

## 診斷用 X線裝置에 있어서 性能測定의 實際

國立保健院 放射線標準部

慶 光 顯

### Practice of Performance Measurement in Diagnostic X-ray Equipment

Kwang Hyon Kyong

Dept. of Radiation Standards, National Institute of Health Republic Korea

#### 1. X선장치 측정의 필요성

최근 진단용 X선장치는 의료전자공학의 발달로 대출력, 최단시간의 X선조사가 가능함에 따라 X선장치의 제어회로는 매우 복잡하게 되었고 조정개소도 많아졌다. 이로 인하여 품질보증 프로그램(Quality Assurance, QA)에 대한 중요성이 과거 어느 때보다 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 이 QA 프로그램을 수행하기 위한 접근방법은 그림 1 과 같으며, 이를 위해서는 우선 X선장치의 구성, 구조, 동작원리, 이용응용의 상황 등을 충분히 이해할 필요가 있다.

진단용 X선장치는 용도에 따라서 설계되어 조립, 조정단계를 거쳐서 각종 시험을 한 후 완성품으로 되어 실수요자에게 출하된다. 이 완성품을 구입하는 단계에서부터 설치된 후의 사용기간을 포함하여 방사선사들은 QA 프로그램에 지

접적으로 관여할 책임이 있다고 본다.

특히, 진단용 X선장치는 전기적부분과 기계적 부분으로 구성되어 있기 때문에 그림 2 와 같은 원인으로 인하여 그 특성은 물론 성능저하가 초래된다. 그러므로 설치되어 사용중인 X선장치가 최초의 성능을 유지하면서 정상적으로 동작되고 있는가를 정기적으로 측정하여 확인하는 것은 QA 프로그램에 있어서 필수조건이라 하겠다. 이를 위한 측정항목에 대한 권장은 미국의 DHHS Publication(FDA)이나 WHO의 workshop 보고가 있다. 이들의 보고서를 보면 각 측정항목에 대한 측정주기의 대부분이 방사선사 단독 또는 방사선물리학자와 같이 관여하고 있는 것으로 되어 있어 방사선사의 책임은 크다고 볼 수 있다.

진단용 X선장치의 성능을 파악하기 위한 측정항목은 여러가지가 있으나, 그 중에서도 X선의 양과 질을 좌우하는 관전류(mA), 관전압(kV)

\* 이 講座는 「京畿道放射線士會」 주최 放射線士補修教育(1984.5.20, 동남보건전문대학 강당), 「全羅北道放射線士會」 주최 放射線士補修教育(1984.6.2, 원광대학교 강당) 및 「서울시放射線士會」 주최 放射線士補修教育(1984.6.14, 서울대병원 강당)에서 발표되었음.

그리고 조사시간(sec), X선출력에 대한 제한성과 X선조사야의 차이시험은 반드시 포함시켜 측정하여야 한다.

이러한 점을 고려하여 X선장치의 성능측정항목 중 조사조건과 조사야 차이를 중심으로 한 측정방법에 대해서 논하고자 한다.

## II. X선장치의 구성과 정격

### 1. 구성

X선장치는 그림 3 과 같이 고전압발생장치, X선제어장치, X선관장치, 조사야제한기구, X선기계장치, 그리고 X선영상장치로 나뉘어진다. 이 단위기기들에 대한 각각의 특성이 합성되어 1개의 X선장치에 대한 종합적인 성능으로 표시되고 있다. 그 일환으로 고전압발생장치와 X선관장치에는 정격이 각각 표시되어 있으며 제어장치에는 관전압, 관전류, 조사시간, 그리고 슬릿선택 등에 대한 사항이 정해지고 있기 때문에 X선장치를 동작할 때는 물론 성능을 측정할 때는 이들에 관한 특성을 충분히 이해하는 것은 기본이 된다.

### 2. 정격

500mA의 단상전파정류 고전압발생장치의 정격의 예로서,

관 전 압	관 전 류	조사시간
150 kV	300 mA	5 sec
125 kV	500 mA	5 sec
120 kV	4 mA	연 속

이라고 할 때, 이것은 최대정격부하를 표시한 것이다. 즉, X선관전압은 최고 150 kV까지 인가시킬 수 있으며 이때 흐르게 할 수 있는 최대 관전류는 300mA로서 시간은 5초간이다. 또한 X선관전류를 최대 500mA로서 5초간 흐르게 할 수 있는 상태에서는 125 kV까지 인가시킬 수도 있다. 이 두 가지의 경우는 X선촬영을 할 때 표시하는 정격으로서 단시간정격이라고 한다.

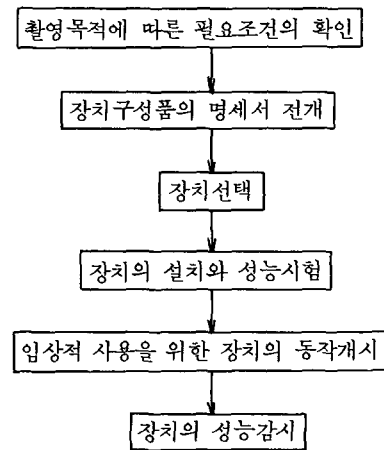


그림 1. X선장치에 대한 품질보증(QA)

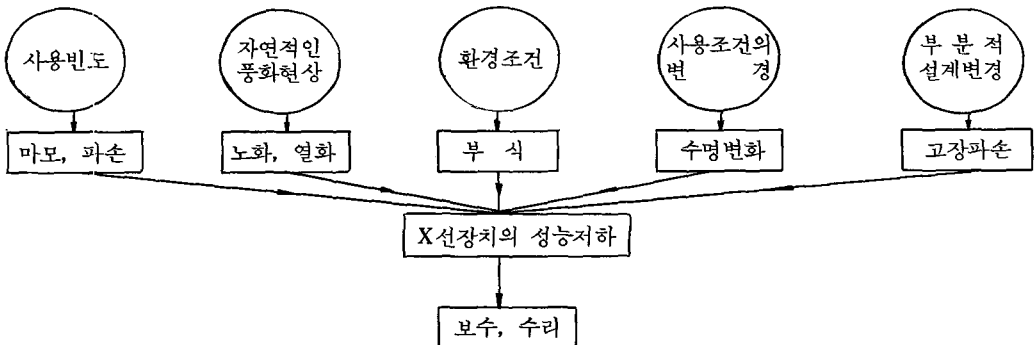


그림 2. 진단용 X선장치 성능의 저하요인

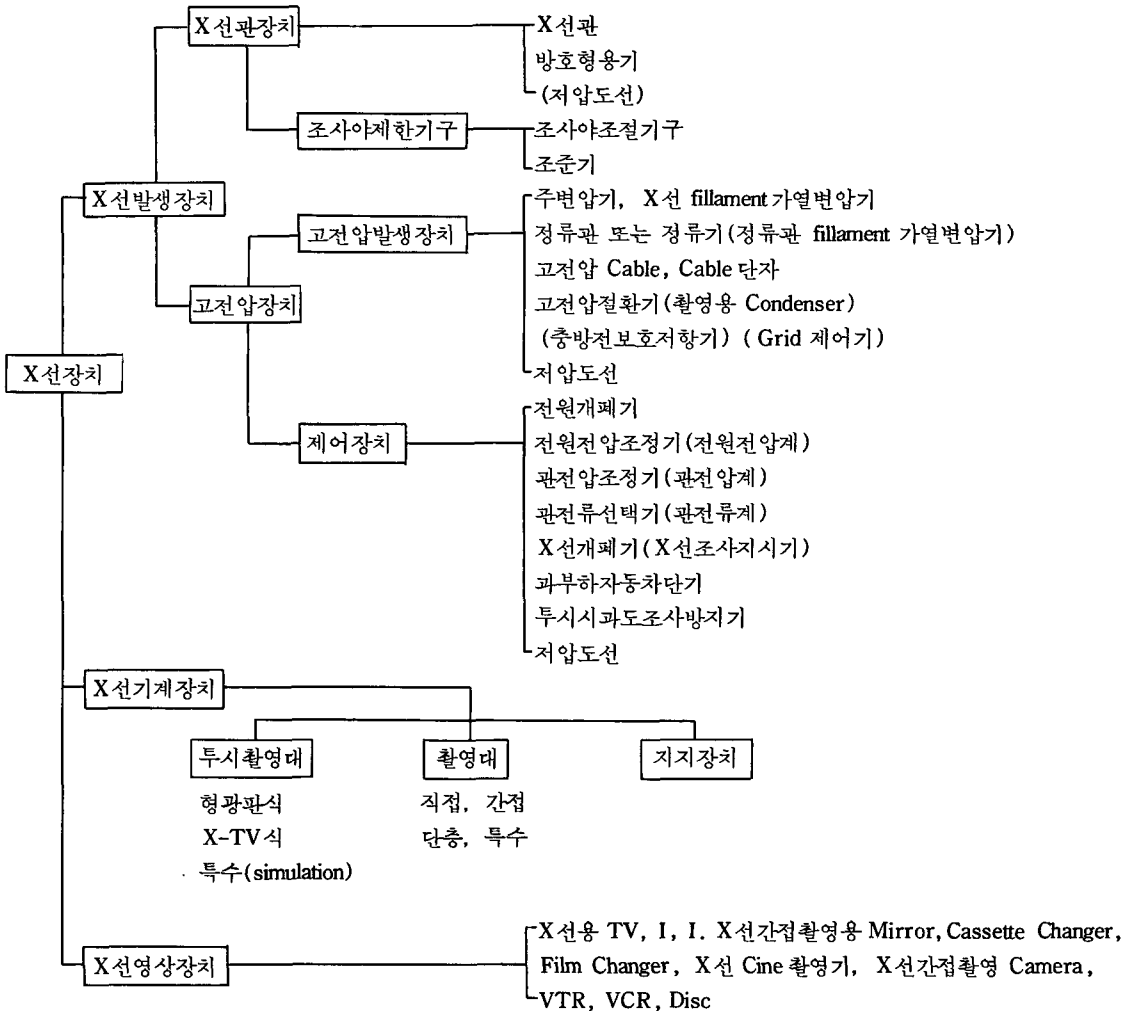


그림 3. 진단용 X선장치의 구성

그리고 투시등과 같이 연속해서 부하를 가하는 경우는 최고 120 kV의 관전압에서 4 mA의 관전류를 5분간 이상 흐르게 할 수 있다. 이때 표시하는 정격을 장시간정격이라고 한다. 이상의 수치는 그 장치의 능력한계를 표시하는 것이지만 안정한 상태하에서의 파고치(kVp)와 평균치(mA)로서 나타나기 때문에 공칭정격이라고도 말할 수 있다.

X선관에 있어서는 정격으로 표시하는 것은 초점크기, target 각도, 고유여과 및 v-i 특성을 알면 실제적인 장치의 성능을 알 수가 있다. 또

한 방사선누설선량에 대해서도 규제가 있으며 최고사용 관전압, 단시간최대입력(kW), 최대양극축적열용량(kHU), 그리고 규정양극회전수(RPM)도 포함된다.

이외같이 X선장치에 대한 최대정격은 고압측 내전압, X선관전압, 관전류, 조사시간축정치는 물론 X선관장치의 누설선량을 측정할 때는 매우 중요한 요소들이 되고 있다. 이들의 항목을 측정시 최대정격을 고려하지 않으면 X선관구의 파손은 물론 동작상태가 불능하게 된다.

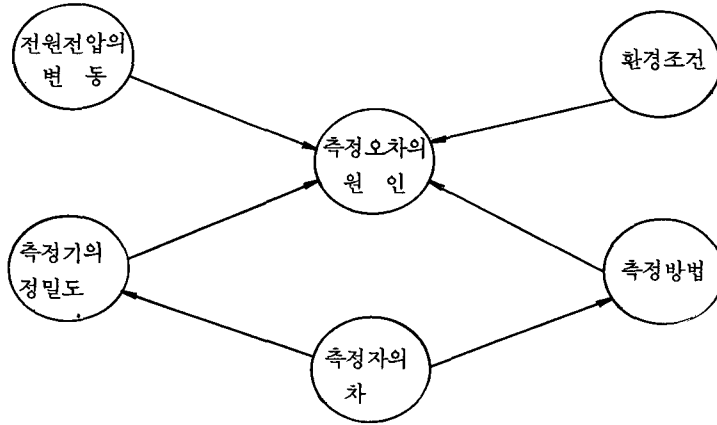


그림 4. X선장치측정시 오차의 원인

### Ⅲ. X선장치측정시 고려사항

#### 1. 측정조건

X선장치를 측정할 때는 그림 4와 같은 원인에 의해서 오차가 계통적, 우발적으로 발생할 수 있다. 그러므로 오차를 감소시키고 정확한 측정을 하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있다.

##### [1] 전원전압

측정중 전원전압은  $\pm 0.5\%$ 를 넘는 변동이 있어서는 안된다. 이때의 파형은 실질적 정현파형이어야 한다. 이 상태를 유지하기 위해서는 용

량이 큰 단독 주상변압기의 설치가 된 상태이면 이상적이다. 표 1은 X선고압장치의 형식에 따라 권장하는 최대 임피던스와 주상변압기의 용량을 나타낸 것이다.

##### [2] 환경조건

측정시 온도는  $20^{\circ} \pm 15^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는  $65 \pm 20\%$ , 기압은  $760 \sim 1060\text{mbar}$ 의 환경조건이 유지되어야 한다. 그리고 X선장치를 확실하게 접지한 상태하에 12시간이상 동작시키지 않고 방치하에 측정하는 것이 좋다.

##### [3] 측정기의 정밀도

측정시 사용되는 모든 측정기는 국가교정검정

표 1. 진단용 X선장치 전원의 최대임피던스 및 변압기용량

X선고압장치의 형식	상수	주파수 (Hz)	표준전압 (V)	허용전압 범위 (V)	최대임피던스	권장하는 ※ 주상변압기용량(kVA)
RF-300-100	1	60	200	180~220	0.133	20
RF-500-100					0.080	30
RF-500-125					0.064	50
RF-500-150					0.051	50
TRF-1000-150	3				0.041	100
콘덴서식	1		100	85~110	0.5	-

KW: kVA  $\times$  0.95 (역율)

RF: 단상 X선장치

TRF: 3상 X선장치

표 2. X선장치측정(kVp, mA, sec)시 필요한 측정기의 종류에

측정항목		측 정 기 명	제조회사 및 모델	측 정 범 위
타이머	○	X-ray equipment calibration and verification system	Machlett Lab. ※ Dynalyzer II	1 ~ 999msec
			Machlett Lab. ※ Dynalyzer III	
	○	X-ray exposure timer	Alco Electric Co. TD-3A	1 ~ 9999 msec
	×	Digital x-ray generator timer	Victoreen Inc. 07-3A	0 ~ 9999 Pulses
			Victoreen Inc. 07-457	
	○	Universal counter /timer	Fluke Mfg. Co. 7250A	
×	Spinning top	자작가능	1 초정도	
×	Noninvasive x-ray evaluation system	Victoreen Inc. ※ NERO 6000 A	1msec ~ 10 sec	
관전류	○	X-ray equipment calibration and verification system	Machlett Lab. ※ Dynalyzer II	0 ~ 2000mA
			Machlett Lab. ※ Dynalyzer III	0.1 ~ 2000 mA
	○	mA meter	Alco Electric Co. MA-1201	15 ~ 1200mA
			Alco Electric Co. MA-1201 D	0.1 ~ 200 mA 1 ~ 2000mA
			Xonics A-6829-1	
			Toreck Co. AB-2015 D	20 ~ 1500mA
	×	Noninvasive x-ray evaluation system	Victoreen Inc. ※ NERO 6000 A	$mA = \frac{mAs}{sec}$
	○	X-ray equipment calibration and verification system	Machlett Lab. Dynalyzer II	A + C = 199 kVp A + G = 100 kVp C + G = 100 kVp
			Machlett Lab. ※ Dynalyzer III	A + C = 150 kVp A + G = 82.5 kVp C + G = 82.5 kVp
	○	KVp meter	Alco Electric Co. KV-201	10 ~ 200 kVp
Alco Eleelectric Co. KV-201 D			5 ~ 199.9 kVp	

측정항목		측 정 기 명	제조회사 및 모델	측 정 범 위
관전 압	×	Digital kVp meter	Keithley Instruments, Inc. 35070 35080	50~150 kVp 50~150 kVp
			Victoreen Inc. 07-437	60~120 kVp
	×	KVp test cassette	Victoreen Inc. 07-466	62~ 95 kVp
	×	Noninvasive x-ray evaluation system	Victoreen Inc. ※ NERO 6000A	27~155 kVp

× : non-invasive (비접속형) 측정기

○ : invasive (접속형) 측정기

※ : kVp, mA, sec 동시측정 가능한 측정기

기관 또는 다른 측정기와 정기적으로 비교측정하여 교정된 것을 사용하여야 한다. 측정기의 종합오차는 장치성능으로 허용차의 30%를 초과해서는 안된다.

#### [4] 측정방법

측정결과를 측정하는 사람에 따라서 어느정도 차이가 있다. 이 차를 감소시키기 위해서는 측정방법의 표준화와 측정시마다 신중을 기할 필요가 있다.

#### 2. 측정기의 종류

X선장치의 측정을 위해서는 각각의 측정항목에 따라 필요로 하는 측정기의 구비가 급선무이다. 이들의 측정기의 종류는 제조회사에 따라 표 2와 같이 다양하나 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 즉 그림 5와 같이 접속형과 비접속형 측정기로 분류되며, 이들은 다시 측정항목에 대하여 동시측정용과 분리측정용으로 구분된다. 접속형측정기는 X선장치의 회로에 측정기를 그림 6과 같이 직접 접속시켜 측정할 수 있는 것이고 비접속형 측정기는 X선장치의 회로에 측정기를 접속 배치시키지 않고 X선관에서 조사된 실제의 X선량에 의해 측정할 수 있는 것을 말한다. 접속형 또는 비접속형측정기와는 관계없이 동시측정용은 관전압, 관전류, 조사시간, 조

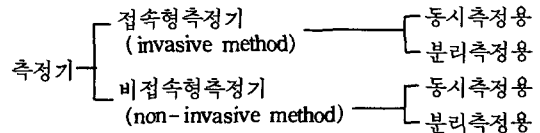


그림 5. X선장치측정을 위한 측정기의 구분

사선량을(mR/sec), mAs, mR/mAs, line voltage 등을 1개의 unit로서 동시에 측정할 수 있으나, 분리측정용은 측정항목에 따라서 별개의 측정기를 필요로 하는 측정기이다.

또 조사조건에 대한 항목측정에 있어서 관전압은 파고치, 관전류는 평균치로 표시되고 있지만 이에 대한 순간적인 현상(파형)을 기록할 수 있는 oscilloscope도 준비할 필요가 있다. 관전압, 관전류의 파형을 oscilloscope에 입력시키면 관전압, 관전류파형을 투입위상부터 차단위상까지 관찰하여 surge전압의 유무, 여자돌입전류(勵磁突入電流)의 유무 등을 파악할 수가 있으며 관전압파형으로부터는 조사시간도 측정할 수 있다.

그리고 접속형측정기를 사용할 때는 고전압을 분압(分壓)시키기 위하여 분압기(divider)를 준비할 필요가 있다. 이 고전압분압기의 종류는 저항분압기, 용량분압기, 보상저항분압기가 있으나 현재는 오차가 적고 주파수특성이 양호한 병

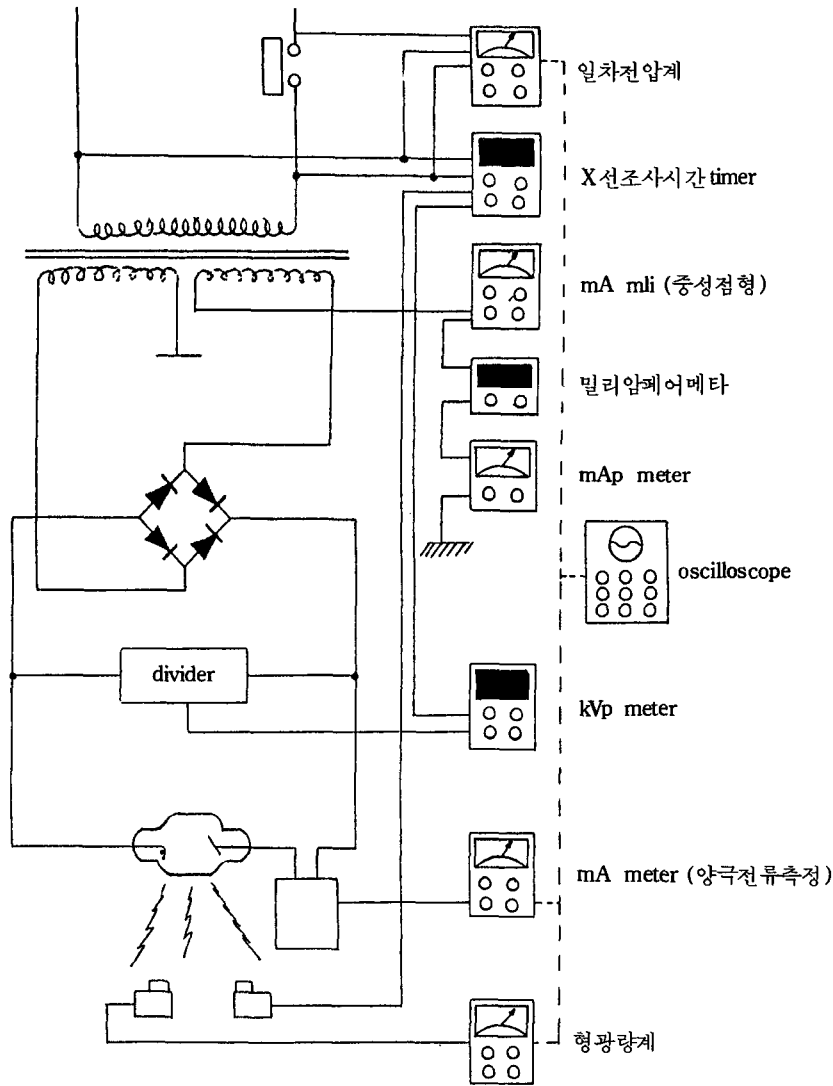


그림 6. X선장치측정시 측정기의 접속측정회로(ALCO Electric Co., LTD.)

렬CR형 보상저항분압기가 일반적으로 사용되고 있다.

### 3. 측정상 주의

X선장치는 전기적 부분과 기계적 부분으로 구성되어 있어 X선장치측정시 특히 접속측정기를 사용할 때는 다음과 같은 점에 대하여 세심한 주의가 요구된다.

#### [1] X선장치회로의 보존

측정시 측정기를 X선장치에 접속하기 위하여 회로중 결선된 것을 함부로 해체하거나 또는 접속되어 있는 부분을 변형시키는 것은 X선장치의 동작이상은 물론 고장 파손의 원인이 될 수 있기 때문에 주의하여야 한다.

#### [2] 접촉단자의 축수 금지

X선장치의 제어기내(저압측)는 최고 200~250V의 전압이 노출된 접촉단자에 인가되어 있다. 그러나 저전압에서도 항상 위험이 상존하기

표 3. X선장치측정과 Check point의 목록표

	측 정 기	측 정 점	측정대상	check point	측정주기	기 준
(1)	촬영용 타이머 X선관전압계 oscilloscope cycle counter (Spinning top) 기록기	최단시간에서는 0.05초, 0.1초, 0.2초, 0.5초, 1초 최장시간에서는 3.0초이상에서 선택할수 있는 시간 관전압: 최고정격치의 2/3 관전류: 최장시간에서의 허용관전류 예: 150kV 장치에서는 100kV 전후에서 100-200mA 정도가 실용적이다.	관전압마형과 1차 전압마형	1) 투입, 차단위상 2) PAE (비분할형 균오차) 3) 역위상투입 4) 재현성 (CV)	6개월	1. 단상장치 1) $t < 10\mu\text{pulse}$ 허용차 $\pm 0\mu\text{pulse}$ 2) $t \geq 10\mu\text{pulse}$ 허용차 $\pm 10\%$ 2. 3상장치 1) $t < 0.01\text{초}$ 허용차 $-1.5 \sim +3\text{ms}$ 2) $0.01\text{초} \leq t < 0.04\text{초}$ 허용차 $\pm 20\%$ 3) $0.04\text{초} \leq t$ 허용차 $\pm 10\%$
(2)	X선관전류계 (단시간용) Oscilloscope 기록기 (관전압)	표의 각 장치별에 따른 각각의 관전류의 측정점에서 측정한다. 관전압: 60, 80, 100, 120, 150kV 조사시간: 최대정격에서 허용할 수 있는 시간 (0.04~0.1초)	고압속 X선 관전류 또는 중성점 X선 관전류 고압속 X선관전류 파형	1) 설정치와 측정치의 일치성 (PAE) 2) 관전압에 의한 변동 (공간전하 보상) 3) 1회의 조사에 있어서 투입부터 차단까지의 정상성 4) 파형의 상배 5) 재현성 (CV)	3개월	저시치에 대해서 허용차 $\pm 10\%$
(3)	X선관전압계 X선관전류계 Oscilloscope 기록기	표의 각 장치별에 따른 각각의 관전류에 대해서 60, 80, 100, 120, 150kV에서 측정한다. 관전류: 50, 80, 100, 200, 300, 500, 700, 1000mA 조사시간: 최대정격에서 허용할 수 있는 시간 (0.04초~0.1초)	관전압 관전압파형	1) 설정치와의 저시치의 일치성 (PAE) 2) 1회의 조사에 있어서 투입부터 차단까지의 정상성 (Surge 전압, 파고치의 일치성 등) 3) 파형왜곡의 유무 4) 재현성 (CV) 5) 맥동률 (3상장치)	3개월	저시치에 대해서 허용차 $\pm 7\%$
	부하시 1차전압계	125kV(1 $\sigma$ 2peak) 100kV(3 $\sigma$ 6, 12 peak)에서의 100mA 이상의 X선관 허용한도까지의 관전류	전원전압 (타입은 0.04~0.1초)	1) 전원전압맥동률 2) 배전변압기용량 3) 배전선단면적전이	수시	단상 교류: $\pm 5\%$ 삼상 교류: $\pm 2\%$
(5)	X선출력 형광탐지, 선량계 Oscilloscope 기록기		형광탐 또는 조사선량 형광파형	1) 관전압과 사진표파 2) 관전류와 사진표파 3) 재현성 (CV) 4) 형광파형의 왜곡 5) A step wedge 또는 인체 phantom 촬영 6) 반가속	3개월	선량: 각 측정치의 평균치에 대한 편차는 10% 이내 선질: HVL로 표시
(6)	조사야차이 측정기구 형광판, 필름, Cardboard holder	SID 100cm 설정 조사야 10x10cm 20x20cm에서 광조사야와 주변에 필름을 놓고 X선 조사	X선조사야 광조사야	1) 중심의 차이 2) 주변의 차이	2개월	조사야의 중심과 광조사야의 중심의 차이 및 각 주변의 차이는 SID의 2% 이내 X선조사방향에 대한 정렬것에 대해서는 SID의 1% 이내
(7)	누설선량 선량계, 선량율계 20HVL 이상의 연판	X선관출점에서 100cm 거리의 모든 점에서 측정 및 X선관장치 및 그부속기구의 표면으로부터 5cm 되는 모든점에서 측정 측정조건: 단시간최고정격 관전압에서 0.1초간 부하할 수 있는 최대 관전류의 값 예: 140kV, 0.1초에서 허용 최대 관전류 또는 최고 투시관전압 2mA	누설선량	1시간당 적산치	6개월	출처로부터 100cm의 거리에서는 100mR/h 이하
(8)	검지 디지털 볼트meter	환자의 주변기기	외상누설전류	1) 검지단자 2) 검지선의 접속및 굵기	수시	



때문에 측정시 손이 닿지 않도록 해야 한다.

[3] cable의 방전조작

접속형측정기를 사용하는 경우는 고압 cable의 plug가 노출되는 경우가 있다. 이때에는 반드시 plug 선단의 핀을 접지도체에 접촉해서 잔유전하를 방전시키는 조작이 필요하다. 특히 측정직후에 plug을 빼는 경우는 고압전하의 잔류가 대단히 많기 때문에 매우 위험하다. 그러므로 접지조작을 반복해서 하여야 한다.

[4] 접지

측정시 사용되는 측정기는 분압기용기에 설계된 접지단자에 제 3종접지공사에 의한 접지를 확실하게 하여야 한다.

IV. X선장치측정의 실제

1. 측정항목

X선장치의 측정항목과 그 순서는 표 3과 같다. 표의 번호는 측정순서를 표시한 것이다.

2. 관전류, 관전압, 조사시간의 동시측정 요령

[1] 접속형측정기를 이용한 동시측정

이 방법은 고전압발생기의 2차측 양단간에서

측정하는 방법이다. Dynalyzer III을 이용한 측정실제의 예를 들고자 한다.

가. 측정기의 접속

Dynalyzer III의 display unit는 X선장치 제어기의 근처에 위치시키고 divider는 촬영실내의 X선관장치 근처에 설치하며 이때 divider내에 들어 있는 절연까스(SF6)는 X선에 노출 경우 전리되어 절연능력이 저하될 우려가 있으므로 X선관장치에서 노출되는 1차선으로부터 방여되어야 한다.

(1) 고압측 접속

X선장치의 X선관장치와 X선고압변압기 사이에 divider를 결선하고 dynalyzer III의 display unit를 접속한다. 즉 접속방법은 그림 7과 같이 X선관장치에 결선되어 있는 anode와 cathode용 고압 cable을 각각 빼서 divider의 정해진 삽입구에 각각 접속시킨다. 그리고 별도의 고압 cable을 2개 준비해서 이들을 이용하여 divider에 있는 나머지 2개의 삽입구(anode, cathode용)와 X선관장치의 anode와 cathode에 각각 접속시킨다. 이때에 divider와 X선제어기 display unit는 동일점에 접지되도록 한다.

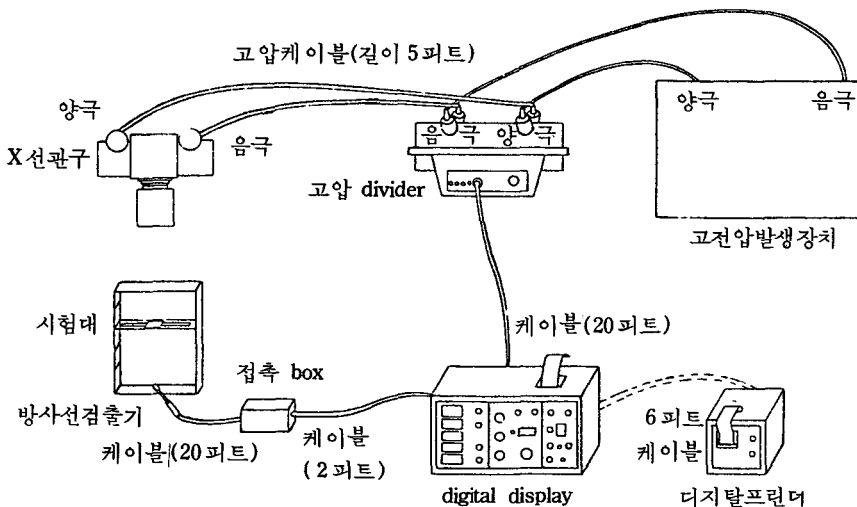


그림 7. Dynalyzer III의 고압측 및 저압측 접속방법의 예

(2) 저압측 접속

고압측 접속이 완료된 후 display unit 와 oscilloscope 를 연결하고 측정항목에 대하여 측정할 수 있게 해당되는 스위치를 조정하고 관전압, 관전류와 이의 파형을 동시에 관측할 수 있도록 oscilloscope 를 trigger 시킨다.

나. 0 조정

Dynalyzer III에 전원을 넣어서 약 15분 정도 warming up을 행한 다음에 display unit 의 지시기를 모두 0으로 조정한다.

다. X선조사의 실제

(1) 준비

Dynalyzer 의 고압접속, 저압접속 그리고 지시기의 0 조정이 완료되면 다시 접속에 대한 배선관계, 접지상태 등을 확인한 후 저관전압소관전류의 단시간 정격부하조건(예, 60 kV, 100mA, 0.1 초정도)에서 시험적으로 X선을 조사한다. 이때에 설정된 조사조건과 계기상에 나타난 지시치를 비교하여 그 차이가 비정상적으로 크거나 또는 통전 중 이상한 소리, 냄새 등이 나면 즉시 X선조사를 정지하고 접속에 대한 사항을 재점검한다. 접속의 이상이 없으면 연속부하와 단시간부하의 조건에서 시험적으로 다시 X선조사를 한다. 최종적으로 이상이 없으면 표4와 같은 측정점에 대해서 조사조건을 측정한다.

(2) 측정점에서의 X선조사

관전류, 관전압측정시 측정점에 대한 선택은 X선고전압장치의 형식에 따라서 약간 차이가 있으며 조사시간의 선택은 최대정격관전압과 그 관전압에 있어서 허용되는 최대관전류에 의해 결정하여야 한다.

300mA 100 kV의 단상전파정류장치(RF-300-100)의 측정점에 대한 예를 들면 다음과 같다. 관전류를 50, 100, 200, 300 mA로 각각 고정시키고 그 관전류에서 관전압을 60, 80, 100 kV로 각각 변화시키면서 0.1 초 정도의 조사시간으로 X선을 조사시킨다(표4 참조). 각 측정점에 대한 X선조사회수는 10 회정도 하는 것이 원칙이나 X선판에 무리를 주지 않는 범위가 좋고 기술서에 첨부되어 있는 X선판 정격표(Ra-

표 4. X선장치측정시(kVp, mA, sec, 누설선량) 측정의 예

X선고전압 장치의 형식	측 정 점	
	관전압(kV)	관 전 류 (mA)
R-100-100	60	100,80
	80	100,50
	100	80,50
RF-300-100	70,100	1
	60	300,100
	80	200,100,50
	100	200,100,50
RF-500-100	70,100	1
	60	500,300,200,100
	70	300,200,100,50
	100	200,100,50
RF-500-125	70,120	1
	60	500,300,200,100
	70	300,200,100,50
	100	300,200,100,50
RF-500-150	70,120	1
	60	500,100
	70	500,300,200,100,50
	100	300,200,100,50
TRF-700-150	70,120	1
	70	700,500,300,200,100
	100	300,200,100,50
	150	200,100,50
TRF-1000-150	70,120	1
	70	1,000,500,300,200,100
	100	400,300,200,100,50
	150	300,200,100,50

R : 단상교류 전원을 전원으로 할 때, 촬영용 X선장치

RF : 단상교류 전원을 전원으로 할 때, 촬영·투시용 X선장치

TRF : 삼상교류 전원을 전원으로 할 때, 촬영·투시용 X선장치

ting chart)를 반드시 참고하여야 한다. 또한 측정도중에 설정된 조사조건과 계기상에 나타난 지시치와의 오차가 매우 큰 경우에는 측정의 가

표 5. 촬영 관전류 및 관전압시험결과 기록예 (RF-300-100 type)

측정기기 : Dynalyzer III

mA	MEASURE			MEAN	ERROR %	kVp	N.L U.L	MEASURE			MEAN	ERROR %	kVp	판정
50	51	51	51	51	+2	60		60.6	60.7	60.6	60.6	+1		
	50	50	50	50	±0	80		79.7	79.9	79.8	79.8	-0.2		
	47	46		46.5	-7	100		99.4	99.9	99.8	99.7	-0.3		
100	105	105	105	105	+5	60		59.4	59.5	59.5	59.5	-0.8		
	103	102	102	102.5	+2.5	80		79.5	79.4	79.5	79.5	-0.6		
	98	99	98	98.5	+1.5	100		98	98	98	98	-2		
200	200	200	200	200	±0	60		59.8	59.9	59.9	59.9	-0.1		
	195	195	195	193.3	-3.3	80		78.4	78.4	79.0	78.6	-1.7		
	180	185	180	181.6	-9.2	100		101.6	99.6	98.4	99.8	-0.2		
300	310	310	310	310	+3.3	60		59.4	59.6	58.4	58.1	-1.5		
	305	305	305	305	+1.7	80		77.7	77.7	77.7	77.7	-2.8		

표 6. 타이머시험의 결과 기록예

Type of Timer		0.05	0.06	0.08	0.1	0.14	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0
Set Time												
MEASURE	1	7	8	10	12	18	24	36	49	72	97	122
	2	7	9	10	12	19	23	37	49	72	97	121
	3	7	8	10	13	18	24	37	48	73	97	121
	4											
	5											
MEAN		7	8.3	10	12.3	18.3	23.6	36.3	48.6	72.3	97	121.6
ERROR %		+16.7	+15.3	+4.2	+2.5	+8.9	-1.7	+0.8	+1.3	+0.4	+1.0	-1.3

치가 없으므로 측정을 중지하고 전문가에게 의뢰하여 보수 또는 교정을 받아야 한다.

(3) 측정결과의 기록

각각의 측정점에서 X선을 조사한 후 display unit의 지시기에 나타난 측정 항목에 대한 지시치를 표 5, 6과 같은 방법으로 기록한다. 그리고 이에 대한 백분율평균오차(percent average error, PAE)를 산출하여 측정항목에 대한 기준적합여부를 평가해야 한다.

$$PAE = \frac{X_p - \bar{X}}{X_p} \times 100 (\%)$$

Xp는 지시기의 지시치값이고,  $\bar{X}$ 는 10회 측정에 의한 산술평균치를 의미한다.

[2] 직접형 또는 비직접형측정기를 이용한

분리측정 요령

가. 관전압의 측정

X선관에 인가되는 관전압은 X선사진의 대조도나 사진농도에 영향을 주기 때문에 관전압치는 정확하고 재현성이 좋아야 한다. 관전압을 측정하는 방법은 표 7과 같이 세 가지가 있다. 이 중에서 방사선사가 쉽고 신속, 정확하게 측정할 수 있는 kVp test cassette (비접속형측정기)를 사용하는 방법에 대해서 설명하고자 한다(그림 8 참조 : kVp test cassette의 구조).

(1) 측정방법

ㄱ. 초점과 kVp test cassette간 거리를 약 40인치로 한다.

ㄴ. kVp test wedge의 장축이 X선관구의 anode-cathode 축에 대해 수직이 되도록 test

표 7. 관전압측정방법의 종류

측정기종류	측정방법	
1 ALCO KV-201 Dynalyzer II Dynalyzer III NERO 6000A	고전압변압기 2차측(고압 cable)에 divider 를 연결하여 (displayamet)에 나타난 값을 측정(동시계측방법과 동일)	○ NERO 6000A는 ×
2 Wisconsin kVp test cassette Wide range kVp cassette	측정기를 X선장치의 회로에 직접 접속해서 측정하는 것이 아니고 X선을 조사한 후 필름농도에 의해 관전압을 측정한다.	×
3 AC Volt meter	고전압변압기 1차측에 volt meter 를 접속하여 X선조사시 1차측 전압을 측정하고 고전압변압기 제작시 작성된 전선비에 따른 특성곡선에 의하여 2차측 kVp를 산출해서 측정	○

○ : invasive method      × : non-invasive method

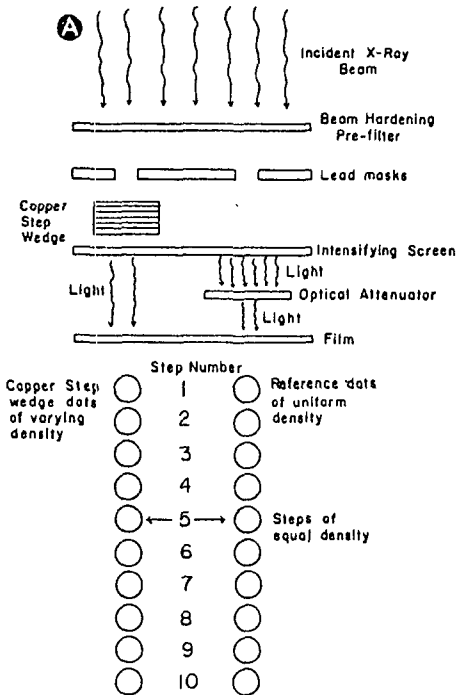


그림 8. X선관구에 가해지는 kV를 측정하기 위한 kVp test cassette의 구조

cassette을 위치시킨다.

ㄷ. 콜리메타를 사용하여 kVp test region 이 X선조사야의 중심에 오도록 하고 그 region 보다 약간 크게 조사야를 조절한다.

ㄹ. mid range mA에서 조사조건은 관전

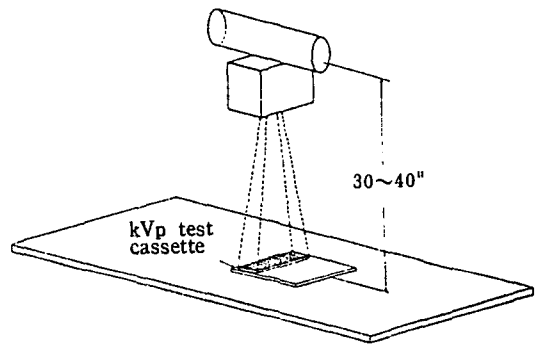


그림 9. kVp 측정을 위한 측정기 배치도

압이 80 kVp, 밀리암페어초는 45mAs가 되도록 조정한다.

ㄴ. X선조사 후 필름을 현상한다.

ㄷ. 농도계를 사용하여 reference wedge image의 농도를 측정한다. 그 농도의 범위는 0.9~1.9사이에 있어야 한다. 만약에 이 범위 내의 농도가 측정되지 않았을 경우에는 다시 mAs를 조정한 후 X선을 조사하여야 한다.

ㄹ. low range 및 high range mA에서 다시 측정을 실시한다.

(2) 측정결과 기록

각각의 관전압에서 측정할 때 이용된 mA와 kVp를 현상된 측정필름에 각각 표시 기록하고, reference wedge와 attenuator wedge의 각

step에 대한 농도를 측정하여 그 결과를 기록지에 기록한다.

(3) 측정결과의 판정

각각의 mA에서 attenuator wedge step의 농도와 reference wedge step의 농도가 거의 일치되는 step의 번호를 찾는다.

이때 reference wedge step에 해당되는 표시된 kVp와 측정치와의 차이가  $\pm 4$  kVp의 범위에 있으면 그 판전압치는 정확한 것으로 판정한다.

나. 판전류측정

판전류의 변동도 X선사진농도에 크게 영향을 미치기 때문에 재현성이 항상 좋게 유지되어야 한다. 판전류는 X선관 양극에서 흐르는 전류를 뜻하고 있다. 그러나 X선관은 housing에 둘러싸여 있기 때문에 또한 고전압이 인가되므로 판전류를 측정하기는 매우 어렵다. 그러므로 X선관의 전류를 측정할 때는 특별한 측정기를 이용하게 된다.

X선관전류를 측정하는 방법은 표 8과 같이 2가지로 구분할 수 있다.

(1) 고전압변압기 2차측 중성점에서의 측정

고전압변압기의 2차측 중성점에서는 일반적으로 전파정류형 X선장치의 경우 교류전류가 흐르며, 자기정류형이나 반파정류형 X선장치의 경우는 직류전류가 흐르게 된다. 여기서는 전자의 경우에 대한 판전류의 측정방법에 대해서 논하고자 한다.

ㄱ. 측정기의 접속

측정기의 접속방법은 그림 6과 같이 고전압변압기 2차측 중성점에 결선한다. 이때 사용되는 mA meter는 단시간(0.1초정도)에 전류를 측정할 수 있는 교류전류계를 사용하여야 한다. 그 이유로서는 X선관에 흐르는 전류가 순간적이기 때문에 일반적인 전류계로서는 정확한 측정이 어렵다. 그리고 고전압변압기의 중성점에는 양극전류 이외에 누설자속에 의한 고압누설전류가 유입되고 X선고전압 cable의 충전전류에 따라서 판전류의 파형이 달라지게 된다. 이들의 전류는 고전압변압기의 1차측에 인가되는 1차전압에 의하여 영향을 받기 때문에 각각의 조사조건에 따라서 변하게 된다. 즉, 고전압변압기의 중성점에는 양극전류와 이들의 전류(누설전류+고압 cable 충전전류)가 흐르기 때문에 중성점에서의 실제전류는 양극전류보다 크게 된다.

중성점을 단락시켜 전류를 측정할 때는 중성점이 단락된 상태에서 X선을 조사하면 중성점에 고전압이 인가되므로 특별한 주의가 필요하다.

ㄴ. 측정점에서의 X선조사

측정기의 접속이 완료된 후 표 4와 같은 측정점에 대해서 판전류를 측정한다. 각 측정점에 대해서 10회정도씩 연속 X선조사하여 각각의 평균치와 측정기의 지시치와의 차이를 구하여 백분을 평균오차(PAE)를 계산한다.

(2) X선관장치의 양극측에서 판전류 측정

X선관의 양극전압은 정류기를 거쳐서 X선관

표 8. 판전류측정방법의 종류

	측정기 종류	측정 방법	
1	MA meter ALCO Co. MA-1201D Xonics Co. A-6829-1 Toreck Co. AB-2515D	고전압변압기 2차측 중성점(N, N2)에 mA meter를 직렬로 연결하여 측정(분리측정)하거나 또는 양극에 mA meter를 접속하여 측정.	○
2	Dynalyzer II Dynalyzer III (Machlet Co.) NERO 6000A (Victoreen)	고전압변압기 2차측(고압 cable)에 divider와 display unit를 연결하여 X선조사후 지시기에 나타난 값을 측정(동시계측방법과 동일) 측정된 mAs로부터 조사시간에 의해 측정가능	○ ○×

○ : invasive method      × : non-invasive method

표 9. 조사시간측정방법의 종류

측정기 종류		측 정 방 법	
1	Cycle counter oscilloscope pulse meter	고전압변압기 1차측(Control unit에서 T1 T2) 회로에 측정기를 병렬로 연결해서 인가되는 전압의 pulse를 count하여 조사시간 측정	○
2	Spinning top  digital x-ray timer NERO 6000A	X선필름위에 spinning top을 회전시키고 각각의 조사시간을 설정하여 X선을 조사하면 그 시간에 따라 필름상에는 몇 개의 점으로 흑화되어 상으로 나타난다. 이점의 수를 이용하여 다음식에 의해 X선 조사시간이 측정된다. 단상전파정류장치 : $t = N \frac{N}{2f}$ (N : 점의 수, f : 주파수(60Hz)) 단상반파정류장치 : $t = \frac{N}{f}$ spining top의 회전속도는 1초에 1회전이 되도록 한다. 측정기를 table 위에 놓고 X선조사야를 측정기 상부에 표시된 영역보다 약간 크게 조절한다. 각각의 설정된 조사시간 만큼 X선조사후 측정기의 지시기에 나타난 pulse의 수를 count하여 또는 msec로서 조사시간을 측정	×
3	Dynalyzer II Dynalyzer III	고전압변압기 2차측에 실재전압이 인가되는 시간을 측정하는 것으로 고전압변압기의 2차측(고압 cable)에 divider와 display unit를 연결하여 X선조사후 지시기에 나타난 시간을 측정	○

○ : invasive method      × : non-invasive method

에 전압이 인가되므로 X선관에 흐르는 전류는 적류가 된다.

ㄱ. 측정기의 접속방법 및 X선조사

X선관의 양극에서 전류를 측정하는 것은 매우 어렵다. 그래서 일반적으로 divider를 사용한다. 자세한 접속방법 및 X선조사는 앞에서 설명한 것 중 「접속형측정기를 이용한 동시측정방법」을 참고하기를 바란다.

ㄴ. 조사시간의 측정

X선장치의 조사시간을 측정하는 방법은 표 9와 같이 세 가지로 분류할 수 있다.

(1) 고전압변압기 1차측 회로에 인가되는 전압에 의한 측정

고전압변압기의 1차측에는 일반적으로 상용주파수(60Hz)의 교류전압이 인가된다. 그러므로 cycle counter나 pulse meter등을 사용하여 X선조사 개폐기가 'on'되는 시간동안만 인가되는 주파수나 파고전압의 수를 count하여 측정

하는 방법이다.

측정기의 접속은 고전압변압기 1차측 회로에 병렬로 연결해서(그림 6 참조) 측정의 대상이 되는 조사시간을 각각 설정하여 X선을 조사한다. 그후 측정기의 지시기에 나타난 cycle 또는 pulse의 수를 count한다. 예를들면 단상전파정류장치에서 0.1초는 cycle count로서는 6 cycle이고 pulse meter로서는 12 pulse가 된다.

각 측정점(0.05초, 0.1초, 0.2초, 0.5초, 1초, 3초이상)에서 10회씩 연속X선조사하여 측정기의 지시기에 나타난 cycle의 수 또는 pulse수에 대한 백분율평균오차를 계산한다.

(2) X선관 양극에 전류가 흐르는 시간을 측정하는 방법

이 측정방법은 divider를 사용하는 경우에 해당된다. 즉, 고전압변압기 2차측에 divider와 display unit를 연결하여 X선조사시 양극에 흐르는 전류를 msec 또는 sec로 지시기에 표시

된다.

각 측정점에서 연속 10회씩 X선조사하여 지시기에 나타난 msec 또는 sec에 대한 백분율 평균오차를 계산한다.

(3) X선관장치에서 조사되는 1차선을 이용하는 방법

이 방법은 방사선사가 쉽고, 신속, 정확하게 측정할 수 있는 것으로서 두 가지의 종류로 구분된다.

ㄱ. digital x-ray timer로 측정하는 방법

그림 10과 같이 digital x-ray timer를 table top에 위치시키고 콜리메타를 사용하여 광조사야의 중심이 digital x-ray timer의 검출영역(detection area)에 일치되도록 한다(X선관구의 초점과 검출영역간 거리는 30인치 이내로 한다). 그리고 digital x-ray timer의 스위치를 on으로 하고 3상장치(sec) 또는 단상장치

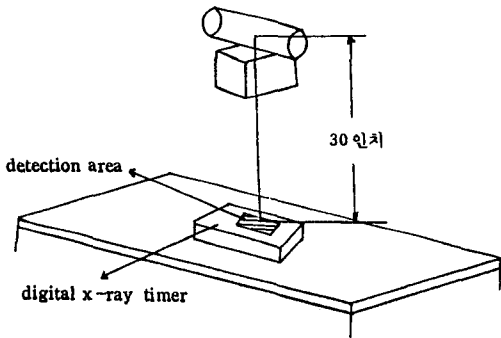


그림 10. 조사야 차이 측정을 위한 측정기의 배치도

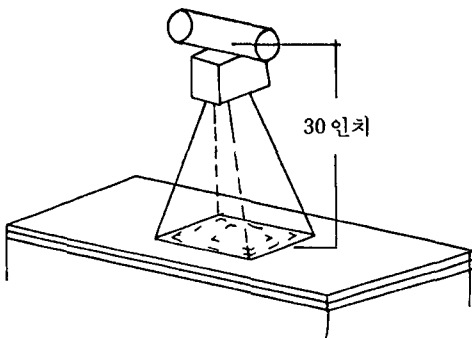


그림 11. 조사시간측정을 위한 측정기의 배치도

(pulse)에 대한 time mode를 선택한다.

조사시간을 측정하기 위한 관전압은 60 kVp 이상, 관전류는 10mA 정도로 제어를 한 후 조사시간에 대한 각각의 측정점에서 X선을 반복 조사하여 측정기의 지시기에 나타난 지시치를 기록하여 백분율평균오차를 계산한다. 이때 조사시간에 대한 각각의 측정점을 선택할 때는 최대정격관전압과 관전류를 고려하여야 한다.

ㄴ. Spinning top을 사용하는 방법

이 방법은 X선장치의 정류방식에 따라 달라진다. 즉 자기정류, 단상 반파정류 또는 단상전파정류장치에서는 X선관에 인가되는 정류파형이 직류이기 때문에 필름에 나타나는 농도는 점으로 표시되고 있으나 삼상전파정류의 장치에서는 필름에 나타나는 농도는 선(arc)으로 표시된다. 그래서 전자의 경우는 dot의 수를 count하여

$$\text{단상전파정류장치} : \frac{N}{2f}$$

(N : 필름상에 나타난 dot의 수

f : 주파수(60Hz))

$$\text{단상반파정류장치} : \frac{N}{f}$$

의 공식에 의거 조사시간을 측정한다. 후자의 경우는 선(arc)으로 나타난 농도의 각(angle)과 spinning top의 회전속도로부터 조사시간을 측정하는 방법이다.

예를들면 단상전파정류장치에서 spinning top를 회전시키면서 X선조사 후 나타난 점의 수가 6개일 때는

$$\frac{N}{2f} = \frac{6}{2 \times 60} = \frac{6}{120} = \frac{1}{20} \text{ sec}$$

(단상전파정류장치의 경우)

$$\frac{N}{f} = \frac{6}{60} = \frac{1}{10} \text{ sec}$$

(단상반파정류장치의 경우)

로 표시된다. 이 결과치와 X선조사시 설정된 조사시간을 비교하여 timer의 정확도 여부를 판정할 수 있다.

이 Spinning top을 사용하는 조사시간의 측

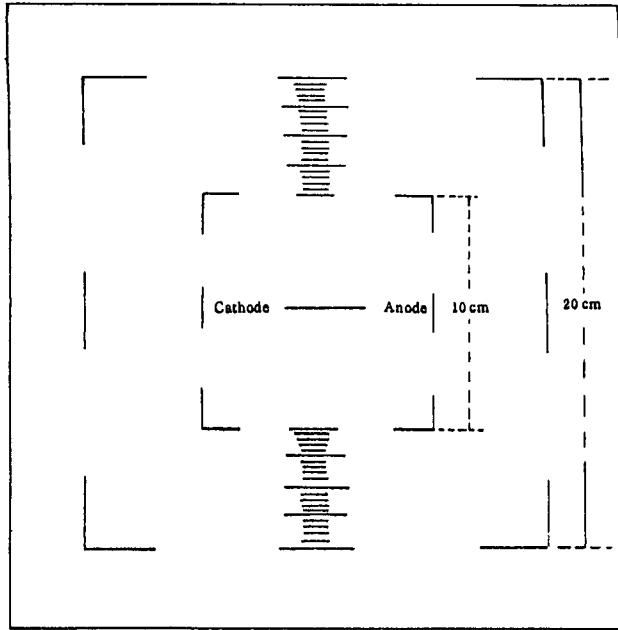
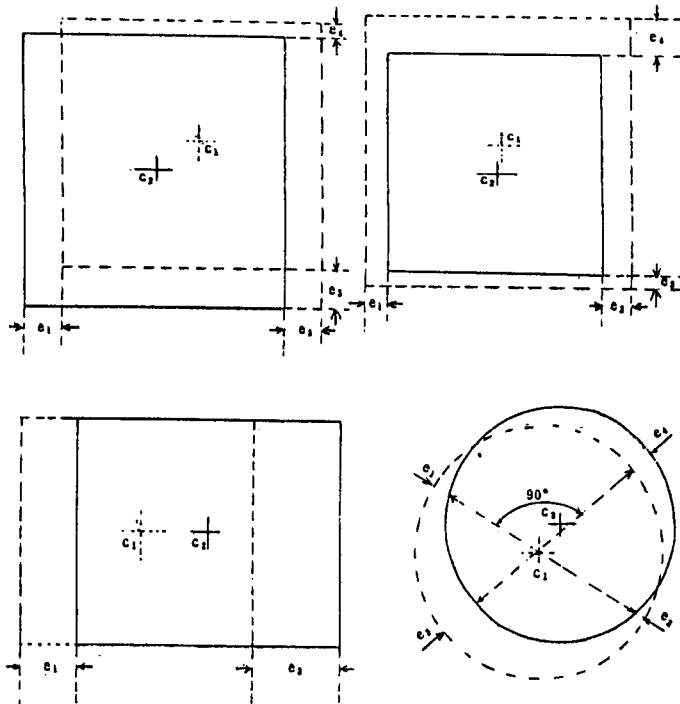


그림 12. 조사야차이 측정기구



$$\text{조사야차이} = 100 \times \frac{e_1 + e_2}{\text{SID}} \quad \text{또는} \quad 100 \times \frac{e_3 + e_4}{\text{SID}} \quad \text{중심선차이} = 100 \times \frac{C_1 + C_2}{\text{SID}}$$

그림 13. 광조사야대 X선조사야 차이  
(범례 — : X선조사야 주변, ..... : 광조사야 주변)



정에 있어서는 Spinning top의 회전속도가 매우 중요한 고로 1초에 1회정도 회전시키는 것이 좋다. 그러므로 이론적으로 볼 때 1초까지는 조사시간의 측정이 가능하나 실제적으로 보면 0.6초까지만 정확하게 측정할 수 있다. 그 이상의 조사시간에서는 dot가 왜곡되거나 서로 겹쳐져서 dot의 수를 count하기가 매우 곤란해지기 때문이다.

삼상전파정류장치에 있어서 조사시간을 측정하기 위하여 Spinning top을 사용할 때는 1초에 360° 회전할 수 있는 Synchronous motor (동기모터)을 사용하여 회전속도를 정확히 하여야 된다. 예를들면 필름상에 나타난 선(arc)의 각도가 3.6°로 측정되었으면  $3.6^\circ / 360 = 0.01$  초에 해당하며 7.2°의 각도로 측정되었으면  $7.2^\circ / 360 = 0.02$  초, 180°인 경우는  $180 / 360 =$

표 10. X선장치의 X선의 안전, 기계적, 전기적 안전 및 장치의 성능에 대하여 관련된 국내의 규격의 종류

국 가	약 자		규 격	구 분
국 제	I.E.C.	International Electrotechnical Commission	국제전기기술위원회	N.R.E.
	I.C.R.P.	International Commission On Radiation Protection	국제방사선방어위원회	S.R.
	I.C.R.U.	International Commission on Radiation Units and Measurements	국제방사선단위 및 측정위원회	S.R.
미 국	DH.H.S.	Department of Health, Human and Services	미국보건성	N.R.
	N.E.M.A.	National Electrical Manufacturers Association	미국전기제품제조자협회	S.R.
	U.L.	Underwriters' Laboratories, Inc.	미국화재안전연구소	N.E.
영 국 네델란드	B.S.	British Standards	영국규격	N.E.
	N.V.	Norske Veritas		
	C.O.C.I.R.	Coordination Committee of the Radiological and Electro Medical Industries	방사선전자의료공업 조정위원회	N.R.
노 르 웨 이 스 웨 덴	NEMKO	Norges Elektriske Materiekkontroll		S.E.
	SEMKO	Svenska Elektriske Materiekkontroll-anstalten		S.E.
카 나 다 오스트라리아	C.S.A.	Canadian Standards Association	캐나다규격협회	N.E.
	A.S.	Australian Standards	오스트라리아규격	S.E.R.
	N.S.W.	New South Wales	뉴사우드웰스규격	S.E.R.
독 일 한 국 일 본	D.I.N.	Deutsche Normen	독일규격(서독)	N.E.R.
	KS 보전사회부고시 20호	Korea Standards	한국공업규격	N.R.
	JIS JESRA	Japan Industrial Standards	일본공업규격 일본방사선기기공업회	N.E.R. S.E.R.

Remarks

N : National standards

S : Safety standards

R : Radiological Protections

E : Electrical Protections

0.5초가 된다. 이와 같이 얻어진 계산치와 설정된 조사시간과의 비교를 통하여 timer의 정확도를 판정할 수가 있다.

### 3. 조사야차이 측정

#### [1] 규격

##### (1) 최대 X선조사야

초점-수상면간 거리(source image distance, SID) 65 cm에서 최대 X선조사야는  $35 \times 35$  cm 이하가 되어야 한다.

##### (2) 최소 X선조사야

초점-수상면간 거리(SID) 100 cm에서 최소 X선조사야는  $5 \times 5$  cm 이하가 되어야 한다.

#### [2] 조사야차이

① 가동조리개 조절장치인 경우는 X선조사야 중심과 광조사야와의 중심의 차이 및 각 주변의 차이는 SID의 2% 이내로 한다.

② X선조사방향이 일정한 장치에 대해서는 SID의 1% 이내로 한다.

#### [3] 조사야차이 측정방법

SID를 100 cm로 하고 수상면에 나타난 광조사야의 중심에 X선필름을 넣은 cardboard holder 위에 그림 12와 같은 조사야차이 측정기구를 위치시킨다(그림 11 참조). 그리고 광조사야의 중심과 조사야차이 측정기구의 중심을 수직으로 일치시켜 광조사야를  $10 \times 10$  cm<sup>2</sup>로 정한 다음에 60 kVp, 20mAs의 조사조건으로 X선촬영을 한다. 다음에는 다시 광조사야를  $20 \times 20$  cm<sup>2</sup>으로 하여 동일한 조사조건으로 X선촬영을 한다. 즉 1매의 필름에 2회 X선조사를 하면 된다.

이 조사된 필름을 현상하여 필름에 나타난 침금(鉍金)상의 중심 및 주변과 X선조사야의 차이를 그림 13과 같이  $e_1 + e_2$  또는  $e_3 + e_4$ 로 하고 중심선의 차이는  $c_1 + c_2$ 의 차이를 측정하여 각각 SID에 대한 백분율을 구한다. 이 백분율은  $e_1 + e_2$  또는  $e_3 + e_4$ 에 대한 것중 그 차이가 큰 것으로 표시한다.

#### [4] 조도측정

SID 100 cm로부터  $35 \times 35$  cm의 광조사야에

서 조도계를 사용하여 광조사야의 4분점의 중심에서 각각 조도를 측정하여 그 평균치를 구한다. 다만 콜리메타의 조도는 측정치에서 실내의 조도를 감하여 산출할 필요가 있다.

## V. X선장치의 검사기준

X선장치의 검사기준은 장치의 성능과 안정성에 대한 검정이 목적이다. 이를 위해서 우리나라에서는 약사법 제 44조 2항에 의거 시행중인 의료용 X선장치의 기준 및 시험방법 제정고시(보건사회부고시 제 20호, 1980년), 의료용 X선발생기기의 기준 및 시험방법에 대한 고시(보건사회부고시 제 81-11호, 1981년), 그리고 치과진단용 X선발생장치의 기준 및 시험방법 제정고시(보건사회부고시 제 81-12호, 1981년)가 있다.

현재 이들의 고시를 기준으로 하여 국내 제조업자에 의해 생산되는 X선장치는 약사법 제 66조에 의거 사전검정을 필하도록 되어 있다. 이 사전검정은 국가가 인정하는 시험검사기관(국립보건원)에 제조업자가 의뢰하여 실시하고 있다. 그래서 사전검정후 적합판정을 받은 X선장치에 대해서만 실수요자에게 판매 양도할 수 있도록 제도화되어 있다. 그러므로 실수요자는 국산품의 X선장치를 구입시 사전검정에 대한 검사필증이 부착되어 있는가를 반드시 확인할 의무와 필요성이 있다.

또한 수입품의 X선장치도 수입허가조건으로 통관 후 사전검정을 필하도록 되어 있다. 이미 앞에서 언급한 보건사회부고시들에 해당되는 형식의 X선장치인 경우(100, 300, 500, 1000mA)는 통관 후 5개월 이내에 검정을 받도록 되어 있다. 그러나 보건사회부고시에서 정하는 형식 이외의 X선장치를 수입하기 위한 조건으로서 우선 그 장치에 대한 자가기준 및 시험방법을 국가가 인정하는 시험기관(국립보건원 또는 한국기계고속시험연구소)에 제출하여 검토를 받은 후 적합으로 판정이 났을 경우에만 수입할 수 있도록 제도화되어 있다. 그리고 통관 후에는 그 제

품에 대한 점검을 다시 받아야 된다. 이 경우에도 합격에 대한 검사필증이 부착되었는가를 확인할 필요가 있다.

현행 시행중인 X선장치의 기준에 대한 고시의 내용은 국내외의 관련규격을 참고로 하여 제정된 것이다(표 10 참조). 그중에서도 ICRP 권고, DHHS 규격, IEC 기준, CFR (미연방규정), IAEA, JIS, KS, 일본후생성고시, 전기설비기술기준령, 전기용품안전관리법 등을 기준으로 하여 작성된 것이다.

## VI. 끝 맺 음

이상 X선장치의 성능측정에 대해서 설명하였다. 이미 언급한 바와 같이 X선장치는 개개의 단위기기만으로 기능을 유지하는 것이 아니라 그 들이 조합된 상태에서 기능이 발휘되고 있다. 그러므로 사용기간이 경과됨에 따라서 물리적 특성

의 변화, 빈번한 수리, 취급부주의 및 설치장소의 이전 등의 원인으로 조사조건(kVp, mA, 조사 조건)의 성능저하는 필연적이라 본다. 이러한 점을 볼 때에 X선장치의 성능을 일정하게 유지하기 위해서는 임상사용의 상태에서 정기적으로 관전류, 관전압, 조사시간 및 X선조사야 차이 등을 측정하여 사후품질관리의 실행이 매우 중요하다.

더우기 X선장치의 관리는 일조일석에 실시되는 것은 아니지만 사용자로 하여금 매일의 주의, 점검보수를 철저히 하는 것이 바람직하다. 즉 조작시 저항의 유무, 소리의 대소, 잡음의 다소, blance 부분의 균형에 있어 양호여부 등을 check point 로 해서 사용전, 사용후에 점검보수할 필요가 있다. 즉 고장이 나서 수리하는 시대로부터 사전에 check 해서 수리하는 시대로 되어야 할 것이다.