

RALS에 장착한 Ir-192 선원의 강도측정에 대한 고찰

원광대학교 의과대학부속병원 치료방사선과

문언철

Calibration of an ^{192}Ir Source Used for High Dose Rate RALS.

Un Chull Moon

Dept. of Radiology, WonKwang University Hospital

In the past, brachytherapy was carried out mostly with radium or radon sources. Currently, use of artificially produced radionuclides such as ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{198}Au , and ^{125}I is rapidly increasing. Although electrons are often used as an alternative to interstitial implants, brachytherapy continues to remain an important mode of therapy, either alone or combined with external beam.

The National Council on Radiation Protection and Measurements(NCRP) recommends that the strength of any γ emitter should be specified directly in terms of exposure rate in air at a specified distance such as 1m.

The air kerma strength is defined as the product of air kerma rate in "free space" and the square of the distance of the calibration point from the source center along the perpendicular bisector, i. e., $S_k = K_L \times L^2$.

Where S_k is the the air kerma strength and K is the air kerma rate at a specified distance L . (usually 1m). Recommended units for air kerma strength are $\mu\text{Gym}^2\text{h}^{-1}$.

I. 서 론

현대 의학에서 암의 치료는 과학의 발전과 더불어 현대화, 전산화 되어 질적향상을 보인 기술적인면과 타요법과의 적절한 병용은 "암조직에는 충분한 선량을 조사하고, 정상조직은 보호한다."라는 원칙아래 방사선 치료성적은 매우 향상되어 있다. 따라서, 치료방사선사는 충분한 교육 및 훈련을 받아 치료전문의와 협력하여 암을 치유하는 것이 그 사명이라하겠으

며, 의학적판단, 기술적문제, 장비의 정도관리, 치료계획 및 실행, 병역관리, 봉사정신 등 방사선치료에 있어 치료방사선사의 업무가 얼마나 중요한 것인가를 인식해야만 할 것이다.

본고에서 고찰하고자 하는 brachytherapy는 밀봉소선원을 사용하여 interstitial, interacavity, surface application 등 짧은 거리에서 이용되는 방법으로써 종양주위의 정상조직에는 급격히 선량을 감소시키고, 종양에만 국소적으로 고선량을 집중조사하는 방법이다. 과거에는 radon,

radium source를 사용했으나 현재에 이르러 새로운 기술들의 발달로 인해 인공 방사성 동위원소 (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{198}Au , ^{125}I , ^{192}Ir , ^{182}Ta 등을 많이 이용)를 이용한다. 장비에 있어서도 afterloading, automatic system 등이 사용되고 있으며, external beam(본원에서는 Mitsubishi서 제작한 ML-6M LINAC 사용)과 서로 combination하여 사용하거나, 자체적으로 사용하는 중요한 치료 방법 중의 한 방법이다.

본원에서는 1993년 12월 17일 high dose rate remote afterloading system(Model : Gammamed 12i)을 도입하여 사용 중에 있으며 Gammamed 12i에 사용되는 source는 인공방사성 동위원소인 ^{192}Ir 를 사용하고 있다. 본고에서는 Gammamed 12i RALS (remote afterloading system)에 정착되어 사용 중인 interstitial source ^{192}Ir 에 대한 강도를 정확히 알고있어야만 소기의 치료목적을 달성할 수 있기 때문이다.

물론 interstitial source ^{192}Ir 를 제작한 제작회사에서도 interstitial source에 대한 강도 측정 자료를 제공해주고 있지만, 제작회사에서 제공해준 자료를 그대로 믿고 이용해도 되는지를 확인할 필요가 있기 때문이다. 그리고, source 강도를 측정하는 방법에는 여러 가지 방법들이 많이 있지만, NCRP(The National Council on Radiation Protection)에서 권고하고 추천하는 방법인 air kerma rate(일정한 공기 중에서 거리를 1 m로 하여 측정하는 방법)를 응용하였다.

II. 측정장비 및 방법

1. 측정장비

- 1) Gammamed 12i.(RALS. remote afterloading system)
 - A) Trolley unit.
 - B) Control console unit.
 - C) Treatment planning system.
- 2) Interstitial source Ir-192(370 GBq. 10 Ci).

- 3) Source guide tube probe($\phi 2.8$ mm).
- 4) Farmer type ion chamber(PTW N30001-0252).
- 5) Device of kerma rate(Product No. 949120).
- 6) Precision electrometer / dosimeter(Victoreen 525).
- 7) 기타.

2. 측정방법

Fig. 1은 Gammamed 12i(RALS) interstitial source Ir-192의 강도를 측정하기 위한 block diagram이다.

Interstitial source Ir-192의 강도를 air kerma rate로 측정하기 위해 device of kerma rate를 사용하게 되는데, 이 device는 바닥 표면으로부터 1 m이상 지지한 지지대 위에 설치하게 된다. 설치된 device의 한쪽끝에는 정밀한 거리조절기가 부착되어 있어 직경 2.8 mm의 source guide tube probe를 고정시키고, 반대편 쪽에는 20 cm의 거리를 유지시켜 Farmer type ion chamber를 설치한다. Fig. 2는 source guide tube probe와 Farmer type ion chamber의 설치 방법을 그림으로 나타낸 것이다.

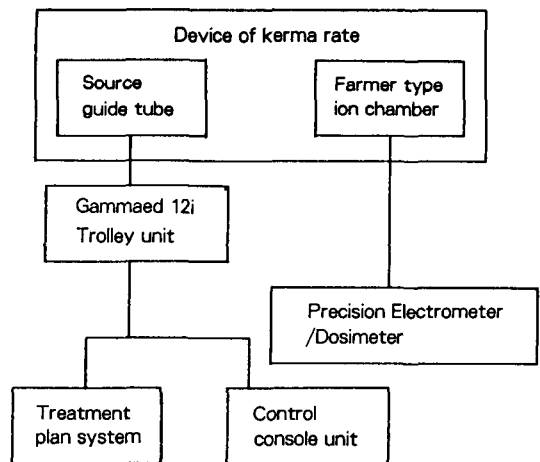


Fig. 1. Air kerma rate calibration of block diagram.

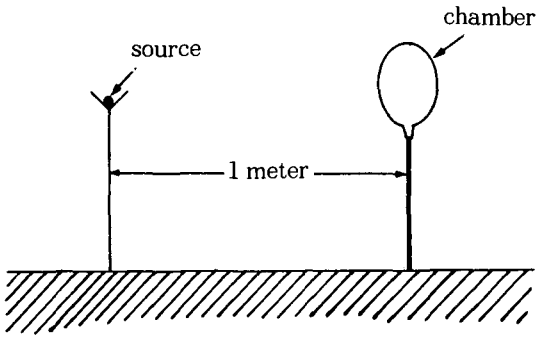


Fig. 2. Schematic drawing of open air geometry for exposure rate calibration of brachytherapy source.

그리고 device of kerma rate에 설치된 source guide tube probe와 farmer type ion chamber는 가능한한 지면과 벽과 천정등의 surface로부터 멀리(최소한 1 m 이상의 거리) 떨어져서 설치함으로써, back scattering을 제거해 주고 있으며, device of kerma rate에 의한 back scattering은 무시하고 측정에 임했다. Device of kerma rate의 최대 측정거리는 1 m이지만 원거리 측정방법은 interstitial source Ir-192와 Farmer type ion chamber에 의한 의존성이 최소화 되므로, 본 측정에서는 실측거리 20 cm로 설치하여 놓고 측정하였다.

Fig. 1 Air kerma rate calibration of block diagram에서는 보는 것처럼 source guide tube probe는 Gam-mamed 12i Trolley unit에 부착되어 있는 source guide tube support의 지지를 받고 Trolley unit의 channel에 연결이 된다.

또한 Farmer type ion chamber(본원에서 사용한 Farmer type ion chamber의 내적용량은 0.6 cm³(cc)임)는 cable을 통해 control room에 위치한 precision electrometer/dosimeter와 연결하게 된다. 그리고, Gam-mamed 12i Trolley unit는 Gammamed setup시 control room에 설치된 console unit와 treatment planning system과 서로 상호 연결이 되었다.

이와 같은 모든 측정장비가 setup이 완료된 후에 control room에서 Gammamed 12i control console unit에 의해 interstitial source Ir-192를

작동시켜 nominal 강도가 10.0 Ci인 interstitial source Ir-192(본원에서 사용하는 interstitial source Ir-192는 stainless still로 봉합된 원통형 모양으로, maximum active는 370 GBq(10Ci), active source length는 3.5 mm, active diameter 0.6 mm, capsule length는 5.6 mm, capsule diameter는 1.1 mm이다)를 1분간 exposure(Gammamed 12i trolley unit에서 방출하여 노출시킴)한다. 이때 control room에 위치한 precision electrometer/dosimeter에서는 interstitial source ¹⁹²Ir가 방출되어 있는 동안 Farmer type ion chamber가 감지한 것을 digital에 의해 수치로 기록하여 준다. 이와 동일한 방법으로 적어도 5회 이상 실시하고, 측정된 값을 평균하여 평균값을 구하게 된다.

III. 결 과

Fig. 3은 precision electrometer dosimeter에 의해 기록된 값들이며, 이 측정된 값을 평균하여 평균값을 구한 것이다. 그리고, 이 평균값을 R(roentgen)으로 변환시키기 위해 Kerma equation에 대입하였다.

$$1 \text{ nC} = 5.381 \text{ R} \dots\dots\dots (1)$$

Fig. 3에 나타난 바와 같이 5회 이상 측정된 평균값은 0.3739 nC/min이었으며, 이것을 R으로 변환하기 위해 (1)식을 적용하였다.

$$X = 0.3739 \text{ nC} / \text{min} \times 5.381 \text{ R} = 2.012 \text{ R} / \text{min} \dots (2)$$

(X(exposure)=source를 1분간 방출시켜 얻은 값)

| 측정횟수 | 측정치수 및 단위 |
|------|---------------|
| 1회 | 0.3729 nC/min |
| 2회 | 0.3744 nC/min |
| 3회 | 0.3734 nC/min |
| 4회 | 0.3739 nC/min |
| 5회 | 0.3749 nC/min |
| 평균 값 | 0.3739 nC/min |

Fig. 3. Calibration data of electrometer

이때 실제 측정된 장소(remote afterloading system)이 설치된 치료실 실내)의 실온과 대기 압은 표준(STP)상태이었으므로 1로 하여 계산하였다.

$$S_k = K_L \times L^2 \dots\dots\dots (3)$$

S : air kerma strength, K : air kerma rate, L : distance(usually 1 m, source와 chamber사이), unit : $\mu\text{Gy m}^2\text{h}^{-1}$

(3)식은 air kerma strength를 구하기 위한 공식이며, 먼저 air kerma rate를 구하기 위해 (4)식을 인용한다.

$$K = X(W/e) \dots\dots\dots (4)$$

K : kerma,

X : exposure(source를 1분간 방출한 값. 즉, (2)식의 값)

W : 공기 중 평균 흡수에너지(33.97J/C),

e : unit charge of ionization in air (1.6×10^{-19} J/kg)

그리고, 1R 조사시 공기 1kg당의 하전값($2.58 \times 10^{-4}\text{C}$)

(4)식은 kerma를 구하기 위한 공식으로서

$$K = 2.012\text{R}/\text{min} \times (2.58 \times 10^{-4}\text{C}/\text{kg}) / (1.6 \times 10^{-19}\text{J}/\text{kg}) \times 33.97\text{J}/\text{C} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{J}/\text{kg}$$

$$= 2.012\text{R}/\text{min} \times (0.876 \times 10^{-2}\text{J}/\text{kg}) \text{이다.}$$

여기서, $1\text{rad} = 10^{-2}\text{J}/\text{kg}$ 이며, $1\text{Gy} = 100\text{rad}$ 이므로,

$$K = 2.012\text{R}/\text{min} \times 0.87\text{rad}$$

$$= 2.012\text{R}/\text{min} \times 8.76\text{mGy}/\text{R} \text{이다.}$$

(3)+(4)식

$$\text{즉, } S_k = X_L(W/e) \times L^2 \dots\dots\dots (5)$$

(5)식에서 exposure rate는 공기 중 1m 거리에서 측정된 R/h이므로, 실제측정한 시간과 실제측정한 거리를 (5)식에 적합한 시간과 거리로 환산해야 한다.

그러므로 (5)식에 나타난 거리 1m에 대해 1/5배로 축소된 20cm의 거리와 hour에 대해 1/60배로 축소한 minute를 (5)식과 동일한 수치로 적용시킨다면 다음과 같다.

$$S = (2.012\text{R}/\text{min} \times 8.76\text{mGy}/\text{R}) / (1/60\text{hour}) \times (1/5)^2\text{m}^2$$

$$= 1057.5 \text{ mGy}/\text{hour} \times (1/25)\text{m}^2$$

$$= 42.3 \text{ mGy m}^2/\text{hour} \dots\dots\dots (6)$$

(6)식은 air kerma strength의 값이며, 1Ci에 대한 air kerma rate의 gamma 상수의 값은 $4.084 \text{ mGy m}^2 \text{ h}^{-1}$ 이므로, 10Ci에 대한 값은 다음과 같다.

$$10 \text{ Ci} = 40.84 \text{ mGy m}^2/\text{hour} \dots\dots\dots (7)$$

따라서, (6)식과 (7)식에 의해 구하고자 하는 측정값 Y는

$$Y = (42.3 \text{ mGy m}^2 \text{ h}^{-1}) / (40.84 \text{ mGy m}^2 \text{ h}^{-1}) \times 10\text{Ci}$$

$$= 10.36 \text{ Ci} (10.357 \text{ Ci}) \text{이다.}$$

그러므로 실제 정확한 거리와 시간을 air kerma rate 공식에 환산시켜 측정된 interstitial source Ir-192의 strength의 값은 10.36 Ci로 나타났다.

IV. 결론 및 고찰

I S O T O P E N - T E C H N I K
D R . S A U E R W E I N G M B M

Decay table for Ir-192 t-1/2=74.02d

| ACTIVITY | | | | | | | |
|--------------|-----------------|--------------------------|------|-----------------|--------------------------|-----|-----|
| at | 12.1 Ci | (446.2 GBq) | | | | | |
| DIMENSIONS | | | | | | | |
| SE | 0.6x3.5 mm x mm | | | | | | |
| CAPSULE TYPE | | | | | | | |
| | GH-212.03-004 | | | | | | |
| SERIAL NO. | | | | | | | |
| | 908 | | | | | | |
| ISM-NO. | | | | | | | |
| | M-84337 | | | | | | |
| CUSTOMER | | | | | | | |
| | Mon Kwang | | | | | | |
| | Korea | | | | | | |
| Date | Activity GBq | Factor Ci 10/A*100 | Date | Activity GBq | Factor Ci 10/A*100 | | |
| 30.AUG.94 | 446.2 | 12.1 | 83 | 29.OCT.94 | 254.4 | 6.8 | 145 |
| 1.SEP.94 | 437.9 | 11.8 | 84 | 31.OCT.94 | 249.7 | 6.7 | 144 |
| 2.SEP.94 | 429.8 | 11.6 | 86 | 2.NOV.94 | 245.0 | 6.6 | 151 |
| 5.SEP.94 | 421.8 | 11.4 | 88 | 4.NOV.94 | 240.5 | 6.5 | 154 |
| 7.SEP.94 | 414.0 | 11.2 | 89 | 6.NOV.94 | 236.0 | 6.4 | 157 |
| 9.SEP.94 | 406.3 | 11.0 | 91 | 8.NOV.94 | 231.7 | 6.3 | 160 |
| 11.SEP.94 | 398.8 | 10.8 | 93 | 10.NOV.94 | 227.4 | 6.1 | 163 |
| 13.SEP.94 | 391.4 | 10.6 | 95 | 12.NOV.94 | 223.1 | 6.0 | 166 |
| 15.SEP.94 | 384.1 | 10.4 | 96 | 14.NOV.94 | 219.0 | 5.9 | 169 |
| 17.SEP.94 | 377.0 | 10.2 | 98 | 16.NOV.94 | 214.8 | 5.8 | 173 |
| 19.SEP.94 | 370.0 | 10.0 | 100 | 18.NOV.94 | 211.0 | 5.7 | 175 |
| 21.SEP.94 | 363.1 | 9.8 | 102 | 20.NOV.94 | 207.0 | 5.6 | 179 |
| 23.SEP.94 | 356.4 | 9.6 | 104 | 22.NOV.94 | 203.2 | 5.5 | 182 |
| 25.SEP.94 | 349.8 | 9.5 | 106 | 24.NOV.94 | 199.4 | 5.4 | 186 |
| 27.SEP.94 | 343.3 | 9.3 | 108 | 26.NOV.94 | 195.7 | 5.3 | 189 |
| 29.SEP.94 | 336.9 | 9.1 | 110 | 28.NOV.94 | 192.1 | 5.2 | 193 |
| 1.OCT.94 | 330.7 | 8.9 | 112 | 30.NOV.94 | 188.5 | 5.1 | 196 |
| 3.OCT.94 | 324.5 | 8.8 | 114 | 2.DEC.94 | 185.0 | 5.0 | 200 |
| 5.OCT.94 | 318.5 | 8.6 | 116 | 4.DEC.94 | 181.4 | 4.9 | 204 |
| 7.OCT.94 | 312.6 | 8.4 | 118 | 6.DEC.94 | 177.8 | 4.8 | 208 |
| 9.OCT.94 | 306.8 | 8.3 | 121 | 8.DEC.94 | 174.9 | 4.7 | 212 |
| 11.OCT.94 | 301.1 | 8.1 | 123 | 10.DEC.94 | 171.7 | 4.6 | 216 |
| 13.OCT.94 | 295.5 | 8.0 | 125 | 12.DEC.94 | 168.5 | 4.6 | 220 |
| 15.OCT.94 | 290.0 | 7.8 | 128 | 14.DEC.94 | 165.4 | 4.5 | 224 |
| 17.OCT.94 | 284.7 | 7.7 | 130 | 16.DEC.94 | 162.3 | 4.4 | 229 |
| 19.OCT.94 | 279.4 | 7.6 | 132 | 18.DEC.94 | 159.3 | 4.3 | 232 |
| 21.OCT.94 | 274.2 | 7.4 | 135 | 20.DEC.94 | 156.3 | 4.2 | 237 |
| 23.OCT.94 | 269.1 | 7.3 | 137 | 22.DEC.94 | 153.4 | 4.1 | 241 |
| 25.OCT.94 | 264.0 | 7.1 | 140 | 24.DEC.94 | 150.4 | 4.1 | 246 |
| 27.OCT.94 | 259.2 | 7.0 | 143 | 26.DEC.94 | 147.8 | 4.0 | 250 |

Fig. 4. Decay table for Ir-192.

Fig. 4는 제작회사에서 제공해준 interstitial source Ir-192에 대한 activity 및 decay factor값이다.

따라서, nominal activity가 10 Ci이고, 본 연구에서 측정한 interstitial source Ir-192의 측정값은 10.36 Ci로 나타났다. Nominal activity와 측정값의 activity를 비교하여 보면, 측정값의 activity가 +3.6 %의 오차가 발생하여 비교적 nominal activity와 잘 일치한다고 볼 수 있다.

그리고 interstitial source Ir-192의 strength를 측정하는데는 setup이 간편하고, 대체적으로 측정값이 잘 일치되는 air kerma rate를 이용하는 방법이 다른 여러 가지 측정방법 보다 용이한 측정방법 중의 하나로 확인되었으며, 특히 NCRP에서 추천하고 있는 방법이 다른 여러 측정 방법들보다 우수하고 조작성이 간편하

여 좋은 측정방법 중의 하나라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김영일 : 방사선치료, 신광출판사, 1993.
2. 김창균 : 방사선 계측학, 신광출판사, 1993.
3. Faiz M Khan : The physics of radiation therapy, 1994.
4. ICRU, Radiation quantities and units, Report No. 33, Washington, DC, ICRU, 1980.
5. ICRU, Radiation quantities and units, Report No. 19, Washington, DC, ICRU, 1971.
6. ICRU, Radioactivity, Report No. 10C, Washington, DC, ICRU, 1963.
7. Nucletron, Activity, volume 5, No. 4, 1991.
8. Nucletron, Activity, volume 3, 1989.