

고선량 근접치료기 QA

삼성의료원 치료방사선과

김영곤 · 주상규 · 조현상 · 박영환

I. 서 론

현재 사용되고 있는 방사선 치료기는, 일반적으로 선형 가속기, CO-60을 이용한 체외조사기와 방사성 동위원소를 체내에 삽입하여 치료하는 근접 치료기로 구분할 수 있다.

이 중 체외조사기는 치료기의 대부분을 차지하고, 많은 환자를 대상으로 치료가 행하여지고 있어, 지속적이고 정기적인 QA가 시행되어 보다 정밀한 치료가 이루어지고 있으나, 근접 치료기는 최근에 그 보급률이 높아져, 체계적인 관리 및 정기적인 QA가 이루어지지 않아, 이에 따른 의료사고 발생 확률이 높다고 볼 수 있다.

또한, 1회에 고선량의 방사선을 조사하는 관계로, 치료기의 오작동으로 인한 환자의 임상적인 부작용이 발생할 수 있으며, 방사성 동위원소를 이용하기 때문에 다른 의료사고에 비해 대외적으로 큰 문제가 야기 될 수 있다.

이미, 국외에서는 방사성 동위원소로 인한 의료 사고가 발생하여 많은 사람들이 피해를 입은 적이 있으며, 국내에서도 근접 치료기의 보급률이 높아지고 있어 이에 따른 의료사고 발생률도 높아질 것으로 본다.

따라서 이러한 의료사고를미연에 방지하고 치료성적을 높이기 위하여 정기적인 QA 및 관리체계 확립이 절실히 필요하다고 사료되어, 본 발표에서는 본원에서 실시하고 있는 정기적인 QA에 대하여 알아보고자 한다.

II. 본 론

1. 측정 장비 및 기기

- REMOTE AFTERLOADING SYSTEM

(MICRO-SELECTRON Ir - 192 HDR, NUCLETRON)

- SOURCE DWELL POSITION CHECK DEVICE

(본원 자체 제작)

- C-ARM SYSTEM (TOSHIBA)
- X-O MAT FILM
- 일반 FILM
- SOURCE CALIBRATION JIG (NUCLETRON)
- FARMER TYPE ION CHAMBER (PTW - FREIBURG, KEITHLEY)
- SURVEY METER (MODEL 450, VICTOREEN)
- ELECTROMETER (MK 614 DOSIMETER, KEITHLEY)

2. QA 항목

1) DAILY CHECK

- CHECK OPERATION ALL CHANNELS & SOURCE DWELL POSITION

2) WEEKLY CHECK

- STABILITY OF ISOCENTER UNDER C-ARM ROTATION

3) MONTHLY CHECKS

- SOURCE CALIBRATION
- ROOM SURVEY

4) QUARTERLY CHECK

- MAINTENANCE

3. QA 목적 및 방법

1) DAILY CHECK

(1) 목 적

- 환자 치료시 발생할 수 있는 SOURCE DWELL POSITION의 기계적인 오작동을 점검하여 치료 계획에 따른 SOURCE DWELL POSITION에서 정확한 치료를 시행하기 위함.

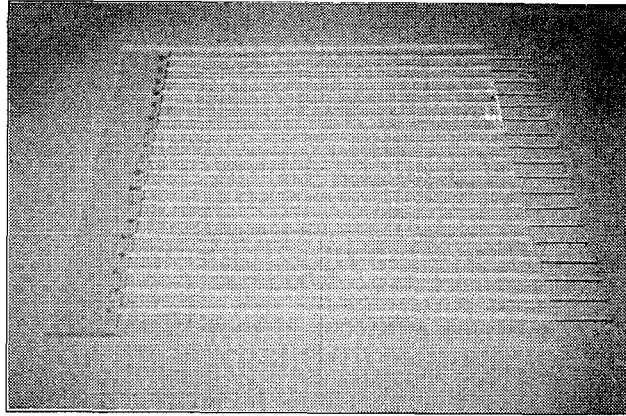
(2) 방 법

- 본원에서는 근접 치료기(micro-SELECTRON)의 18CHANNELS에 대한 SOURCE DWELL POSITION을 동시에 점검할 수 있는 SOURCE POSITION CHECK DEVICE를 자체 제작하여(Fig. 1)

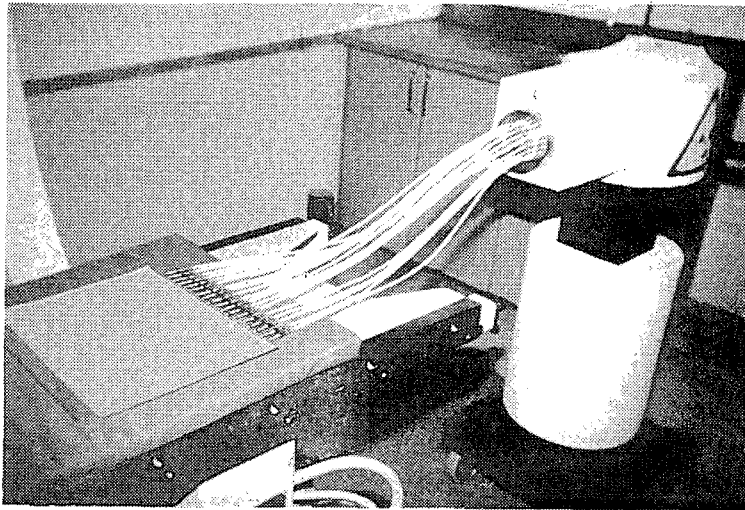
SOURCE POSITION CHECK DEVICE에 18CHANNELS의

TRANSVERSE TUBE를 연결한 후 X-O MAT FILM에 DEVICE 위에 놓고 (Fig. 2) MORNING CHECK DATA가 입력되어 있는 PROGRAM CARD를 READING 한 후 SOURCE하고 그 FILM을 현상하여 MORNING CHECK DATA와 비교 검토한 후 오차를 구한다. 오차를 측정하는 방

법은 FILM에 감광된 SOURCE의 중심과 또 다른 중심을 자로 측정하는 시각적인 방법과 FILM SCANNER를 이용하여 나타난 그래프에서 감광된 부분들의 거리를 COMPUTER로 분석하는 방법이 있으나 다음 TABLE (Fig. 3)에서 보는바와 같이 같은 영상에서 구한 두 가지 방법에서 상호간 측정치의 큰 오차가 없는 관계로 두 방법 중 한가지 방법만 사용하여도 정확한 점검이 이루어 질 수 있다고 본다.



〈그림 1〉 source dwell position check device



〈그림 2〉 source dwell position check

• 1번 CHANNEL의 SOURCE DWELL POSITION 간격

단위 :

시각적인판단	0	1.05	2.0	3.0	4.0	5.0	6.05	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
FILM SCAN	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
시각적인판단	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	23.4	
FILM SCAN	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	23.5	

• 18번 CHANNEL의 SOURCE DWELL POSITION 간격

단위 :

시각적인판단	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	21.5
FILM SCAN	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	21.5

〈그림 3〉 1번과 18번 channel의 source dwell position의 비교 table

이렇게 구한 측정값과 기준이 되는 MORNING CHECK DATA와 비교 검토하여 그 오차의 범위가 $\pm 1\text{mm}$ 이상으로 나타날 경우에는 치료기를 점검한 후 교정해 주어야 한다. 또한 SOURCE가 EXPOSURE 되는 동안에 CONTROL CONSOLE과 치료 결과 기록지에 나타나는 다음 사항들을 점검하여 이상 유무를 일일 점검 기록지에 기록하여야 한다.(Fig. 4)

	월	화	수	목	금	토
PAPER TAPE						
PATIENT AUDIO-VISUAL COMMUNICATION SYSTEM						
C-ARM CONTROL						
X-RAY FLUOROSCOPY MONTOR						
TREATMENT DATE						
PROGRAM FUNCTION						
INDEXER CHECK						
CHANNEL No.						
STEP SIZE						
SOURCE POSITION						
SOURCE DWELL TIME						
PRIMARY TIME						
SECONDARY TIME						
TOTAL TIME						
CARD READER						
PRINTER OPERATION						
SAFETY INTERRUPT						
EMERGENCY SWITCH						
TREATMENT INDICATOR LIGHT						
ALARM SIGNAL						
DOOR INTERLOCK						
CHECKCABLE						

〈그림 4〉 daily check sheet

2) WEEKLY CHECK

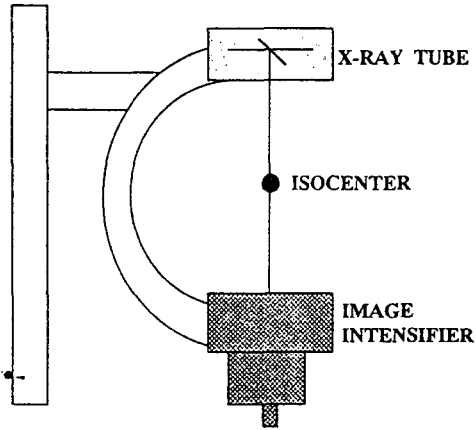
- STABILITY OF ISOCENTER UNDER C-ARM ROTATION

(1) 목적

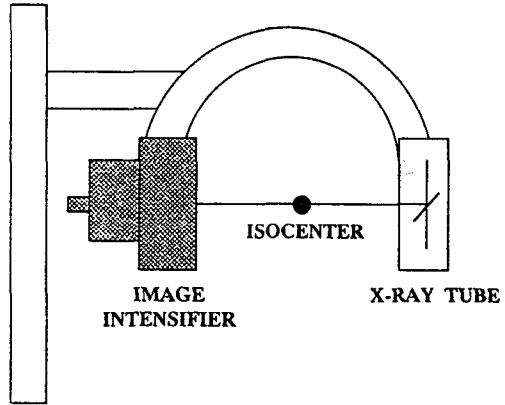
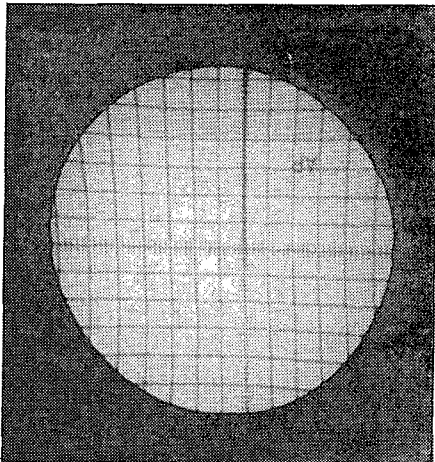
근접 치료 계획에 필요한 정면(0°)과 측면(90° 또는 270°) FILM에서 ISOCENTER가 변할 경우 치료 계획시 입력시켜주는 SOURCE POSITION이 일치하지 않아 정확한 치료 계획을 할 수 없기 때문에 ISOCENTER POINTER를 이용하여 촬영한 사진에서 발생한 오차를 치료 계획시 교정하여 보다 정밀한 치료를 하기 위함.

(2) 방법

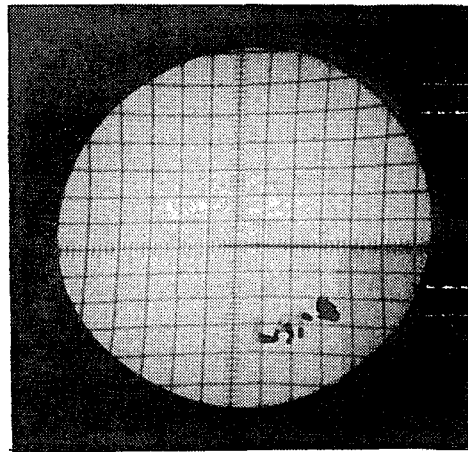
ISOCENTER POINTER를 TREATMENT TABLE 위에 설치한 후 C-ARM을 ROTATION 시키면서 ISOCENTER를 찾아 정면(0°)과 측면 (90° 또는 270°) 사진을 촬영(그림 5)한 후 두 필름간에 나타난 오차를 구한다.



AP에서의 ISOCENTER 확인 촬영



LAT. 에서의 ISOCENTER 확인 촬영



〈그림 5〉 Isocenter check 촬영 및 ap. lat. 촬영 film

3) MONTHLY CHECKS

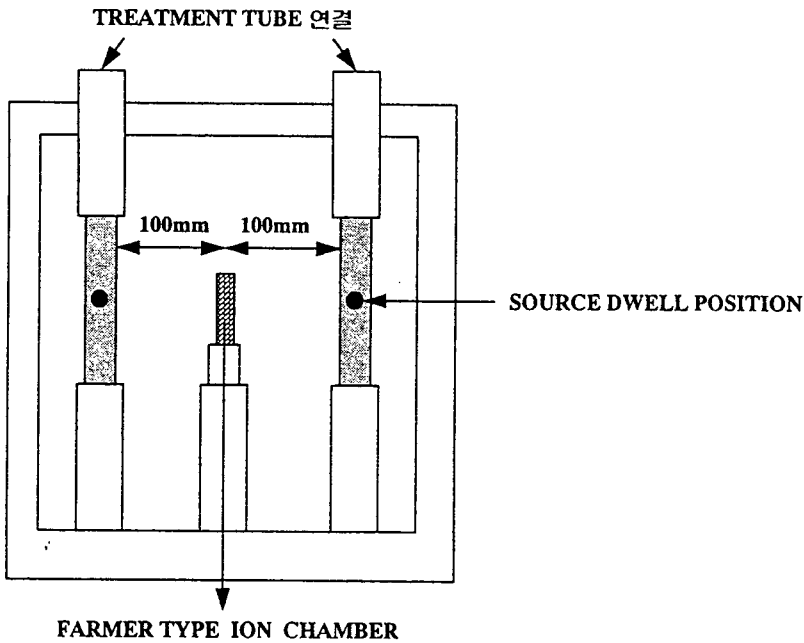
-HDR 1r-192 SOURCE CALIBRATION

(1) 목 적

처음 SOURCE를 입고 하였을 경우에는 SOURCE 교체시 제작 회사에서 제공해준 ACTIVITY DECAY 자료와 본과에서 실측한 ACTIVITY 값을 비교하여 제작회사에서 제공해준 SOURCE를 믿고 사용할 수 있는지의 여부를 판별하고 치료중에 측정하는 경우에는 CONTROL CONSOLE PROGRAM에서 계산하는 현재의 SOURCE ACTIVITY 값과 본과에서 측정한 값을 비교 점검하기 위함.

(2) 방 법

FARMER TYPE ION CHAMBER를 JIG의 중심부에 위치 시키고 CHAMBER 중심과 같은 높이에서 좌우로 10cm지점에 SOURCE가 위치하도록 설치(그림 6)하고 각 지점에서 SOURCE가 35초간 머물러 있는 동안 양쪽에서 측정한 값을 다음식에 대입하여 구한 값과 제작회사에서 제공한 ACTIVITY값을 비교한다.



〈그림 6〉 source calibration jig

$$M_{net} = [(M_{35} - M_5) \times 2] - ML(nC)$$

$$M = M_{net} \times tpc$$

$$A (Ci) = \frac{M \times N_x \times r^2 \times F_c, V}{\tau \times time}$$

$$\text{오차(\%)} = \frac{\text{Measured Activity}}{\text{Indicated Activity}} \times 100$$

- M net = 1분간 측정 한 측정 값
- M 35 = 한쪽에서 35초간 측정 한 측정 값
- M 5 = 한쪽에서 5초간 측정 한 측정 값
- ML = ELECTROMETER를 70초간 방치 했을 때의 값
- tpc = 기압 온도 보정 계수
- A = 실측정 값
- Nx = ELECTROMETER 측정값에 대한 R으로의 교정 계수 (5.475 R/nC)
- r = SOURCE와 CHAMBER간의 거리
(inverse square law 적용)
- Fc, V = FARMER TYPE ION CHAMBER의 교정 계수(1.006)
- r = AIR KERMA RATE(1r - 192 : 0.466)

측정 결과 심한 오차율이 발생할 경우에는 측정기구의 설치 과정 이상 유무를 재점검하여 다시 측정한다.

-ROOM SURVERY

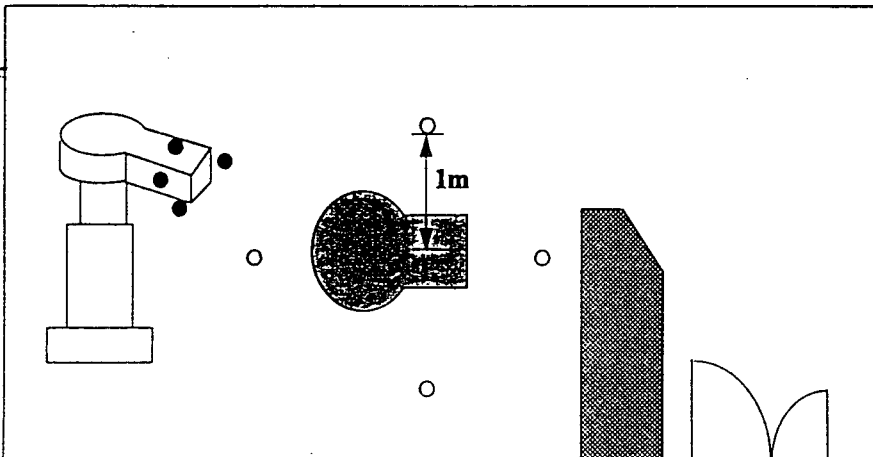
(1) 목 적

방사선 누설 선량을 측정함으로써 치료기 및 치료실 차폐능력 점검과 SOURCE 교체시 방사선 치료기 외부 누설 선량을 측정함으로써 그 안정도를 점검하기 위함

(2) 방 법

SURVEY METER를 이용하여 다음 지점 (그림 7)에서 측정 한 값을 기록한다.

- ① 치료기 상하좌우 지점
- ② 치료기 표면에서 1m 떨어진 지점
- ③ 치료기 작동 중 치료실의 외부 사방면
- ④ 치료기 작동 중 치료실문의 상, 중, 하



(그림 7) 누설 선량 측정 위치도

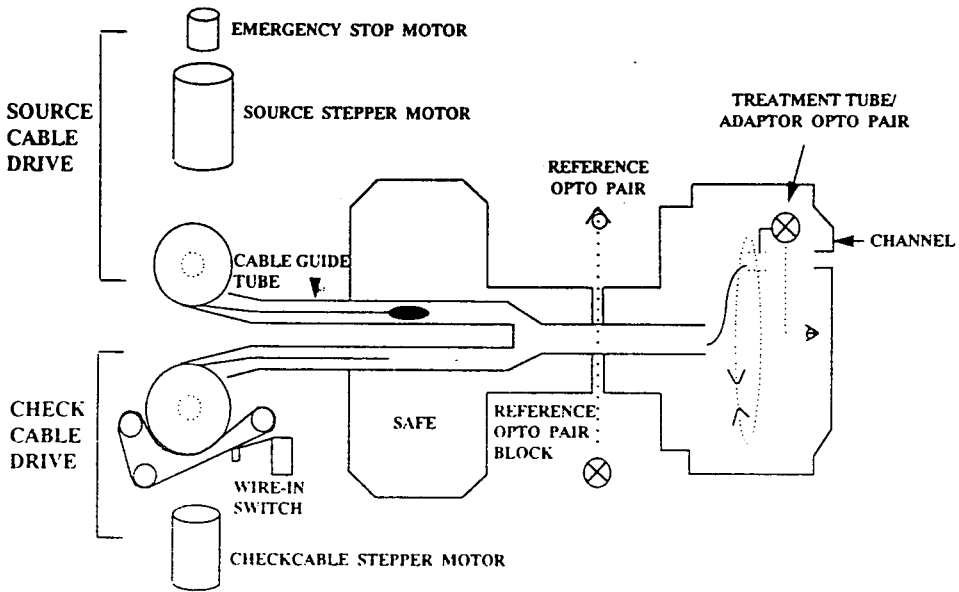
4) QUARTERLY CHECK

(1) 목 적

SOURCE를 입·출력 시키는데 중요한 역할을 하는 기계적인 작동과 부품의 마모 정도를 점검하므로써 치료기의 고장을 미연에 방지하고 마모가 심한 경우에는 부품을 교체함으로써 예상되는 사고를 예방하기 위함.

(2) 방 법

SOURCE 위치를 기계적으로 작동하는 DRIVE BELT, CHECKCABLE DRIVES와 연결되어 APPLICATOR내의 이 물질 유무를 점검해주는 CHECKCABLE, SOURCE STEPPER MOTOR와 연결되어 응급시 SOURCE를 RETURN 시키는 BATTERIES, 치료 중 SOURCE의 위치를 CONTROL CONSOLE INDEXER에 표시해 주는 REFERENCE OPTOPAIR등을 점검하게 되는데, 이러한 부분들은 근접 치료기 제작 회사와 같이 점검하는 것이 바람직하다.(그림 8)



〈그림 8〉 treatment unit mechanical construction

이는 위와 같은 부분에 이상이 발생하였을 경우에는 관련된 부품을 즉시, 교체 하거나 상황에 맞는 적절한 대응책을 마련해야만 한다.

또한, 사고를 미연에 방지하기 위하여 다음과 같은 기간에 해당하는 부품을 교체하는 것이 바람직하다.

- CHECKCABLE 4회/YEAR
또는 REPLACEMENT TOGETHER WITH SOURCE EXCHANGE
- DRIVE BELTS 1회/YEAR

- REFERENCE OPTOPAIR ASSEMBLY ----- 1회/YEAR
 - REFERENCE OPTOPAIR ASSEMBLY ----- 1회/YEAR
 - BATTERIES ----- 1회/2 YEARS
 - WEAR CABLES
- AFTER 200 CONNECTIONS/DISCONNITION

Ⅲ. 결 론

1. SOURCE DWELL POSITION 점검시 본원에서 자체 제작한 CHECK DEVICE를 이용함으로써 기존의 X-O MAT FILM 1장에 1~3 CHANNELS 밖에 점검 할 수 없었던 것을 1회 점검으로 모든 CHANNEL을 점검할 수 있어 시간 및 비용 절감 효과가 나타났다.
2. SOURCE DWELL POSITION 점검시에 MORNING CHECK DATA 각각의 위치에서 $\pm 1\text{mm}$ 이내이어야 한다.
3. C-ARM의 ISOCENTER CHECK시에는 AP와 LATERAL 사진상에서 Y축으로의 오차가 $\pm 1\text{mm}$ 이하 일 경우에는 치료 계획시 보정하여 주고 그 이상일 경우에는 C-ARM을 교정하여 주어야 한다.
4. SOURCE ACTIVITY 측정시 허용오차는 $\pm 2\%$ 이내이어야 한다.
5. ROOM SURVEY 시 SOURCE에서 1m 떨어진 측정점에서 1mR/h 이하이어야 한다.

이와 같이 QA를 실시함에 있어 기하학적 정밀도는 $\pm 1\text{mm}$, 보편적 정밀도는 $\pm 2\%$ 이하로 나타나야 하며, 이를 위해 정확한 PROTOCOL을 작성하여 정기적인 QA를 실시하여야 한다.