0.2 sec에서 0.070의 변동 계수를 보여주고 있으며 60 kV, 200 mA, 0.2 sec에서는 0.008을 나타내었다.

### 3. 관전압 조사 결과

관전압의 규정치는 백분율 평균 오차로 나타내는데 변압기식의 경우  $\pm 7\%$  이하로 규정하고 있으며 콘덴서식은  $\pm 5\%$  이하로 규정<sup>4)</sup>하고 있는데 관전압 조사 결과 장치 28대 중 12대가 규정치를 벗어난 결과치를 보여 주고 있다. A 장치는 7대 중 5대가 규정치를 벗어났으며, B장치는 7대 중 3대, C장치는 1대, D장치는 3대가 규정치를 벗어났다.

또한 A-6의 장치는 무려  $-32.0\%$ 로 90 kV, 300 mA, 0.1 sec의 조건에서 60.6 kV를 보여 약  $-30\%$  정도의 큰 오차를 나타냈으며 70 kV, 150 mA, 0.1 sec에서는 64.7 kV로  $-7.58\%$ , 70 kV, 50 mA, 0.1 sec에서는 68.75 kV로  $-1.785\%$ 를 나타냈다. D장치에서도 D-2장치와 같은 경우는 70 kV, 40 mAs에서 58.0 kV로  $-12\%$  정도의 오차로서 백분율 평균 오차는  $-17.0\%$ 로 나타났으며 전체적으로 볼 때 C장치가 가장 우수하게 나타났다.

관전류 조사 결과는 표 4와 같다.

관전류의 허용 범위는 단시간 정격은  $\pm 10\%$  이하 장시간 정격은  $\pm 0.1\text{ mA}$ 으로 규정<sup>5)</sup>하고 있는데 21대 장치 중 11대가 허용범위를 벗어났으며, 특히 A장치와 같

은 경우는 7대 중 무려 5대가 부정확함을 보였다.

A장치에서 가장 큰 오차를 나타낸 A-6장치는 125 kV, 50 mA, 0.1 sec에서 85 mA을 보여  $+70\%$  오차를 나타냈으나, 100 kV, 50 mA 0.1 sec에서는 76 mA로  $+52\%$ , 70 kV, 50 mA 0.1 sec에서는 62 mA로  $+24\%$ 를 나타냈다.

B장치에서 가장 큰 오차를 나타낸 B-7 장치는 80 kV, 150 mA, 0.1 sec에서 265 mA을 나타내  $+76.6\%$ 의 오차를 보였다.

C장치에서 가장 큰 오차를 나타낸 C-2장치는 70 kV, 20 mA, 0.1 sec에서 7.99 mA을 보여  $+60.1\%$ 의 오차를 나타냈으며 100 kV에서는 3.69 mA을 보여  $-81.5\%$ 의 오차를 나타냈다.

### 4. 조도 조사 결과

조도의 규정치는 SID 1 m에서 160 lux 이상으로 규정<sup>5)</sup>되어 있는데, 조사결과 전체 28대 중에서 11대가 규정치를 벗어났으며, 최소치로는 A-5장치와 같은 경우는 16 lux를 나타내 규정치 160 lux의 1/10 정도로 나타났다.

표 3. 관전압 조사 결과(백분율 평균 오차)

[ % ]

장치명 \ 장치NO	1	2	3	4	5	6	7
A	4.60	-5.30	-17.00	-23.40	-10.20	-32.60	-19.00
B	-8.02	-16.70	6.70	-5.90	5.50	5.70	-7.20
C	5.80	7.50	-3.70	4.30	6.70	-5.80	1.70
D	-13.90	-17.00	3.90	3.30	-50	6.20	4.30

표 4. 관전류 조사결과(백분율 평균 오차)

( % )

장치명 \ 장치NO	1	2	3	4	5	6	7
A	8.1	6.4	-35.0	63.0	-50.0	70.0	57.3
B	30.0	36.9	55.0	7.7	-7.4	6.7	76.6
C	7.1	-81.5	-5.6	12.8	-6.1	7.7	-4.3

표 5. 조도 조사 결과(평균치)

(lux)

장치명 \ 장치NO	1	2	3	4	5	6	7
A	166	168	125	185	16	26	50
B	25	240	96	167	168	165	148
C	173	86	172	165	165	163	164
D	200	35	186	165	167	165	167

표 6. X선조사야와 광조사야 차이 조사 결과

(%)

장치명 \ 장치NO	1	2	3	4	5	6	7
A	0.4	0.5	1.2	1.3	1.2	0.5	0.5
B	1.0	0.5	1.2	0.4	0.4	1.0	3.0
C	1.0	2.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
D	측정불가	측정불가	1.0	0.5	0.7	1.0	1.0

표 7. 조사시간 조사결과(백분율 평균 오차)

(%)

장치명 \ 장치NO	1	2	3	4	5	6	7
A	-33.0	-1.0	-26.0	-30.0	-23.0	15.0	-62.6
B	-3.6	-69.0	-58.0	1.3	-1.0	-2.2	-82.0
C	0	16.0	-4.1	0	0	0	0

## 5. X선조사야와 광조사야 차이 조사 결과

## V. 고찰

X선조사야와 광조사야 차이의 기준치는  $\pm 2\%$ 이라고 규정<sup>4)</sup>하고 있는데 전체 28대 중 4대가 기준치를 벗어났으며 특히, D장치와 같은 경우는 2대가 조사 불가능 할 정도의 상태이었으며 C-2장치는  $\pm 2.0$ 기준치에서 0.5 정도의 오차를 보였으나 그 외 장치는 모두 적당한 결과치를 보였으며 A장치는 7대 모두가 기준치에 적합한 조사치로 나타났다.

## 6. 조사시간 조사결과

타이머 오차의 규정치는 단상 장치와 다상장치의 규정치로 구분되는데 단상장치의 규정치는  $T < 10$ 펄스에서  $\pm 0$ 펄스이며 10펄스  $\leq T$ 일 때는  $\pm 10\%$ 이하로 규정되며 다상장치는  $T < 0.01$ 초 일때  $-1.5$  msec에서 3 msec이며  $0.01\text{초} \leq T < 0.1$ 초 일때는  $\pm 20\%$  이하이며  $0.01\text{초} \leq T$  일때는  $\pm 10\%$  이하로 규정되어 있는데 21대 장치중 8 대의 장치가 부적합 판정을 나타냈으며 가장 큰 오차를 보인 장치는 B장치로서 B-7장치는 최대 오차가 -82 %로서 60 kV, 100 mA, 0.02 sec 기준에서 0.0036 sec의 측정치가 나타났으며 0.05 sec에서는 0.0405 sec, 1.0 sec에서는 1.001 sec로  $+0.1\%$ 의 오차를 나타냈다.

A-7장치에서도 최대 오차가 -62.6%의 큰 오차를 나타냈는데 측정 조건은 70 kV, 250 mA, 0.0083 sec(최단 시간)에서 0.0031 sec의 오차를 보였으며, 0.05 sec에서 0.0478 sec로  $-4.4\%$ , 1.0 sec에서는 0.9604 sec로  $-3.96\%$ 를 보였다.

그러나 C장치는 7대 모두가 적당한 결과치를 나타냈다.

X선 장치의 구성은 고전압발생 장치, X선제어 장치, X선관장치, 조사야제 한기구, X선 기계장치 그리고 영상 장치로 나누어지며, 이 단위기기들에 대한 각각의 특성이 합성되어 1개의 X선 장치에 대한 종합적인 성능으로 표시되고 있다.<sup>5)</sup>

이와 같이 X선 장치의 성능을 유지 관리하기 위해 보건복지부에서는 의료 기관에서 설치 사용하는 진단용 방사선 발생 장치는 필히 사전 검사를 받아 설치되어야 하며 설치 후에는 정기적으로 검사를 받도록 의무화한 사후 검사 제도를 시행하게 되었다.<sup>6)</sup>

또한 보건복지부에서는 진단용 방사선 발생 장치의 검사 기준도 진단용 방사선 발생 장치의 안전관리에 관한 규칙<sup>4)</sup>에서 정하고 있다.

그 검사 기준 중에서 본 조사와 관계된 조사 항목중 외장 누설 전류 조사는 조사치가 0.001 mA에서 0.080 mA 까지 나타나 전체적으로 적절한 결과치를 나타내어 전기적으로 안전한 것으로 나타났다.

또한 발생장치의 재현성 조사는 진단용 방사선 발생 장치의 성능 및 신뢰성을 평가하는 것으로서 조사선량에 대한 변동 계수는 0.05 이하이어야 하는데 본 조사에서 나타낸 결과로는 대체적으로 안정함을 보여주고 있는데 A-7장치가 0.090, B-7장치가 0.070으로 2대의 장치만 0.05의 기준치를 초과하고 있다.

X선 관전압은 X선 사진 효과에 대해서 X선 조사 조건 중 가장 큰 인자로 고려되고 있기 때문에 관전압의 부정확한 지시치는 재촬영 빈도를 증가시킴으로서 X선 촬영의 장애 요인이 된다.<sup>7)</sup>

따라서 관전압 조사결과 상당수의 발생장치가 관전압 오차  $\pm 7\%$ 를 벗어나 관전압치를 부정확하게 사용하고

있는 것으로 나타났으며 저관전압보다 고관전압에서 오차가 다소 커지고 있었으며 삼상 전파정류형 원격조작식 활영장치는 C-2 장치만 7.50%로 오차범위를 벗어났다.

또한 관전류 역시 사진 효과에 크게 좌우되는 요소로서 정확성이 요구되는데 본 조사결과 관전압 실험과 마찬가지로 상당수의 장치가 관전류의 허용 오차 즉 단시간 정격에 있어서는 백분율 평균 오차가 지시치에 대하여  $\pm 10\%$ 이내, 장시간 정격에 대하여는 지시치에 대하여  $\pm 0.1 \text{ mA}$  이내의 범위에서 벗어 나는 결과치가 나타났다. 또한 관전압이 상승할수록 관전류의 오차가 증가됨을 알 수 있었으며 조사 오차가  $-81.5\%$ 를 나타내는 장치도 나타나 재조정이 필요하였다. 조사야 조절기구의 평균 조도 규정치는 SID 1 m에서 160 lux 이상으로 규정하고 있는데 조사결과 최저 16 lux에서 최고 240 lux 까지 결과치가 나타났으며 28대 중 11대가 허용오차 범위를 벗어나 조사야 조절램프의 교체 및 관리가 요구되었다.

X선조사야와 광조사야 차이 조사에서 규정치는  $\pm 2\%$  이내 이어야 하는데 A장치만이 0.4%에서 1.2%까지의 결과로 규정치 이내였으며 B장치에서 B-7장치는 3.0 %, 1대, C장치에서 C-2장치는 2.5%를 나타내 규정치를 넘었으며, D장치의 D-1, D-2 장치는 조사야 조절기구의 고장으로 측정이 불가능하였다.

진단용 X선이 인공방사선에 의한 집단피폭선량에 대한 기여 중에서 가장 큰 요인이 된다는 것이 실제로 확인되어 적절한 조사방법과 그 대책을 세우면 임상적 효과를 증가시키며 피폭선량을 경감시킬 수 있는 것으로 보고 되고 있다.<sup>8,9)</sup> 조사야조절기구의 조도와 광조사야 일치는 활영과 조사야 제한에 따른 피폭 선량 경감 등에 중요한 역할을 하므로 지속적인 유지 관리가 필요하다.

X선 활영에 있어서 관전압, 관전류와 조사시간의 정확도는 필수 불가결한 인자라 할 수 있다. X선 조사를 일정한 시간으로 제한하여 적정한 사진 농도를 얻을 목적으로 사용되어지는 타이머는 정확해야 하고 재현성이 좋아야 하며 위상 제어 기구를 갖추어 사진 효과와 피폭 관리에 적절해야 할 것이다.<sup>10)</sup>

따라서 본 조사 결과 A장치가 7대 중 5대, B장치는 7대 중 3대가 허용범위를 벗어났으며, C장치는 전체적으로 정확하였다.

특히, B-7장치는 0.02 sec기준에서 0.0036 sec로  $-82\%$ 의 상당히 큰 오차를 나타냈으나 조사시간이 길어질수록 오차는 적어져 기준치에 적합하였으며 단 시간에서 오차가 증가함을 알 수 있었다. 그리고 C장치에서는 거의 0%의 오차를 보여주므로써 삼상정류장치가 조사시간이 정확하였다.

## V. 결 론

진단용 X선장치의 성능 관리를 위하여 대전 시내 한 검사 측정 기관에 1997년 전반기에 검사 의뢰된 병의원 중 500 mA 이상 장치 28대를 장치별 특성에 따라 단상 전파정류형 일반활영장치 7대, 단상 전파정류형 근접조작식 투시활영장치 7대, 삼상 전파정류형 원격조작식 투시활영장치 7대, 콘덴서장치 7대를 무작위로 선정 하여 성능을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 외장 누설 전류 측정에서는 28대 장치 중 28대 모두가 허용오차의 범위였다.
- 2) 발생장치의 재현성 조사에서는 28대 장치 중 26대 가 허용오차범위였으며, 삼상 전파정류형 원격조작식 투시활영장치와 콘덴서식장치는 모두 기준에 적합하였다.
- 3) 관전압, 관전류 조사에서는 동일하게 21대 장치 중 10대가 허용오차범위로 47.6 %의 장치만이 정확성을 인정받았다.
- 4) 조도 조사에서는 28대의 장치 중 17대로 61% 장치 가 허용오차범위 이내로 인정받았으며, X-선조사야와 광조사야 차이 조사에서는 28대 중 4대 장치를 제외한 24대가 허용오차범위 이내로 나타났다.
- 5) 조사시간조사에서는 콘덴서 장치를 제외한 21대의 장치의 조사 결과 13대 장치, 즉 61%만이 정확성을 인정받았으며, 특히 삼상 전파정류형 원격조작식 투시활영장치는 모두 0%의 오차를 나타내 우수성을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. Saxton, H, M : Seventy-six years of British radiology, Brit. J. Radiol, 46, 872-884, 1973.
2. 안상환, 이승윤 : 진단용 X선 장치에 관한 조사연구, 대한 방사선협회지, 제 14권 제1호, 173-174, 1981.
3. 백규흔 : 진단용 방사선 안전관리, 대학서림, 10, 1996.
4. 보건 복지부 : 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙, 보건 복지부령 제3호.
5. 경광현 : 진단용 X선장치에 있어서 성능측정의 실체, 대한방사선기술학회지, 제8권 제1호, 87-105, 1985.
6. 이해룡 : 진단용 방사선의 안전관리, 39-52, 1995.
7. 허 준 : 방사선 화상기술학 실험실습, 대학서림, 19-31, 1994.
8. ICRP publication 16 : Protection of the patient in X-ray diagnosis, 1969.
9. B.E. Keane and K.B. Tibonov : Manual on radiation protection in hospital and general practice X-ray diagnosis, Vol. 3, 1975.
10. 김영일 : 진료영상기기 QC, 대학서림, 162-167, 1996.