

## 격자의 성능평가와 이용실태에 관한 연구

이후민 · 김학성 · 이상석\*<sup>1</sup>, 오현주 · 김영일\*<sup>2</sup>  
임한영\*<sup>3</sup>, 김홍태\*<sup>4</sup>, 이인자 · 허준\*<sup>5</sup>

### ABSTRACT

#### **A Study on the Performance Evaluation and Use Status of Grid**

Who Min Lee, Hak Sung Kim, Sang Suk Lee\*<sup>1</sup>

Hyun Joo Oh, Young Il Kim\*<sup>2</sup>

Han Young Lim\*<sup>3</sup>

Heung Tae Kim\*<sup>4</sup>

In Ja Lee, Joon Huh\*<sup>5</sup>

We have conducted on experiment with a purpose to evaluate the performance of grids being used at hospitals in Seoul and adjacent cities of Seoul.

The results are as follows;

• Reality of the grids use

1. The focused grids were 105 and the parallel grids were 6 among 111 grids subject to experimenting.
2. The grid interspace material was aluminium of 94 and the remains were wood and bakelite.
3. The number of Korean products from five companies was 33 and the one of the foreign products was 34 from companies.

• The physical properties have been examined by the notice of Department of Health and Social Affairs.

4. The intensity of secondary radiation was the highest in 5 : 1 grid ratio.
5. The Bucky factor increased with the increase of grid ratio.

The selectivity, the grid improvement factor of grids also increased with increase of the grid ratio.

However, with 6 : 1 grid ratio those factors were decreased exceptionally.

\*1. 동남보건전문대학방사선과 *Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Junior Health College*

\*2. 신구전문대학 방사선과 *Dept. of Radiotechnology, Sin gu Junior College*

\*3. 인산전문대학 방사선과 *Dept. of Radiotechnology, In San Junior College*

\*4. 신흥전문대학 방사선과 *Dept. of Radiotechnology, Shin Heung Junior College*

\*5. 동아X선기계 방사선기술연구소 *Institute of Radiological Technology, Dong A X-ray Co., LTD.*

- In measurement of grid density with screen determiners and the beam alignment.
- 6. In evaluation the results were satisfied within, 20%.
- 7. The value of the scale and the value of measurement were within the range of standard deviation, but the value of 103 lines were outranged from the standard deviation with all grid ratio except of 6 : 1 grid ratio.

## I. 서 론

격자(grid)는 산란선을 제거하는 용구로 오래전부터 이용되어 왔으며, 지금도 산란선 제거를 목적으로 모든 병원에서 널리 쓰이고 있다<sup>1, 10)</sup>.

격자는 이용부위나 목적에 따라 구조나 사용법이 다양하며 그중 투시용 장치에 부착된 Potter-Bucky가 가장 많이 쓰이고 있다.

격자를 사용함에 있어 그 사용법이나 적용이 적절하면 화질개선과 진단 가치있는 영상이 얻어지지만 사용법이 잘못되거나 적용방법이 틀리면 화질저하뿐 아니라 환자피폭선량 증가를 초래하게 된다<sup>2, 9, 10)</sup>.

격자 사용상 문제점이나 평가는 보건사회부 고시로 정한 「격자에 대한 기준 및 시험방법」이 있어서 그 고시의 규정에 따르고 있다<sup>3, 6)</sup>.

현재 각 병원에서 사용하고 있는 격자는 그 종류도 많지만 제조회사별 격자비나 사용년수 등이 다양하다. 그러나 지금껏 여러 병원에서 사용되고 있는 격자에는 어떤 종류가 있는지, 격자의 성능평가와 관리에 관하여 조사한 바 없으므로 본 연구자들은 이와같은 사실에 착안하여 국산격자를 포함한 격자의 사용 실태와 물리적특성 및 사진특성을 분석하여 그 결과를 보고한다.

## II. 실험기기 및 방법

### 1. 실험기기

X선발생장치 : 동아 D×G 550 150kv/  
500mA  
격자 : 격자밀도 및 격자비별 총  
111매

형광량계 : Alco Model F-11  
농도계 : Sakura PDA-81  
자동현상기 : Doosan DSP-5000, 34°,  
90sec  
phantom : Acryl, 30×40×1cm;15매  
실험용틀 : 길이 100cm의 선반식 4  
각 앵글  
산란선측정용 pb : ϕ30mm, 40mm  
Star test tool : Arthur H. Gaebel Inc. No  
719  
Grid alignment test tool: RMI 144-1952  
Film : Fuji HR-G  
Screen : Toshiba D-37

### 2. 실험방법

#### 1) 격자수집

먼저 대상병원을 정한 후 직접 방문하여 수집하였으며, 병원업무에 지장을 주지 않는 범위 내에서 적정양만 수거하거나, 미리 준비한 격자와 교체수거하는 방식을 채택했으며, 분리상의 어려움과 실험상 배치가 불가능한 Potter-Bucky는 제외하고 운반과 이동이 간편하고 분리되는 평면 격자를 채택하였다.

#### 2) 수집대상병원 및 격자의 제원

수집대상은 협조가 가능한 서울시내에 존재하는 병원과 서울과 인접한 도시 및 일부 전문대학에서 보유하고 있는 격자이며, 종합대학병원 11개소, 종합병원 8개소, 국공립병원 4개소 및 전문대학 4개소 등으로 총 111매를 수거하였다.

그중 초점형격자는 105매이고 평행형 격자는 6매이다.

수거한 격자의 격자비별 격자밀도를 보면 표

Table 1. Grid ratio and grid density

Grid ratio \ Grid density(line)	5 : 1	6 : 1	8 : 1	10 : 1	12 : 1	unknown	total
60	3	5					8
85	1	11	23	3	5		42
103	1	3	11	4	3	1	23
unknow	3	2	6	1		26	38
total	7	21	40	8	8	27	111

1과 같다.

격자 크기는 10×12인치가 57매로 가장 많았으며 다음으로 14×17인치가 37매였으며 그 외 8×10인치 7매, 11×14인치와 17×17인치는 각각 1매씩이었다.

격자 중간물질은 96매가 알루미늄이었으며 나무나 베이크라이트인 경우 2매였고 파악할 수 없는 것도 12매였다.

격자 집속거리는 32~44인치 인것이 64매로 가장 많았으며 72인치용이 8매 22~63인치가 2매, 26~32인치 및 무한대격자가 각각 1매이고 거리미상인 것도 35매였다.

격자에는 격자구입년월일이 표시된 경우가 3

매였고 대부분인 108매는 표시되어 있지 않았다. 제조국별로 보면 국산인 경우 5개 회사제품으로 33매이고 외국산은 13개 회사것으로 44매였고, 제조회사가 표시되지 않았거나 식별할 수 없는 것도 44매였다.

### 3) 실험배치

#### (1) 물리적 성능 시험

물리적 특성실험은 보건사회부고시 제88-70호 「산란X선 제거용 그리드의 기준 및 시험방법」을 따랐으며 실험을 위한 배치는 그림 1, 2와 같다<sup>3,4,5,6)</sup>.

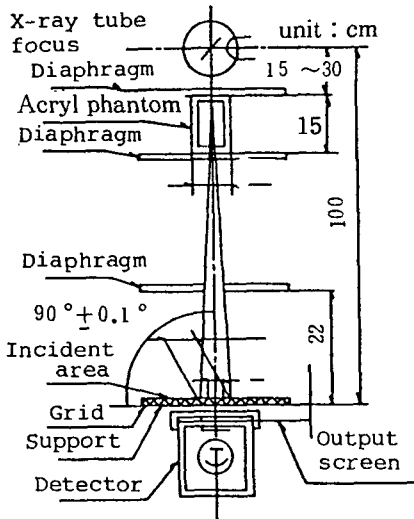


Fig 1. Experimental arrangement with exposure condition.

Transmission ratio of Primary X-ray

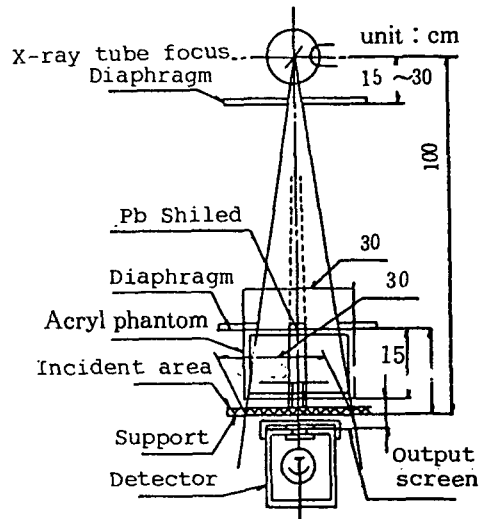


Fig 2. Experimental arrangement with exposure condition transmission ratio of total X-ray and scatter X-ray

① 1차 X선 측정

그림 1은 1차 X선을 측정하기 위한 배치도로서 초점·계측기간 거리를 100 cm로 하고 관구 30 cm 하단에 15 cm 두께의 Acryl phantom을 위치시킨다. 팬텀과 detector간 거리를 30 cm이상 떨어지게 하며, 격자와 detector간 거리도 약 2.5cm 떨어지게 한다.

위와같은 배치하에서 격자가 있을 때의 형광량과 격자 없을 때의 형광량을 측정한다.

② 총선량 측정

그림 2는 총선량을 측정하기 위한 실험배치도로서 초점 detector간 거리를 100 cm로 하고 15 cm의 Acryl phantom을 격자 상단에 위치시키며, 격자하단 약 2.5 cm 되는 위치에 detector를 놓는다.

X선 조사야를 30×30 cm로 하고 격자가 있을때와 없을 때의 형광량을 측정한다.

(2) 사진 특성 시험

① Grid alignment test

Grid alignment test tool을 격자 위에 위치시키며 tool의 중심부터 시작하여 (+)→(-) 방향으로 한 구멍씩 X선 관구를 이동시키며 촬영한다. 항상 중심부의 농도가 D=1.0~2.0이 될 수 있는 조건을 설정한다.

② Grid density

Film 상단에 격자와 Acryl phantom을 올려 놓고 격자비별, 집속거리별로 구분하여 일정 농도가 얻어지는 조건을 선정하여 촬영한다.

Grid density의 측정은 star test tool을 이용하였으며 Grid 상태를 평가하기 위한 육안관찰은 관찰 항목을 만들어 일정 조건에서 관찰한

결과로 평가하였다.

Ⅲ. 실험결과

1) 물리적 특성

격자의 물리적 특성은 2차선 함유율, 노출배수, 선택능 및 대조도 개선능으로 평가하였으며<sup>7,8)</sup> 그 결과 Table 2를 얻었다.

물리적 특성을 평가할 때의 촬영 조건은 100 kv, 200 mA, 30 mAS로 하였으며, 1차 X선을 측정할 때는 조사야를 narrow beam인 5×5 cm로 하였다.

총 111매의 격자중에 8:1 격자가 42매로 가장 많았으며 6:1 격자가 21매였고 10:1, 12:1, 5:1 격자가 각각 8, 8, 7매였다. 격자비를 알 수 없는 것도 25매였다.

Table 2에서 보면 2차선 함유율인 경우 5:1 격자에서 56.27로 가장 많았으며 격자비가 증가할수록 감소하고 있었다. 그 감소폭은 8:1과 10:1 격자에서 가장 크며 5:1과 12:1 격자에서는 감소폭이 적게 나타났다.

노출배수인 경우 5:1 격자에서 가장 낮고 격자비가 증가하면서 같이 증가하고 있으며 8:1과 10:1 격자에서 증가폭이 크며 5:1과 12:1 격자에서는 증가폭이 크지 않게 나타났다.

선택능은 6:1 격자에서 가장 낮은 수치를 보이고 있으며 5:1 격자보다도 낮게 나타났다. 대체로 격자비 증가에 따라 선택능이 증가하고 있지만 예외적으로 6:1 격자에서 낮게 나타나고 있다.

Table 2. Measured data of physical characteristics

	(Grid ratio)						
	Grid ratio	5 : 1	6 : 1	8 : 1	10 : 1	12 : 1	unknow
Content of Scattered radiation		56.27	54.41	48.66	43.28	41.98	50.09
Grid exposure factor (B)		3.92	4.21	5.20	6.13	6.52	4.81
Selectivity (E)		3.83	3.82	5.15	7.15	7.34	4.79
Contrast improvement ratio (K)		2.58	2.51	2.97	3.44	3.61	2.85

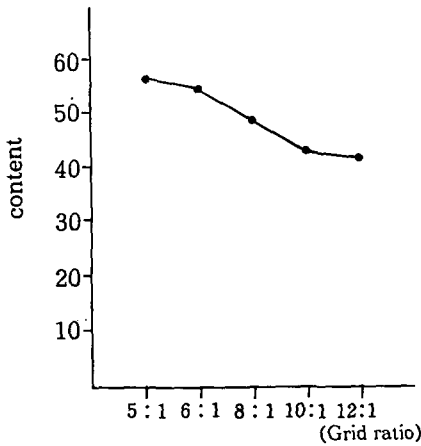


Fig 3. Content of Scattered radiation

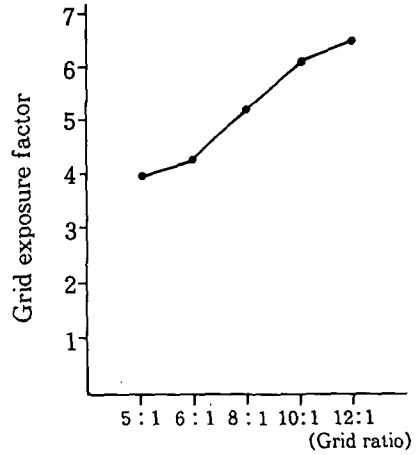


Fig 4. Grid exposure factor

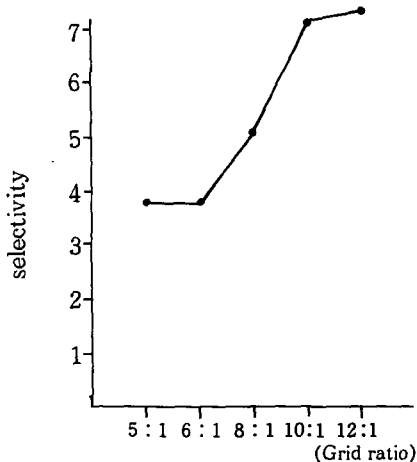


Fig 5. Selectivity

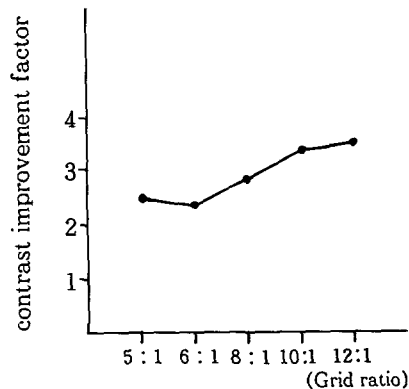


Fig 6. Contrast improvement ratio

대조도개선능에서도 선택능에서와 같이 6 : 1인 경우 오히려 낮게 나타났고 다른 격자비의 격자에서는 완만하게 증가하고 있다.

이상과 같은 실험결과에서 공통점은 8 : 1과 10 : 1 격자에서 증가나 감소폭이 크며, 12 : 1 격자에서는 증감폭이 적고 6 : 1 격자에서는 증감폭이 완만하거나 오히려 5 : 1 격자보다 낮게 나타나고 있다.

격자비에 따른 물리적 특성의 결과를 쉽게 구분할 수 있도록 Fig. 3, 4, 5 및 6에서 그래프로 표시하였다.

Table 3은 격자비별, 격자밀도별 물리적 특성을 나타낸 도표로서 수거한 격자중 격자밀도가 60인 경우 8 : 1, 10 : 1 및 12 : 1 격자가 수거되지 못했고 85line중 5 : 1 격자가 수거되지 못했다.

그로인해 같은 격자비중 격자밀도별 비교가 효과적이지 못하나, 그 경향성의 대강은 파악할 수 있다.

2차선 함유율은 격자비 증가에 따라 감소하고 있으며 격자밀도가 증가할때 역시 감소하고 있으나, 6 : 1 격자에서는 예외적으로 증가하고 있었다. 노출배수에 있어서는 격자비 증가에 따라 60, 85 및 103 line에서 증가추세이나, 85 line 10 : 1 격자에서 증가하지 않고 있으며 103 line 6 : 1 격자에서도 같은 결과로 나타났다. 각 격자비에서 격자 밀도가 증가하면 노출배수로 증가하나 6 : 1, 8 : 1 및 10 : 1 격자에서 그원칙이 지켜지고 있지 않았다. 선택능은 모든 격자에서 격자비가 증가할때 증가하고 있으며 격자밀도가 증가하면 선택능도 증가하는 추세이다.

대조도 개선능도 선택능에서 나타난 현상과 함께 그 결과가 나타났다.

## 2) 사진특성

사진특성실험은 grid alignment test tool을 이용하였으며, Grid density 측정은 Star test tool을 이용하였다.

### (1) Grid alignment 측정결과

Grid alignment를 측정하여 table 4의 결과를 얻었다.

도표에 표시된 dot range는 grid alignment 측정불력을 나타낸 것으로 0은 관구 센터와 일치하는 alignment의 중앙점을 의미하며, 중앙점을 중심으로 양 옆의 농도를 -1, 다음 단계

양편의 농도를 -2로 하였다. Table의 수치는 농도를 표시한 것으로 중앙농도를 제외한 -1, -2 농도는 높은 농도에서 낮은 농도를 뺀 차이값이다.

중앙 농도는 5:1 격자 60 line을 제외한 모든 경우 격자비와 grid density가 증가할 때 같이 증가하고 있으며, -1과 -2 부위에서는 그렇지 않다. -1부위에서 최고 농도차를 보인 경우는 6:1, 103 line과 8:1, 85 line에서인  $D=2.0$ 이며, 가장 낮은 농도차를 보인 곳은 5:1, 103 line에서의  $D=0.06$ 이다.

-2부위에서도 -1 부위와 비슷한 양상을 보이고 있으며, 그차이가 적기는 하지만 -1부위보다 -2부위가 약간 높게 나타났다.

Table 3. Measured data of physical characteristics

(Grid density)

Grid ratio Grid density(line)		5:1	6:1	8:1	10:1	12:1	unknow
		Content of scattered radiation	60	59.33	56.28	-	-
	85	-	53.78	50.06	45.73	42.12	-
	103	55.28	54.96	45.50	42.65	41.76	-
Grid exposure factor (B)	60	3.60	3.90	-	-	-	-
	85	-	4.40	5.34	6.57	6.37	-
	103	4.39	4.03	5.23	5.92	6.76	-
Selectivity (E)	60	3.66	4.13	-	-	-	-
	85	-	3.89	5.00	7.02	7.51	-
	103	4.32	3.89	5.66	7.28	7.51	-
Contrast improvement factor (K)	60	2.58	2.76	-	-	-	-
	85	-	2.56	2.99	3.44	3.67	-
	103	2.83	2.56	3.07	3.47	3.51	-

5:1 격자인 경우 실험대상 격자가 적어 데이터의 신뢰도가 적으나, 그것보다도 더 큰 이유는 사용 격자가 노후되었거나 여러 원인에 의한 손상이 작용했기 때문으로 보인다.

### (2) Grid density

Grid density 측정을 위해 Star test tool을 사용하였으며, 육안관찰을 위해 촬영한 film을 view box에 놓은후 test tool을 격자 line과 일치되는 방향으로 놓으면 별(star)과 같은 4각 별이 형성되며 그 때에 수평의 별이 통과하는

지점의 숫자를 읽어 적었다.

격자밀도는 표시치와 실측치의 일치여부를 확인하였으며 대부분의 경우 표시치에 근접하고 있으나, 모든 격자비에서 103 line인 경우 격자비가 증가할수록 차이가 많았으며 가장 차이가 많은 12:1 격자 103 line에서 -10을 기록하였다.

대부분의 격자는 표시치보다 미달하고 있으며, 6:1, 60 line에서 표시치를 상회하고 있었다.

Table 4. Grid alignment

Grid ratio	dot range Grid density (line)	-2	-1	0
		5 : 1	60	0.18
	85	-	-	-
	103	0.18	0.06	0.51
6 : 1	60	0.10	0.07	0.59
	85	0.11	0.16	0.56
	103	0.22	0.20	0.58
8 : 1	60	-	-	-
	85	0.19	0.20	0.60
	103	0.14	0.13	0.62
12 : 1	60	-	-	-
	85	0.13	0.10	0.71
	103	0.17	0.16	0.74
unknow	•	0.16	0.17	0.57

Table 5에 표시된 숫자는 평균값이며, 표시치와 실측치가 같은 경우도 많았으며 특히 일부 격자에서는 -19, -22의 차이가 있는 경우도 있어 평균값이 높아진 경우도 있다.

Table 5. Grid density

Grid ratio	Grid density		difference
	indication	measurement	
5 : 1	60	58	-2
	85	-	-
	103	98	-5
6 : 1	60	64	+4
	85	84	-1
	103	101	-2
8 : 1	60	-	-
	85	83	-2
	103	95	-8
12 : 1	60	-	-
	85	83	-2
	103	93	-10

표시치와 실측치간 오차의 한계를  $\pm 5\%$ 로 규정하고 있으며<sup>3)</sup> 각 격자비에서 격자밀도가 오차한계내에 있으나, 5 : 1, 8 : 1 및 12 : 1 격자에서 103 line인 경우 오차한계를 벗어나고 있다.

그러나 5 : 1 격자 85 line, 8 : 1 및 12 : 1 격자 60 line에서의 density가 계측되지 않았으므로, 보완 실험을 통해 평가해야 할 것으로 사료된다.

### 3) Grid 성능시험 육안관찰

실험대상 격자를 film 위에 놓고 격자위에는 15 cm 두께의 Acryl phantom을 놓은후 격자비별 조건을 달리하여 촬영했으며, 집속거리가 180 cm일때는 표준집속거리때보다 촬영 조건을 증가시켰다.

육안관찰에서 가장 중요한 점은 관찰자 주관에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있다는 점이다. 이같은 오차를 줄이기 위해선 가능한 같은 관찰함과, 같은 위치에서 측정하여 작성하도록 하였다.

Table 6에서 격자비별 육안 관찰 성적을 보면 「Grid의 성능이 좋다」는 경우는 6 : 1 격자에서이며 「좋거나 보통」이라는 긍정적인 경우는 6 : 1과 8 : 1 격자에서이다.

줄무늬의 많고 적음은 화질과 직접 연관이 있으며 5 : 1 격자에서 가장 높으며 가장 적은 경우는 12 : 1 격자에서이다.

농도불균형이 가장 심한 경우는 5 : 1 격자이며 6 : 1과 12 : 1 격자에서는 전혀 없었다.

격자의 꺾임 현상은 극히 제한적인 경우의 격자에서 발견되고 있다.

외형결손은 5 : 1, 8 : 1 및 12 : 1 격자에서 1~2예에서 발견되고 있다.

격자의 흠은 약간이라도 인정되는 경우 12 : 1 격자를 제외한 격자에서 보여지고 있으나 그렇게 많은 것은 아니다. Film에 얼룩이 생긴다는 것은 격자의 여러 부분이 파손되거나 격자 strip이 불균형을 이루고 있다는 것으로 모든 격자에서 30 % 이내의 얼룩이 인정되고 있다.

Table 6. performance evaluation of Grid and eye observation

Grid ratio	decision (%)	Good	Com-mon	line pattern		density disproportion		be folded		shape loss		flaw		stain	
				many	few	extreme	weak	many	few	extreme	weak	extreme	weak	extreme	weak
5 : 1		10	14	52	43	33	43	5	5	0	14	0	19	14	24
6 : 1		33	29	11	43	0	32	2	3	0	3	0	8	8	14
8 : 1		28	32	18	52	10	57	3	6	7	7	3	21	7	18
10 : 1		17	25	21	46	25	38	4	0	0	0	0	8	13	17
12 : 1		13	33	4	63	0	63	0	0	0	4	0	0	0	25
unknow		21	16	14	63	19	57	4	21	28	9	2	21	10	21

## VI. 고 찰

피사체에서 발생하는 산란선을 효과적으로 제거하기 위하여 격자를 사용하고 있으며, 격자의 역할은 필름이 산란 X선과 상호작용을 할 수 없도록 차단하는데 있다. 격자는 1913년 Gustave Bucky에 의해 처음으로 만들어 진 후 현재도 모든 병원에서 널리 사용하고 있다.<sup>1,9)</sup>

국내에서도 5개 제조회사에서 제작 시판할뿐 아니라 다량을 외국으로 수출하고 있다.

격자는 외견상 견고하게 보이나, 사용자가 취급을 잘못하면 쉽게 내부구조에 충격과 변형이 초래되며 그 본래 기능과 성능이 저하된다.<sup>1, 9, 10)</sup>

격자의 성능시험은 의료용구 기준 및 시험에 관한 보건사회부 고시 제88-70호 「산란X선 제거용 Grid의 기준 및 시험방법」으로 하고 있으며, 본 실험에서는 물리적인 평가법 이외에 사진특성에 관한 실험으로 grid alignment 실험과 grid density 실험법을 추가하여 격자의 올바른 평가와 관리를 할 수 있도록 고안하였다.

실험에 사용된 격자는 모두 임상현장에서 사용하고 있는 것으로 하였으나, 격자를 확보하는 과정에서 곧고루 격자를 확보하지 못하게 했고, 특히 Bucky 장치에 부착된 격자는 수거가 거의 불가능하였다.

수거된 대부분의 격자들은 격자의 구입년월인에서부터, 제조회사, 격자비 및 격자밀도를 전혀 식별할 수 없는 것이 많았으며, 외견상에서도 모

서리가 일어나거나 휘어진 것이 많아, 공여지책으로 테이프를 감아 사용하는 것이 있었다.

외견상으론 전혀 이상이 없더라도 격자밀도의 표시치와 실측치에서 많은 차이를 보이는 격자가 있는 것을 보았고 이것은 사용자측보다는 생산자에게 문제가 있는 것으로 사료된다.

미국이나 유럽의 여러 나라에서는 구입격자의 사용 년한을 3년으로 정해 사용횟수에 상관없이 교체하고 있으며 이를 참고한다면, 국내에서도 격자에 대한 관심과 성능 향상성 유지를 위해 노력해야 할 것이다. 특히 물리적인 특성실험에서 6:1 격자인 경우 예상결과와 다른 성적이 나온 것은 실험에 사용된 격자중 특별히 1, 2매에서 문제있는 격자가 있을때 예견할 수 있는 결과일 것으로 생각되며, 대부분 실험에 사용된 격자가 노후되었거나 사용경과일이 오래인 것이므로 정상데이터에서 예상되는 결과를 기대하기는 어려울 것이다. 또한 육안적 관찰 실험에서 보아지듯이 총 격자 매수중 20% 정도에서만 좋은 격자로 판정되고 있음에 주목해야 한다. 앞으로 격자에 관한 실험은 생산현장에서의 정도관리뿐 아니라 현재 각 병원에 확보하고 사용하는 격자의 적·부를 가려 선별해서 사용해야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

격자의 성능 평가와 이용실태에 관한 연구에서 내용을 정해 실험한 결과, 다음의 결론을 얻었다.



### 먼저 격자의 실패를 보면

1. 실험대상격자 총 111매중 초점형이 105매였고 평행형이 6매였다.
2. 격자 표면에 격자 구입년월일이 표시된 것은 3매였고, 표시되지 않은 것이 108매였다.
3. 격자 중간물질은 알루미늄이 96매 나머지는 나무, 베이클라이트 등의 물질이었다.
4. 격자집속거리는 32~44인치의 것이 64매로 가장 많고, 72인치가 다음 순위였다.
5. 국산격자가 5개 회사에서 33매, 외국산이 13개 회사 34매였다.

### 물리적 특성 실험결과

6. 2차선 함유율은 5 : 1 격자에서 56.27로 가장 높았다.
  7. 노출매수는 격자비 증가에 따라 증가하였다.
- 선택능 대조도개선능에서도 격자비 증가와 함께 증가하고 있으며, 6 : 1 격자인 경우 예외적으로 나타났다.
8. 육안 평가에서는 20%내외에서 만족한 격자로 평가하였다.
  9. 표시치와 실측치는 오차의 한계내에 있으나 6 : 1 격자를 제외한 103 line에서 한계 밖에 있었다.

### 참고문헌

1. 박수성 등 : 진단방사선원리, pp. 130~134,

: 대학서림, 1985.

2. 허 준 : 방사선화상기술실험, pp. 313~326, 대학서림, 1981.
3. 보건사회부 : 산란선 제거용 그리드의 기준 및 시험방법, 보건사회부고시 제88~70호, 1988.
4. 細失志郎, 他 : 散亂X線除去用グリッドの研究—構造と物理的性能について—, 日放技學誌, 43(11), 1619-1626, 1987.
5. 細失志郎, 他 : 散亂X線除去用グリッドの研究—ハイレシオグリッド撮影について—, 日放技學誌, 44(12), 1703-1710, 1988.
6. 日本放射線機器工業會 : X線診斷裝置の保守管理データブック, 日本放射線機器工業會, pp. 190~198, 電子計測出版社.
7. 이선숙 외 : X선 격자의 특성에 관한 비교 실험, 대한방사선사 협회지, Vol. 17, 22~25, 1986.
8. 허준 외 : 산란선 제거용 X선 격자의 특성에 관한 실험연구, 고려의기대잡지, Vol. 5, No. 1, 1982.
9. Michel M. Ter-pogossian : The physical aspects of diagnostic radiology, Hoeber, 265, 1969.
10. Chan HP : Investigation of physical characteristics of scattered radiation and performance of antiscatter grids in diagnostic radiology : Monte Carlo simulation studies, Ph. D. dissertation, The University of Chicago, 1981.