

X선관의 실효초점 측정에 관한 고찰

서울대학교병원 진단방사선과
장광현 · 임오수 · 김형기 · 송창욱 · 정경모 · 정 환

Abstract

Measurement of Focal Spot Size of Heavy Loaded X-ray Tubes

**Kwang Hyun Chang, Oh Soo Lim, Hyung Kee Kim, Chang Wook Song
Kyung Mo Cheung, Hwan Cheung**

Department of Diagnostic Radiology, Seoul National University Hospital

In order to assure safety of both patient and operator, and to provide uniform quality radiographs, it is necessary to perform periodic calibration of diagnostic X-ray equipment. A basic parameter of diagnostic equipment's and its image sharpness is the size (and shape the energy distribution) of the focal spot as viewed along the central X-ray beam. This size determines the resolution possible with the equipment and also determines the heat characteristics of an anode. A fine focus tube gives high resolution but causes high local heating of target. In past, the pin-hole and star pattern image measurement for evaluation of resolution have been widely used, but it produced blurring and inaccuracy of image. So newly inverted Ug-meter has advantage in more convenient measurement method and less out-put bias than other image measurement. The authors intended to compare measured focal size between Ug-meter and focal spot test tool, changed state from setting to now of units.

I. 서 론

X-ray 진단장치에서 정규적인 점검을 통하여 focal spot size, timer accuracy, kVp and mA indicator accurate, R/mAs 측정 등 여러 가지 요인 중에서 X-ray tube의 target는 tungsten disc와 molybdenum shaft로 구성된다. target는 열로 인하여 팽창되며 X-ray tube측에 평행하

게 focal spot size를 변화시킨다.

Focal spot size는 X-ray image quality를 가장 근본적으로 결정하는 요소로써 effective focal spot size를 정기적으로 측정하여 X-ray image quality control에 많은 도움을 줄 수 있다. 본 병원의 장비설치시(1978)와 현재(1992년)까지 14년 동안 즉, 사용년한과 operating 기록치에 따른 focal size의 변화된 수치를 Ug

-meter, focal spot test tool로 측정하여 측정기구 특성에 따른 focal size의 변화치를 비교하면서 X-ray tube의 수명한계치를 검토하고자 한다.

학적 불선예도의 크기이며 이 크기는 micro-photometer로 측정할 수 있으나 육안으로 Ug의 크기를 알 수 있는 Ug-meter(Fig. 3)를 사용하여 측정할 수 있다.

II. 이 론

1. Ug-meter

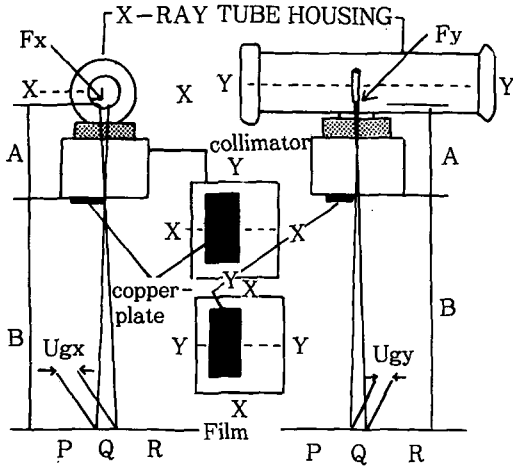


Fig. 1.

위의 Fig. 1과 같이 film 중앙에 맺혀진 기하학적 불선예도인 Ugx와 Ugy에 의한 실제적인 가로크기 fx와 fy에서 실효초점을 대표해 줄 수 있으며 실효초점 fx와 fy는 다음(표 1)과 같은 방정식이 성립한다.

표 1.

$fx = (A/B) Ugx$, $fy = (A/B) Ugy$
 A : focus와 고정된 phantom과의 거리
 B : 고정된 phantom과 film과의 거리
 Ug : 기하학적 불선예도의 크기

0.1mm 두께의 얇은 구리판을 collimator window에 scotch tape로 고정하여 phantom으로 사용한다. 구리판의 장축은 window면의 중심축인 XX축 또는 YY축으로 맞춘다(Fig. 1).

(Fig. 2)는 실험결과에 따른 film의 도식으로 농도변화가 있는 Q부분의 가로길이 Ug는 기하

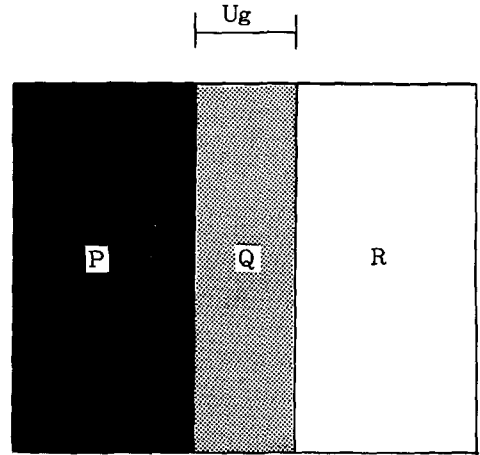
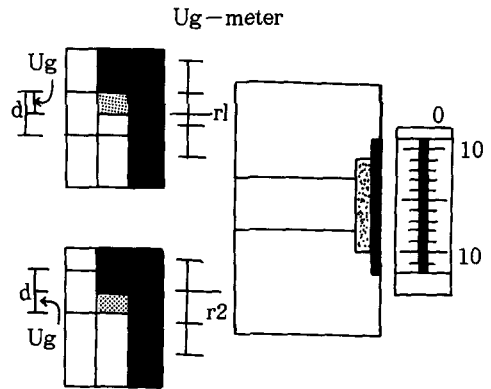


Fig. 2.



$$Ug = r1 - r2 + d(\text{mm})$$

Fig. 3.

2. Focal spot test tool(Model-112A)

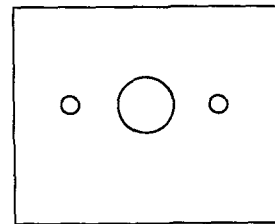


Fig. 4. The focal spot test tool

Fig. 4와 같이 크기가 다른 12개 barpattern의 heavy metal target로 이루어져 있으며 1 barpattern은 6개의 slot으로 되어 있으나 3 slot씩 짝을 이루어 서로 수직되게 정렬되어 있다. 그리고 12 groups의 slot은 0.84 line pairs/mm에서 5.66 line pairs/mm(1lp/mm)까지 16%씩 감소하게끔 크기와 넓이가 다르게 되어 있으며 focal spot test tool 상단의 남으로 차폐

된 두 점간의 간격은 3cm이며 film 상에서는 4cm로 확대되어 나타난다. 이것으로 확대율을 측정할 수 있다(표 2).

표 2.

- (1) Resolution : 0.84—5.66 LP/mm
- (2) Size : 15.2×7.6(cm) diameter
(6×3inch diameter)

Ⅲ. 실험재료 및 검사방법

1. Ug-meter

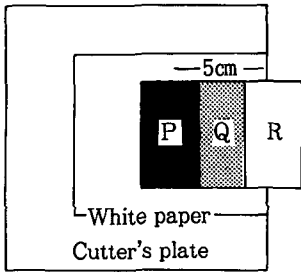


Fig. 5. Films and white paper on cutter's plate

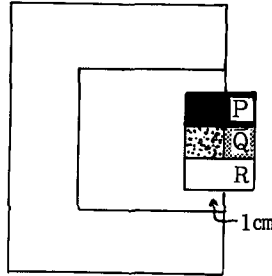


Fig. 6. Cutting the film

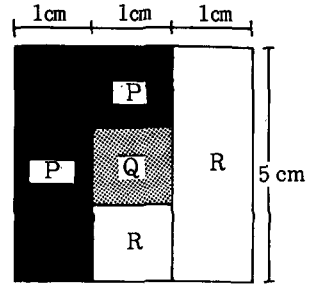


Fig. 7. Films arranged to be observed with the naked eye.

첫째로 Fig. 5와 같이 P.Q.R 면이 포함된 film이 5cm 되게 P면과 R면의 양쪽 끝을 자르고, 둘째로 Fig. 6과 같이 P.Q.R면이 포함된

film을 가로 1cm, 세로 5cm로 자르고, 셋째로 정리된 P면의 film, R면의 film, P.Q.R면의 film을 Fig. 7과 같이 정렬시킨다.

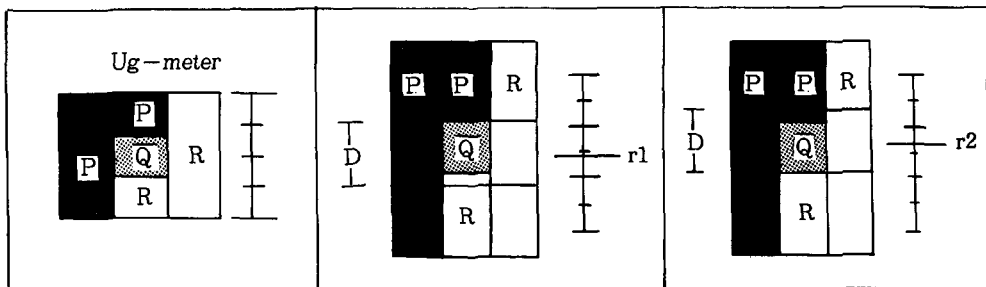


Fig. 8. Ug-meter put on the films

Fig. 9. Reading of r1(mm)

Fig. 10. Reading of r2(mm)

Fig. 8과 같이 정리된 film 위에 Ug-meter를 고정시킨 후 Fig. 9와 같이 커서의 가려진 윗부분이 Q면과 P면의 농도차이가 있을 때 커서를 멈추어 바늘이 가리키는 수치를 r1(mm)이라 하고 다시 Fig. 10과 같이 커서의 가려진 밑부분이 Q면과 P면의 농도차이가 있을 때 커서를 멈추어 바늘이 가리키는 수치를 r2(mm)라 한다.

Ug의 크기는 다음과 같이 구한다.

$$Ug = r2 - r1 + d \text{ (mm)} \quad d : \text{width of the shield}$$

2. Test tool

(1) Bar pattern과 tube 초점사이의 거리를 확대율이 4/3인 것을 기준으로 46cm(18") 초점과 film 사이의 거리를 24cm(6")로 하였으며 intensifying screen이 없는 cardboard cassette를 사용하였다.

(2) Focal spot size가 1.0×2.0(mm)인 단상의 Piker GX-500 기종으로 10mAs와 80kVp의 조건으로 small 초점과 large 초점을 검사하였다(Table. 3).

(3) 선량변화에 따른 농도차이가 focal spot size의 변화에 어느정도 영향을 주는지 검사하였다(Table. 4, 5).

Table. 1. Operating specification of X-ray unit(Piker GX-500 in SNUH)

Size of field 14×17(inch)	
Focal spot 1.0×2.0(mm)	
Maximum voltage 150(kVp)	
Speed 60(Hz)	
Phase Single	
Target	Storage capacity 300,000(HU)
	Angle 15 (°)
	Focal range 180(cm)
	Generator rating 500,100(max)(mA, kVp)

IV. 실험결과

Piker-GX500 기종인 2대의 장치로써 load를 적게 받은 장비와 load를 많이 받은 장비를 Ug-meter와 Test tool로 focal size를 측정하였다(Table 2, 3).

1. Ug-meter

Table. 2. Comparison of focal spot size room 4 (Light Loaded) with room 6(Heavy Loaded)

Room F.X	Rm.4		Rm.6	
	Fx	Fy	Fx	Fy
S	0.54	1.35	2.0	3.0
L	1.62	2.43	2.7	3.5

2. Test tool

Table. 3. Effective focal spot size for a magnification of 4/3 between 4 room 6 room

Smallest group resolved	1P/mm of group	Dimension of Effective Focal Spot			
		4 Room		6 Room	
		S	L	S	L
1	0.84	4.0	4.5	4.4	5.0
2	1.00	3.5	3.8	3.7	4.5**
3	1.19	2.9	3.5	3.2	3.5**
4	1.14	2.5	3.0**	2.6	3.0
5	1.68	2.3	2.5**	2.3**	2.5
6	2.00	1.8	2.0	2.0**	2.0
7	2.38	1.5**	1.7	2.5	1.9
8	2.83	1.2**	1.5	1.3	1.5
9	3.36	1.0	1.2	1.0	1.4
10	4.00	0.8	1.0	0.7	1.2
11	4.76	0.6	0.8	0.5	1.0
12	5.66	0.5	0.5	0.4	-

주) **: Focal spot size
(smallest group resolved)

그리고 heavy loaded된 장비를 mAs에 따른 focal spot size의 변화치를 Ug-meter와 test tool로 측정하여 결과를 비교하였으며 그 결과

농도변화에 따른 focal size의 변화를 graph로 비교검토하였다(Table. 6, 7).

Table. 4. Effective focal size obtained using Ug-meter with the films of various density.

Sec	Fx(width)		Fy(length)	
	E.f.s	D	E.f.s	D
1/60	2.7	0.63	3.51	0.63
1/30	2.7	1.15	3.51	1.19
1/20	2.7	1.47	3.5	1.50
1/15	2.7	1.39	3.5	1.60
1/10	2.7	1.75	3.5	1.79
1/8	2.7	2.13	3.5	2.30

Table. 5. Effective focal size obtained using test tool with the films of various density.

Sec	Focal spot	D
	E.F.S(width × length)	
1/60	3.2 × 3.7	0.97
1/30	3.5 × 3.8	1.76
1/20	3.4 × 4.2	2.28
1/15	3.5 × 4.2	2.68
1/10	3.7 × 4.2	2.85
3/20	3.8 × 4.4	3.05

Table. 6. It represents that the results obtained by a test tool exposed to the same focus.

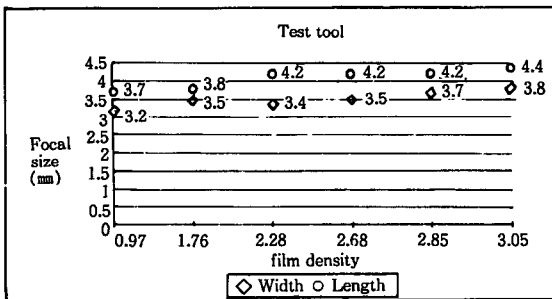
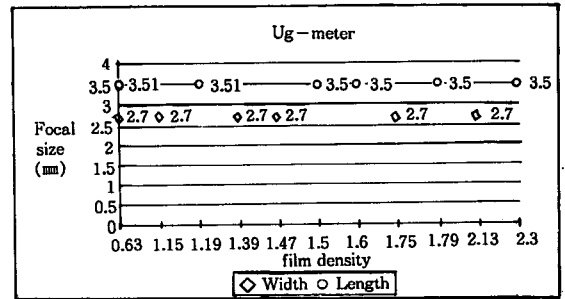


Table. 7. It represents that the results obtained by a Ug-meter exposed to the same focus.



V. 결 론

1) 선량변화에 의한 필름농도 차이에 따라 Ug-meter에서는 일정한 유효초점을 나타내어 주었으나 test tool에서는 불규칙한 유효초점을 나타내 주었다. 즉, Ug-meter는 필름농도의 의존도가 test tool보다 적었다.

- 2) 촬영 횟수에 따른 기록치가 heavy loaded unit는 365,382회이었으며 light loaded unit는 182,531회이었다. 이 두 장치의 필름 선예도는 많은 차이를 보였다.
- 3) 진단 X-ray 기기는 정기적인 image quality control에 따라 calibration이 환자와 술자를 위해 꼭 필요하리라 강조한다.

참 고 문 헌

1. Bookstein J. Steck W : Effective focal spot size Radiology 98 : 31-33, 1971.
2. Iisashi Maekoshi, Masatoshi Tsuzaka, Kunihide Nishizawa, etc : Analysis of focal spot movement caused by thermal expansion of a diagnostic x-ray tube target. Jpn J. Radiol. 9, 4-14, 1990.
3. Friedman PJ, Greenspan RH : Observations on magnification radiography. Radiology 92 : 549-557, 1969.
4. Takashi Nakahori : Measurement of focal size of x-ray tube assembly.
5. Radiation measurements, inc : Quality assurance in radiography.
6. Bernstein. H. et al : Routine evaluation of focal spots Radiology. Vol. 111.No. 2, 1974.