

Wisconsin KVP test cassette의 應用

高麗大學校 保健專門大學 放射線科

李善淑 · 李寅子 · 金昌均 · 許 俊

Application of the Wisconsin KVP Test Cassette

Sun Sook Lee, In Ja Lee, Chang Kyun Kim, Joon Huh

*Dept. of Radiotechnology, Junior College of Public Health and Medical Technology,
Korea University, Seoul, Korea*

I. 緒 論

X선관전압은 사진효과에 미치는 영향이 가장 큰 인자이나, 고전압이 걸리는고로 정확하게 측정하기란 매우 곤란하다.

고관전압측정방법은 X선장치의 創始 시대인 1910년대까지는 針端 Cap, 1920년경부터는 球 Cap, 1930년대에는 分壓器에 의한 고전압의 측정, 1930년 후반부터는 Osiloscope가 이용되어 관전압파형이 측정되기 시작하였다. 1950년대에 파고전압계가 개발되고 1960년부터 실용화되기 시작하였다¹⁾. 이와 때를 같이 하여 非接觸型 관전압측정기가 개발되었으며, 최근에는 非接觸型 측정기는 많이 제품화되어 X선장치 관리용으로 사용되고 있다.

특히 KVP test cassette는 Ardrum, Crooks(1968년)에 의해서 Penetrometer cassette의 원리를 이용하여 cassette가 표시하는 Match step 번호에서 그 관전압을 환산하는 것으로 널리 이용되고 있다^{2,3)}.

저자 등은 KVP test cassette의 정도를 평가하기 위해서 非接觸型 관전압계인 Wisconsin KVP test cassette를 Digital KVP meter와 比較검토하여 정확하고 간편하게 利用할 수 있는 결과를 얻어 그 내용을 보고하는 바이다.

II. Wisconsin kVp test cassette의 構造 및 使用方法

1. 構造

KVP test cassette는 그림 1과 같이 4개의 관전압, 즉 60, 80, 100, 120KVP로 구분되어 있으며 반가중도 측정할 수 있다.

Cassette의 내부구조는 각 관전압별로 10개의 구멍이 종열의 쌍으로 되어 있으며 기준이 되는 한 쪽 구멍은 균일한 농도를 낼 수 있는 흡수체가 놓여 있고 다른쪽 구멍은 자기 관전압에 대응되는 제단으로 된 Copper step wedge가 놓여 있으며 각각의 Copper step wedge에 의해 대부분의 저에너지광자가 제거되어 일차X선은 硬化된다^{1,3,4)}.

기준이 되는 쪽 구멍(Reference column) 위에는 Copper step wedge가 없는 대신 Optical attenuator를 가지고 있어 시각적인 농도가 거의 같도록 만들어져 있다.

노출조건은 기준이 되는 구멍의 농도가 1.0 정도가 되게 관전류와 조사시간을 조정하며 측정가능한 농도 범위는 0.5~2.0이고, 농도 1.0을 내기위한 노출조건은 표 1과 같다.

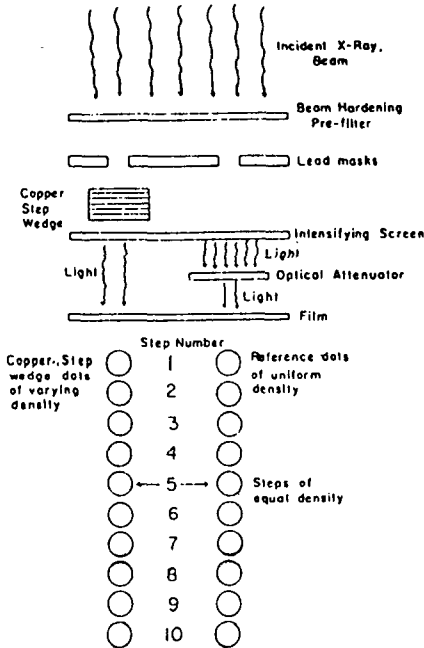
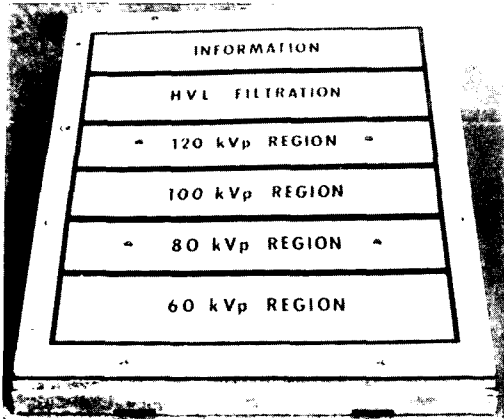


Fig. 1.

2. 使用方法

Source Image Distance (S. I. D)를 50~100 cm로 맞추고 cassette의 장축이 X선관의 양극과 음극의 축에 평행되게 test cassette를 놓고, 조사하고자 하는 관전압이 X선조사야의 중심에 오게 하며, 나머지 부분은 Pb판으로 가린다.

노출조건은 기준이 되는 쪽의 농도가 1.0이 되게 관전류와 조사시간을 조정하여 X선을 조사, film을 현상하면 각각 쌍으로 된 구멍이 그림 2와 같이 우측의 기준이 되는 구멍은 거의 동일한 농도로 나타나고 좌측은 Copper step wedge를 통과한 것으로 각기 틀린 농도로 나타난다.

이 구멍의 농도를 측정하여 기준이 되는 쪽 구멍의 농도와 동일하게 되는 계단을 좌측의 Copper step wedge의 위 구멍부터 찾고 응용예 1, 응용예 2와 같이 match step을 산출한다.

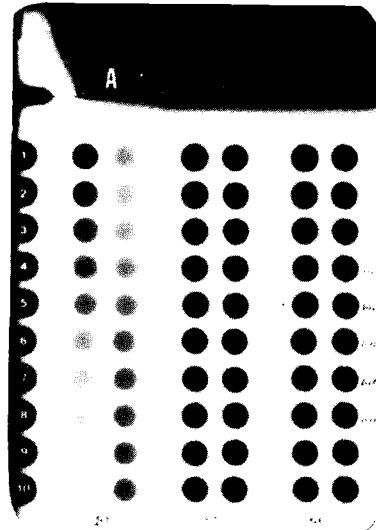


Fig. 2.

Table 1. Typical Exposure Factors For Wisconsin Test Cassette

Cassette Region	Source - Table Top Distance	KVP Setting	mAs	
			1-Phase Units	3-Phase Units
A	0.5 m (20")	60	150	75
B	1 m (40")	80	90	45
C	1 m (40")	100	20	10
D	1 m (40")	120	10	5
HVL	1 m (40")	60	4	2

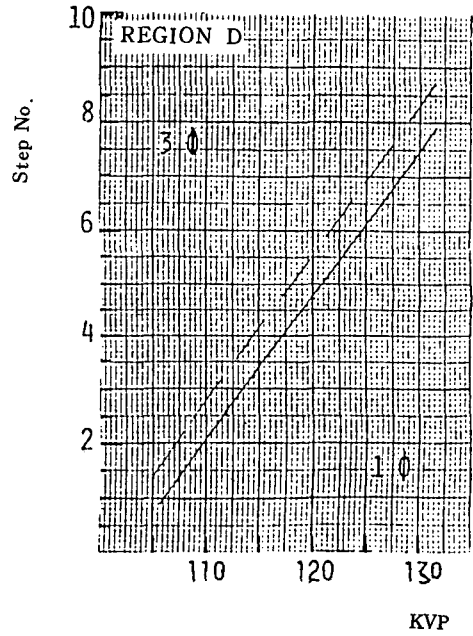
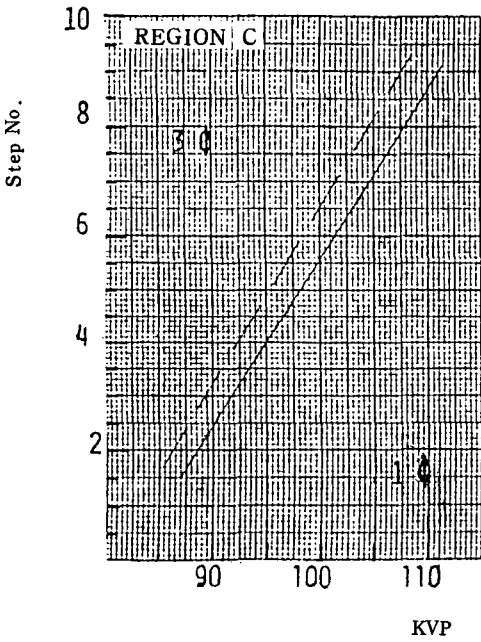
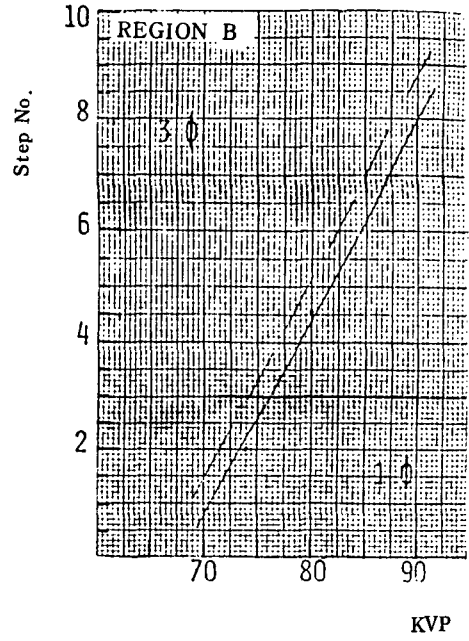
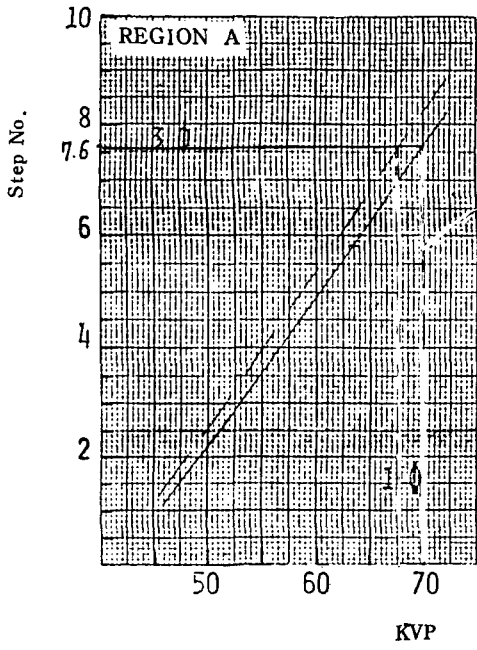


Fig. 3.

응용예 1은 기준이 되는 쪽 구멍의 농도가 동일한 경우이며, 응용예 2는 기준이 되는 쪽 구멍의 농도가 동일하지 않은 경우이다.

산출된 match step을 가지고 그림 3에 따라 종축에 match step, 횡축에 KVP가 표시된 Calibration curve를 이용해 관전압을 구한다.

구하는 방법을 예를 들면 match step이 가령 7.6일 때 단상전파정류장치는 실선과 만나는 점에서 수직으로 내려 횡축의 관전압을 찾으면 69.5KVP, 삼상전파정류장치는 점선과 만나는 점에서 수직으로 내려 관전압을 찾으면 67.5KVP가 된다.

Ⅲ. 實驗機器 및 實驗方法

1. 實驗機器

- X선발생장치 : Simens Tridoros 5S 800 mA 1대
Toshiba DC-15KB 500mA, 2대
- 관전압측정계 : Wisconsin KVP test cassette
(Model 101, Nuclear Associates of Victoreen, I. N. C)
Digital KVP meter-II
(Model 07-473, Nuclear Associates of Victoreen, I. N. C)
- 농도계 : Sakura PDA-85
- film : Sakura A.
- 자동현상기 : Sakura New Qx. 1200

2. 實驗方法

60KVP 측정시에는 SID 50 cm, 관전류량은 단상전파정류장치 300mAs, 삼상전파정류장치 160 mAs로 노광하고, 80KVP 측정시는 SID 100 cm, 단상전파정류장치는 160mAs, 삼상전파정류장치는 80 mAs, 100KVP 측정시 SID 100 cm, 단상전파정류장치는 32mAs, 삼상전파정류장치는 16mAs로 노광하였으며 Digital KVP meter로 측정시에는 source-table top distance 50 cm로 하였다.

이상과 같은 방법으로 각기 3대의 장치에 대해서 각 관전압을 5회 반복 측정하였다.

Ⅳ. 結 果

관전압의 평균치는 KVP test cassette 사용시 60 KVP시 각 장치별 61.8, 61.4, 63.6 KVP, 80 KVP시 76.3, 77.9, 80.5KVP, 100KVP시 92.1, 95, 98 KVP로 나타났으며, Digital KVP meter에서는 60 KVP시 56.7, 58.5, 59.6KVP, 80KVP시 73.9,

Example 1.

Step No.	OD of Step	OD of Reference
7	1.44	1.35
8	1.29	1.35

$$\begin{aligned} \text{Match step} &= 7 + \frac{1.44 - 1.35}{1.44 - 1.29} \\ &= 7 + \frac{0.9}{1.5} = 7.6 \end{aligned}$$

step No.	step No.
6 ● ● 1.35	4 ● ● 1.13
7 ● ● 1.35	5 ● ● 1.11
8 ● ● 1.35	6 ● ● 1.13
9 ● ● 1.29	7 ● ● 1.11
10 ● ● 1.44	8 ● ● 1.10

Example 2.

Step No.	OD of Step	OD of Reference
6	1.18	1.13
7	1.08	1.10
		Average 1.12

$$\begin{aligned} \text{Match step} &= 6 + \frac{1.18 - 1.12}{1.18 - 1.08} \\ &= 6 + \frac{0.06}{0.10} = 6.6 \end{aligned}$$

78.7, 81.2KVP, 100KVP에서는 86.0, 93.1, 93.5KVP로 나타나 관전압의 평균치는 KVP test cassette 사용시가 다소 높게 나타났으나 그 경향은 거의 같게 나타나고 있다.

장치의 재현성의 변동계수는 KVP test cassette 사용시 60KVP에서 각 장치별 0.017~0.025, 80KVP에서 0.006~0.023, 100KVP에서 0.002~0.01로 나타나고, Digital KVP meter 사용시는 60KVP에서 0.009~0.018, 80KVP에서 0.006~0.023, 100KVP에서 0.013~0.041로 나타나 저관전압에서는 Digital KVP meter 사용시에 변동계수가 적게 나타났으며, 고관전압에서는 KVP test cassette 사용시가 변동계수가 적게 나타났으나 각 장치별 모두 JIS 규격 0.1 이하로 나타났다.

백분율평균오차는 KVP test cassette 사용시 60

Table 2. Measured Tube Voltages

KVP	Measured kVp Equipment		Measured kVp					\bar{X}	CV	PAE (%)
			1	2	3	4	5			
60	A	Wisconsin	60.5	63.0	62.0	61.0	62.6	61.8	0.017	-3
		Digital	56.5	56.1	57.5	56.5	56.9	56.7	0.009	5.5
	B	Wisconsin	61.0	64.0	61.0	60.0	61.0	61.4	0.025	-2.3
		Digital	58.5	57.5	57.4	58.1	60.0	58.3	0.018	2.8
	C	Wisconsin	64.0	66.0	63.0	62.5	62.5	63.6	0.023	-6.0
		Digital	58.4	59.5	59.6	60.6	60.1	59.6	0.014	0.6
80	A	Wisconsin	76.0	77.0	76.0	76.0	76.6	76.3	0.006	4.6
		Digital	72.0	75.0	74.8	74.0	73.8	73.9	0.016	7.6
	B	Wisconsin	81.0	77.0	78.0	77.0	76.5	77.9	0.023	2.6
		Digital	80.2	79.0	77.8	78.0	78.5	78.7	0.012	1.6
	C	Wisconsin	81.5	79.0	80.5	81.5	80.0	80.5	0.013	-0.6
		Digital	80.9	80.5	82.1	81.7	80.0	81.2	0.011	-1.3
100	A	Wisconsin	92.5	92.0	92.0	92.0	92.0	92.1	0.002	7.9
		Digital	85.0	85.3	87.7	86.6	85.4	86.0	0.013	14
	B	Wisconsin	96.0	96.0	94.5	94.0	94.5	95.0	0.010	5
		Digital	99.0	95.0	88.0	89.0	94.5	93.1	0.049	6.9
	C	Wisconsin	96.0	98.0	98.0	100	97.5	98.0	0.015	2
		Digital	94.0	96.8	89.1	89.9	97.5	93.5	0.041	6.5

KVP에서 -2.3~-6.0%, 80KVP에서 -0.6~4.6%, 100KVP에서 2.0~7.9%로 나타나고, Digital KVP meter에서는 60KVP시 0.6~5.5%, 80KVP시 -1.3~7.6%, 100KVP에서 6.5~14%로 KVP test cassette 사용시가 Digital KVP meter 사용시보다 백분율평균오차는 적게 나타났다. 이것은 대부분이 KSA, JIS 규격인 $\pm 7\%$ 이하로 나타났으나^{6,7)} A장치에서 80, 100KVP시 7.6, 7.6, 14%로 허용치를 벗어났다. (표 2 참조).

V. 考 按

X선관전압은 X선촬영에 관여하는 重要な 因子로서 극히 작은 오차로도 X선사진이나 형광상에 미치는 영향은 크다. 특히 수평부에 도달되는 강도를 크게 변화시키고 피사체대조도에 영향을 미친다.

관전압은 지시치와 실체치에 차이가 생기는 수가 많이 있으며 그 원인은 장치에 교장이 있는 이외에 Control panel에 올바른 계기가 설치되지 않았거나 전원전압의 심한 변동, 관전류의 변동이 있으면 2차측고압변압기의 전압강하가 있게 된다.

X선관전압을 측정하는 계기는 최근에 다양화되어 여러 종류가 보급되고 있으나 그 중에서도 銅階段을 조합시킨 cassette는 非接觸型으로서 그 方法이 간편하여 널리 이용되고 있으며 AAPM (American Association of Physicists in Medicine) 報告 4는²⁾ X선관전압의 측정에 이용하도록 권고되고 있다.

이 方法에 대해서 齊藤⁹⁾은 Dynamic study 측정기와 병용비교한 결과, 오차는 약 2%에 불과했으며, 본 실험에서는 Digital KVP meter에 비해서 높은 신뢰도를 나타내고 있었다.

AAPM report 4에는 결과의 평가를 전전류에 대해서 관전압 65~95KV 내에서 설정치의 $\pm 5KV$ 이내가 되도록 되어 있다. X선장치를 관리하는데 관전압치를 정확하게 측정하는 것은 매우 重要하며 그 측정방법은 전기량의 강도를 직접 측정하는 것으로 2차 회로측에 계기를 접속하도록 되어 있어 임상적인 응용면에서는 실질적이 못된다.

본 KVP test cassette는 농도를 측정하여 관전압을 산출하는 방법인 만큼 임상에 종사하는 방사선사에게는 Quality assurance의 관점에서 보다실체적인 관전압 측정법이라 사료된다.

VI. 結 論

Wisconsin kVp test Cassette 로 관전압을 측정할 결과 다소 번잡하고 측정할 수 있는 관전압이 고정되어 있는 단점도 있으나, 온도와 습도의 영향을 받지 않고 신뢰성이 좋으며 또한 가격도 저렴하여 실제 임상에서 화질관리하는데 적당하다고 사료된다.

參 考 文 獻

1. 青柳泰司: 診断用 X線裝置の測定と特性, 日本放射線技師會雜誌, 28(4):6, 1981.
2. 總合委員會 (放射線技術品質保證計班)報告, AAPM Report No. 4., Basic Quality control in Diagnostic Radiology, 日本放射線技術學會雜誌, 40(3):441, 1984.
3. 樽岡照知・中西市雄・鎌倉敏子・久保博・前田義明・伊藤博: 放射線 器管理 QC 키트について(第2報) UW KVP 테스트 카세트의 콘덴서 장치への
4. William R. Hendee, Edward L. Chanty, Raymond P. Rossi: Radiologic Physics, Equipment and Quality Control, Year book Medical Publishers, Inc., 1977.
5. HEW publication(FDA) 79-8094: Quality Assurance for Radiographic X-ray Units and Associated Equipment, U. S. Department of Health Education and Welfare, 1979.
6. KSA 4022: 의료용 X선고전압장치총칙, 1977.
7. JIS Z 4702-1978: 醫用 X線高電壓裝置通則, 日本放射線協會, 1981.
8. Instruction Manual KVP Test Cassette (Model 101), Nuclear Associates.
9. 齊藤文男: 簡易 X線管電壓測定の諸検討(2) Wisconsin X-ray Test Cassette에 について, 日本放射線技術學會雜誌, 40(1): 102, 1983.