

X선 진단장치의 고압정류방식이 대조도 향상에 미치는 영향 - Effects of Contrast Improvement on High Voltage Rectification Type of X-ray Diagnostic Apparatus -

동남보건대학교 방사선과 · 순천향대학교부천병원 영상의학과¹⁾

이후민 · 윤 준 · 김현주¹⁾

— 국문초록 —

본 연구는 X선 진단장치의 고압정류방식이 그리드 성능을 측정하는 선택도(selectivity)와 대조도 향상능력(contrast improvement ability : K factor)에 미치는 영향을 분석하고자 산란선 함유율을 측정하였다. 정류방식이 서로 다른 X선발생장치를 대상으로 각 장치의 관전압과, 관전류를 측정하여 출력선량의 정확도를 측정 및 교정한 후 각 장치별 노출조건을 동일하게 설정하고 형광광계를 이용하여 아크릴을 투과한 X선의 산란선 함유율을 측정하였다.

Grid 미사용 시 피사체를 투과한 X선의 산란선 함유율 측정 결과는 단상정류방식장치에서 가장 낮은 함유율(34.158%)이 측정되었고, 인버터 정류방식(37.043%)과 삼상24피크 정류방식(37.447%)은 산란선 함유율이 증가하였다. 각 장치들의 산란선 함유율 차이는 최저 0.404%에서 최고 3.289%의 차이를 보였다.

8:1 Grid 사용 시 피사체를 투과한 X선의 산란선 함유율을 측정한 결과는 단상정류방식장치에서 가장 낮은 함유율(18.258%)로 측정되었고, 인버터정류방식(25.502%)과 삼상24피크정류방식에서 산란선 함유율(24.217%)이 증가하였다. 그리드 선택도에 따라 단상정류방식과 정전압(인버터와 삼상24피크)정류방식에서 산란선함유율의 차이는 최저 1.285%에서 최고 7.244%의 차이를 보였다. 통계분석 결과 단상정류방식 및 정전압정류방식에서 대조도 향상계수(K factor)에서도 유의한 차이를 보였다.

결론적으로 그리드 선택도와 대조도 향상계수는 정전압정류방식보다는 단상전파방식에서 모두 증가하여 그리드의 사용으로 선택도 향상과 대조도의 개선효과가 증가함을 알 수 있었다.

중심 단어: 고압정류방식, 그리드, 산란선 함유율, 선택도, 대조도 향상능력

I. 서 론

X선 시스템은 비침습적인 인체 검사방법으로 인체 내

부를 조영할 수 있어 의료기관에서 질병 진단 시 보편적으로 활용하고 있으며¹⁾ 첨단기술의 발전에 힘입어 더욱 편리하고 정밀한 사용이 가능하도록 개발되어 왔다²⁻⁴⁾ 특히 X선 발생에 사용되는 X선관은 음극에서 방출된 열전자를 양극 Target에 고속으로 충돌시켜 제동복사에 의해 X선을 발생시키는데 이때 고성능의 고전압 발생장치를 필요로 한다. 또한 X선은 생체에 조사하여 진단적 정보를 제공함과 동시에 방사선이 생체에 흡수되어 조직과의 상호작용을 통한 광전효과 및 콤프턴효과 등에 의해 장애를 수반한다. 따라서 국제방사선방어위원회(International

* 접수일(2014년 8월 6일), 1차 심사일(2014년 8월 12일), 확정일(2014년 9월 16일)

* 본 연구는 2010년도 동남보건대학 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

교신저자: 이후민, (440-714) 경기도 수원시 장안구 천천로 74번길 50
동남보건대학 방사선과
TEL : 031-249-6402, FAX : 031-249-6400
E-mail : hmlee@dongnam.ac.kr

Commission on Radiological Protection : ICRP)에서는 인체에 대한 방사선 노출 허용 기준량을 엄격히 제한하고 있으며 X선 진단장치의 사용에 있어 안정성과 최적성 및 피폭의 최소화가 필수적이다. 이러한 안전성의 확보를 위해서는 산란선 발생을 최소화해야 하며 단위시간당 선량을 높이며 노출시간이 짧아야한다.

진단용 X선장치의 경우 선원에서 방사된 X선속 중 피사체와의 상호작용으로 인하여 본래의 선속에서 변화된 방향으로 진행되는 산란선은 화질의 저하와 함께 환자나 종사자의 방사선 피폭에 영향을 주게 된다. 이 산란선은 X선의 선질과 선량에 따라 그 정도가 다양하게 나타나며 X선발생장치의 고압정류방식에 따라 열전자에 가해지는 고속도 운동에너지의 형태가 다르기 때문에 X선의 질과 양이 시간적으로 달라지게 된다⁵⁾. 그렇게 되면 장치의 고압정류방식에 따라 산란선 함유율도 차이가 발생할 것이다. 이러한 이론을 바탕으로 X선 장치의 고압정류방식에 따라 발생된 X선속이 피사체를 통과 후 발생한 투과X선의 산란선 함유율차이를 알아보고 X선 진단장치의 고압정류방식이 대조도 향상에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 장치 및 재료

실험을 위한 장비로는 단상정류방식(DXG-550, DONG-A, Korea), 삼상24피크정류방식(GX-650H, DONG-KANG, Korea), 인버터정류방식(CXD-R155, CHOONG-WAE, Korea), 총 3종의 장비를 이용하였으며 각각의 장치에 실제 관전압 측정을 위해 digital kVp Meter (Model-230)를 연결하였고 digital mAs meter를 연결한 고압변압기 2차 측 중심점에 digital mAs Meter (Model-074-87)를 연결한 후 실제 관전류를 측정하였다.

또한, 산란선 함유율을 측정하기 위해 fluorometer (EY-1002D, TORE, Japan)를 이용하여 측정하였으며 산란선 함유율 측정 시 면적 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 의 Arcyl phantom (total thickness : 15 cm)을 그리드 위에 스티로폼을 지지한 후 올려놓고 측정하였다. 투과X선의 산란선 강도의 측정을 위하여 아크릴 흡수체 위에 자체 제작한 Pb disc(diameter : 1.5 cm, thickness : 3 mm)를 형광량계 검출기와 동일한 위치에 오도록 올려놓은 후 측정 하였다. 실험에 적용한 그리드는 모두 동일한 그리드를 사용하였으며 8:1비율의 그리드를 이용하였으며 통계분석은 통계 소프트웨어(SPSS 18.0 for Windows: SPSS, Chicago, IL)를 이용하였다.

2. 관전압 및 관전류량의 정확도 측정

실험을 위해 사용한 단상정류방식, 삼상24피크정류방식, 인버터정류방식의 관전압의 크기와 관전류량의 정확성을 알아보기 위하여 다음과 같이 실험조건을 모든 장치에 동일하게 적용하였다. 우선 노출조건으로 관전압 80 kVp, 관전류100 mA, 노출시간 0.20 sec로 설정하였으며 조사야는 $5 \times 5 \text{ cm}^2$, 2.2 mmAl의 총여과 그리고 초점 검출기간의 거리를 100 cm로 설정하였고 관전압 및 관전류량 정확도 측정실험에 적용하였다.

1) 관전압의 정확도 측정

관전압의 크기 측정은 비접촉식 디지털 관전압 측정기(digital kVp meter)를 이용하여 설정된 관전압과 실제 관전압의 크기가 일정한지 측정하였으며(Fig.1-A) 3가지 장치 모두 노출조건으로 5회 X선 조사 후 백분율오차를 식(1) 계산하여 보건복지가족부령에 따른 진단용 방사선 발생장치의 검사기준으로 평균값을 산출하여 설정된 관전압 크기와 실제 측정된 관전압 크기가 오차범위(관전압 $\pm 10\%$) 내에서 차이가 있는지 확인해 보았다.

$$\text{백분율오차(PAE)} = \frac{\text{설정치} - \bar{X}}{X} \times 100 (\%) \dots\dots (1)$$

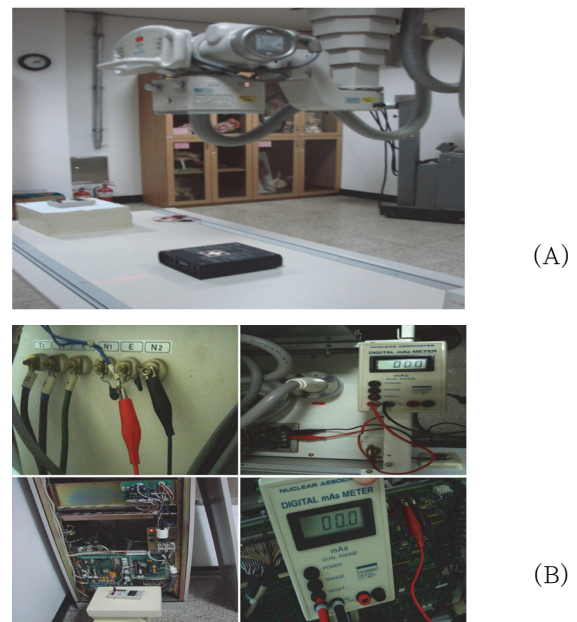


Fig. 1. A) Tube voltage B) Tube current fluence accuracy measurement



Fig. 2. A) Scattered ray containing ratio experiment of rectification type B) To use Pb disc, 'Is' fluorescence intensity measurement

2) 관전류량의 정확도 측정

관전류량 측정을 위하여 3종의 장치 모두 고압변압기 2차측 중성점에 디지털 관전류계(digital mAs meter)를 연결한 후 설정된 관전류량과 실제 관전류량에 차이가 없는지 측정하였다(Fig. 1-B). 관전류값 역시 백분율오차를 식(1) 계산하여 보건복지가족부령에 따른 진단용 방사선 발생장치의 검사기준을 토대로 오차범위(관전류량 $\pm 15\%$) 내에서 차이가 있는지 확인해 보았다.

3. Grid 사용 유, 무에 따른 산란선 함유율 측정

grid 사용 유, 무에 따라 산란선 함유율을 측정하기 위하여 촬영대 위에 형광선량계 검출기를 올려두고 그 위에 3cm 높이를 두고 15cm의 아크릴 팬텀을 올려놓은 후 아크릴 흡수체 아래 형광선량계 검출기의 중앙과 선속의 중앙이 일치하도록 형광선량계 검출기를 위치시켰다. 그 후 X선을 30초 간격을 두고 10회 조사하여 일차투과 X선과 산란선의 강도를 형광량계로 측정하였다. 그리고 아크릴 흡수체 위에 자체 제작한 Pb disc를 형광량계 검출기와 동일한 위치에 오도록 올려둔 후 투과X선의 산란선 강도를 측정하였다(Fig. 2). 산란선 함유율은 아래와 같은 식(2)을 적용하였고 투과1차선과 산란선의 비율을 이용하여 그리드의 선택도는 식(3)으로 계산하여 기록하였다.

$$\text{산란선 함유율(\%)} = \frac{I_s}{I_s + I_p} \times 100(\%) \dots\dots\dots (2)$$

I_s : 투과 X선의 산란선 강도

$I_p + I_s$: 투과 X선의 일차선 + 산란선 강도

$$\text{그리드선택도} = \frac{\text{투과1차선의 비율}}{\text{투과산란선의 비율}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{대조도향상계수 } K = \frac{\text{그리드가있을때의대조도}}{\text{그리드가없을때의대조도}} \dots\dots\dots (4)$$

1) Grid 사용 시 산란선 함유율 측정

grid 사용 시 산란선 함유율을 측정하기 위하여 위에서 설명한 실험 방법을 적용하였으며 그리드는 8:1비율의 그리드를 이용하였고 측정된 형광량 값을 이용하여 산란선 함유율을 비교하여 보았다.

2) Grid 미사용 시 산란선 함유율 측정

grid 미사용 시 산란선 함유율을 측정하기 위하여 위에서 설명한 실험 방법을 적용하였으며 측정된 형광량 값을 이용하여 산란선 함유율을 비교하여 보았다.

3) 장치별 Grid 사용 유, 무에 따른 산란선 함유율 비교 분석

Non-grid와 grid를 사용하여 실험한 단상정류방식 장치, 삼상24피크 정류방식 장치, 인버터 정류방식 장치의 산란선 함유율 측정결과를 토대로 grid사용 유무에 따른 산란선 함유율을 비교 분석하였다.

Table 1 Tube voltage accuracy measurement result

Rectification type	kVp					\bar{X}	PAE(%)
	n=1	2	3	4	5		
Single phase type	79.5	79.4	79.5	79.7	78.1	79.24	0.95
Three phase type	80.1	79.8	79.4	80.1	80.1	79.9	0.13
Inverter type	80.3	80.3	80.3	80.2	80.3	80.28	0.35

Table 2 Tube current accuracy measurement result

Rectification type	mAs					\bar{X}	PAE(%)
	n=1	2	3	4	5		
Single phase type	20.8	20.6	20.5	20.6	20.5	20.6	-2.9
Three phase type	20.7	20.8	20.8	20.9	21.0	20.84	-4.2
Inverter type	20.3	20.2	20.3	20.3	20.1	20.24	-1.2

Table 3 To use grid, scattered-ray content ratio(SCR) measurement results

Rectification type	intensity	mean	SCR(%)	type	p-value
Single phase	Is	0.65	18.258	Single/Three	0.005
	Ip+Is	3.56			
Three phase	Is	3.79	24.217	Single/Inverter	0.006
	Ip+Is	15.65			
Inverter	Is	2.03	25.502	Three/Inverter	0.000
	Ip+Is	7.96			

III. 결 과

1. 관전압 및 관전류량의 정확도 측정

1) 관전압 크기의 정확도 측정

비접촉식 디지털 관전압 측정기(digital kVp meter)를 이용하여 설정된 관전압과 실제 관전압의 크기가 일정한지 여부를 백분율 오차를 계산하여 진단용 방사선 발생 장치의 검사기준을 토대로 확인한 결과 3가지 장치 모두 오차범위 내(관전압 $\pm 10\%$)에서 측정되어 모두 정확한 선량을 발생시키는 장치임을 확인하였다(Table 1).

2) 관전류량의 정확도 측정

디지털 관전류계(digital mAs meter)를 연결한 후 설정된 관전류량과 실제 관전류량에 차이가 없는지 측정하였다. 3가지 장치 모두 진단용 방사선 발생 장치의 검사기준 오차범위(관전류량 $\pm 15\%$)에서 측정되어 모두 정확한 선량을 발생시키는 장치임을 확인하였다(Table 2).

2. Grid 사용 유, 무에 따른 산란선 함유율 측정

1) Grid 사용 시 산란선 함유율 측정

8:1 Grid 사용시 피사체를 투과한 X선의 산란선 함유율을 측정된 결과 단상정류방식장치에서 가장 낮은 함유율을 보이며, 인버터정류방식, 삼상24피크정류방식으로 산란선 함유율이 증가하였다. 각 장치들의 산란선 함유율 차이는 최저 1.285%에서 최고 7.244% 정도의 차이를 보였으며 각 장치별 비교를 위한 통계분석결과 모든 장치에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다($p < 0.05$)(Table 3).

2) Grid 미사용 시 산란선 함유율 측정

grid 미사용 시 피사체를 투과한 X선의 산란선 함유율은 측정결과 단상정류방식장치에서 가장 낮은 함유율을 보이며, 인버터정류방식과 삼상24피크정류방식에서 산란선 함유율이 증가하였다. 각 장치들의 산란선 함유율 차이는 최저 0.404%에서 최고 3.289% 정도의 차이를 보였

Table 4 Not to use grid, scattered-ray content ratio(SCR) measurement results

Rectification type	intensity	mean	SCR(%)	type	p-value
Single phase	I_0	458.4	34.158	Single/Three	0.005
	I_s	4.499			
	I_{p+I_s}	13.171			
Three phase	I_0	927.7	37.447	Single/Inverter	0.006
	I_s	11.208			
	I_{p+I_s}	29.93			
Inverter	I_0	614.7	37.043	Three/Inverter	0.000
	I_s	7.916			
	I_{p+I_s}	21.37			

* I_0 : Before transmitting with the subject, the X-ray fluorescence intensity

으며 각 장치별 비교를 위한 통계분석결과 모든 장치에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다($p < 0.05$)(Table 4).

3) 장치별 Grid 사용 유, 무에 따른 산란선 함유율 비교 분석

grid사용 유무에 따른 단상정류방식 장치, 삼상24피크 정류방식 장치, 인버터 정류방식 장치의 산란선 함유율을 비교 분석한 결과 단상정류방식 장치에서는 grid사용 시 산란선 함유율이 15.9% 감소하였으며(Fig. 3) 삼상24피크 정류방식 장치에서는 grid사용 시 산란선 함유율이 13.23% 감소하였고(Fig. 4) 인버터 정류방식 장치 grid사용 시 산란선 함유율이 11.54% 감소하였다(Fig. 5).

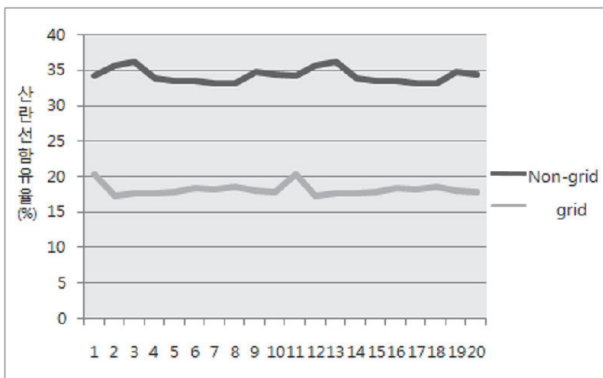


Fig. 3. Scattered-ray content ratio(%) of single phase full wave

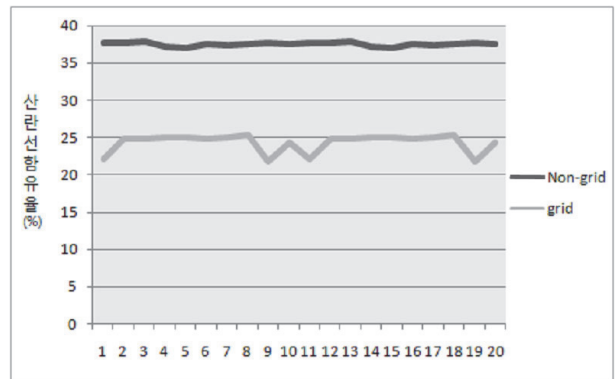


Fig. 4. Scattered-ray content ratio(%) of three phase 24peak

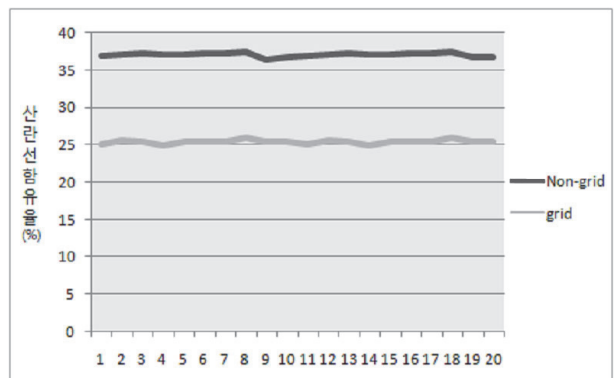


Fig. 5. Scattered-ray Content Ratio(%) of Inverter type

IV. 고찰 및 결론

X선은 물리학자 Röntgen 선생이 발견한 이후 새로운 빛으로 주목받기 시작하였고 의료기관뿐만 아니라 산업분야에서 사용되고 있으며 특히 물질의 분석, 두께, 밀도 그리고 연대측정 등 산업전반에 사용되고 있다⁶⁻⁷⁾.

특히 의료용 X선 기기는 비 침습적인 방법으로 인체골격의 관측이 가능하여 진단 의료기기의 핵심에 자리잡고 있다. 이러한 첨단의료장비도 정확한 성능평가를 통해 장비의 성능을 파악하고 적용해야 활용도가 높으며 진단에 있어 오류도 줄일 수 있을 것이다. 본 연구에서 저자는 X선이 음극에서 가열되어 전자를 방출하여 양극의 타겟과 충돌하여 발생된 X선속이 피사체를 투과 후 투과X선의 산란선 함유율을 장치의 정류방식에 따라 그리드 사용유무를 기준으로 평가를 하였다.

산란선이라 함은 X선이 물체를 통과할 때, 입사한 X선과 방향이 다른 2차 X-선으로 양질의 X선 영상을 형성하는데 있어 영상의 화질을 저해하는 원인으로 제거되어야 하며 이를 위해 부가적으로 grid, cone, air-gap technique 등 다양한 방법을 이용하고 있다.

본 연구에서 피사체를 투과하지 않은 일차선 형광량을 비교해본 결과 단상정류방식이 가장 낮은 값으로 측정되었고, 콘텐서방전방식, 삼상24피크방식 순으로 형광량이 증가 하였다. 이는 정류방식에 따라 같은 노출조건이더라도 발생하는 X선 강도는 큰 차이가 있다고 볼 수 있다. grid를 사용하지 않고 피사체를 투과하며 발생하는 산란선과 피사체를 투과한 1차선속의 형광량을 가지고 산란선 함유율을 측정해본 결과 모든 X선발생장치에서 산란선 함유율의 차이는 적었다. grid를 사용했을 때의 각 장치별 산란선 함유율차이는 미사용 시 보다 증가하였지만 일반적 영향인자인 조사야의 크기, 피사체의 두께에 따라 변하는 산란선 함유율의 차이만큼 큰 차이가 없었다. 관전압과 산란선과의 관계는 복잡하며 아직 해결되지 않은 점이 많이 있으며 X선상에 도달하는 산란광자의 에너지 스펙트럼과 그 수는 X선 에너지(관전압), 검사에서 이용되는 조사야의 면적과 형태, 검사물질의 두께 이 세가지 인자에 의해서 좌우된다고 한다⁸⁻¹⁰⁾. 이러한 이론과 결과를 바탕으로 저자는 이번연구에서 진단용 X선발생장치가 X선관에서 발생된 X선속이 피사체를 통과 시 발생하는 X선의 산란선 함유율을 측정하여 고압정류방식이 그리드 성능을 측정하는 선택도와 대조도 향상능력에 미치는 영향을 분석해 보았다.

그 결과 grid 미사용 시 피사체를 투과한 X선의 산란

선 함유율 측정 결과는 단상정류방식장치에서 34.158%로 가장 낮은 함유율이 측정되었고, 인버터 정류방식은 37.043% 그리고 삼상24피크 정류방식은 37.447%, 콘텐서방전 정류방식은 36.867%로 산란선 함유율이 증가하였다. 그리고 각 장치들의 산란선 함유율 차이는 최저 0.404%에서 최고 3.289%의 차이의 결과를 도출하였다. 또한 그리드 선택도에 따라 단상정류방식과 정전압인 인버터방식과 삼상24피크정류방식에서 산란선함유율의 차이는 최저 1.285%에서 최고 7.244%의 차이를 보였다.

통계적으로도 단상정류방식 및 정전압정류방식에서 대조도 향상계수(K factor)에서 유의한 차이를 보였다. 결론적으로 그리드 선택도와 대조도 향상계수는 정전압정류방식보다는 단상전파방식에서 모두 증가하여 그리드의 사용으로 선택도 향상과 대조도의 개선효과에 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Y. P. Kim, T. G. Kim, H. S. Lee, Y. P. Park, and M. W. Cheon : Journal of KIEEME, 40, 103, 2007
2. H. S. Kim, J. Y. Oh and Y. C. Kim : Journal of KIPE, 11, 97, 2006
3. E. C. Floyd, R. J. Warp, J. T. Dobbins, H. G. Chotas, A. H. Baydush, R. Vargas-Voracek and Vargas-Voracek and C. E. Ravin : Radiology, 218, 683, 2001
4. T. G. Kim, M. W. Cheon, and Y. P. Park : J. KIEEME, 23, 534, 2010
5. 김성철, 김영일, 김유현 외 8명: Diagnostic X-ray Equipment and Quality control, 신광출판사, 139-186, 348-357, 2006
6. T. S. Cho : J. KIEEME 17, 223, 2004
7. M. J. Choi and J. S. Wang : J. KIEEME 10, 39, 1997
8. 신귀순 외7명 방사선영상정보학, 신광출판사, 102-132, 2008
9. 강병삼, 강보선, 김선철 외7명: Principles of Radiographic Imaging an Art and a Science, 고문사, 289-302, 2010
10. Albberto Bello, Jacquelié Gallet, John H. Harper, et al. : Radiologic Science for Technologists, Mosby, 290-295, 2004

• Abstract

Effects of Contrast Improvement on High Voltage Rectification Type of X-ray Diagnostic Apparatus

Hoo-Min Lee · Joon Yoon · Hyun-Ju Kim¹⁾

Department of Radiological technology, Dongnam Health University

¹⁾*Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital Buchen*

The purpose of this study was to analyze the effect on the selectivity on of high-voltage rectification device that measured the performance of the grid, and the contrast improvement ability (K factor) by measuring the scattered radiation content of the transmitted X-rays. The scattered radiation generated when the X-ray flux comes from the diagnostic X-ray generator that passes through an object. Targeting four different rectifications of X-ray generators, the mean value of the tube voltage and the tube current was measured in order to maximize the accuracy of the generating power dose within the same exposure condition.

Using fluorescence meter, the content of the scattered rays that are transmitted through the acrylic was measured depending on the grid usage. When grid is not used, the content of the scattered rays was the lowest (34.158%) with the single-phase rectifier, was increased with the inverter rectifier (37.043%) and the three-phase 24-peak rectification method (37.447%). The difference of the scattered radiation content of each device was significant from the lowest 0.404% to the highest 3.289% while using 8:1 grid, the content of the scattered ray was the lowest with the single content of the scattered ray was the lowest with the single-phase rectifier (18.258%), was increased with the rectifier (25.502%) and the 24-peaks rectification (24.217%). Furthermore, there was difference up to content 7.244% to the lowest content 1.285% within three-phase 24-peaks rectification, inverter rectifications, and single-phase rectifier depending on the selectivity of the grid.

Drawn from the statistical analysis, there was a similar relationship between the contrast improvement factor and the K factor. As a result, the grid selectivity and the contrast were increased within the single-phase rectifier rather than the constant voltage rectifier.

Key Words : High-voltage rectification, Grid, Scattered-ray Content Ratio(SCR), Selectivity, Contrast improvement(K factor)