

# 근접치료동위원소의 Activity Check

고려대학교의료원 방사선종양학과

김건오, 이병구, 권영호

- Abstract -

## The Activity Check of Brachytherapy Isotope

Department of Radiation Oncology Medical Center, Korea University

GunOh Kim, ByungKoo Lee, YoungHo Kwon

An isotope Ir-192, which is used in brachytherapy depends on import in whole quantities. There are a few ways for its activity measurement using Welltype chamber or the way to rely on authentic decay table of manufacturer. In-air dosimetry using Farmer Chamber, etc. In this paper, let me introduce the way using Farmer chamber which is easier and simple.

With the Farmer chamber and source calibration jig, take a measurement the activity of an isotope Ir-192 and compare the value with the value from decay table of manufacturer and check the activity of source.

The result of measurement, compared the value from decay table, by  $\pm 2.1\%$ . (which belongs to recommendable value for AAPM  $\pm 5\%$  as difference of error range) It is possible to use on clinical medicine.

With the increase in use of brachytherapy, the increase of import is essential. And an accurate activity check of source is compulsory. For the activity check of source, it was possible to use Farmer chamber and source calibration jig without additional purchase of Well type chamber.

## I. 서 론

방사선 치료의 궁극적인 목적은 종양조직에 최대선량을 투여하고 정상조직은 보호함으로 치료성적을 극대화 시키는데 있다. 치료 성과와 예후에 수반되는 합병증은 방사선의 선량과 매우 밀접한 관계가 있으

므로 국제방사선위원회(ICRU)에서는 투여되는 선량이 계획된 선량의  $\pm 5\%$  이내로 정확하게 유지되는 것을 권고하고 있다.

근접치료는 의료용 방사선 발생장치 등에서 방출되는 고 에너지 방사선을 이용한 체외 방사선 치료 (Teletherapy)와 달리, 방사성 동위원소를 인체 내 중

양 부위에 직접 삽입하거나 근접시켜 치료하는 방법을 말한다.

정확한 치료선량의 전달을 위해서는 정확한 선원의 측정이 먼저 수반되어야 한다. 근접치료에 사용하는 동위원소인 Ir-192는 전량 수입에 의존하고 있으며, 그 Activity는 Well type chamber를 이용하여 측정하거나, 제조업체의 Decay table을 믿고 의존하는 방법, 또는 in-air dosimetry로 farmer chamber를 이용하는 방법이 있다. 그러나 Well type chamber는 추가 구입의 비용이 발생되고, 선원의 미세한 크기 차이에 따른 에러의 발생가능성이 있다. 그리고 in-air dosimetry는 복잡한 매개변수의 사용으로 측정에 어려움이 있다. 최근의 세계적인 추세는 매개변수의 사용을 4~5개로 단순화 할 것을 권장하고 있다. 본 연구는 정확한 선원의 측정 방법 중, 복잡한 매개변수의 영향 없이 간단히 선원을 측정하기 위해 Source calibration jig를 자체제작하고, 이를 이용해 Farmer

chamber로 선원을 측정하는 방법의 유용성을 살펴보고자 한다.

### 1. 우리나라 장비 보유 현황

우리나라 장비 보유 현황은 Table 1.에서 보는바와 같이, 2002년 현재 식약청 통계에 의하면 전체 방사선 종양학과 중 근접치료기 Remote Afterloading system을 보유하고 있는 병원이 38개병원이고, 이중 Well type chamber를 보유한 병원이 15개 병원임을 알 수 있다.

### 2. 대만의 선원 측정의 통계자료

우리나라에선 선원 측정에 대한 통계자료를 구할 수 없어, 이미 나와 있는 대만 자료를 살펴보았다. 제조사의 decay table과 실측치를 비교하여, 나타난 오차를 3개의 군으로 나눠 Table 2.와 같이 나타내었다.

Table 1. Statistics of Korea Food & Drug Administration, 2002

Brachytherapy Instrument	Maker	Number of Hospital	Total
Afterloading system	Nucletron	18	38
	Gammamed	5	
	Buchler	6	
	Shimadzu	5	
	Varisource	3	
	Omnitron	1	
Well type chamber	PTW	9	15
	Standard Imaging	4	
	CNMC/ATOMLAB	2	

Table 2. Result for Comparison of Source, TAIWAN, 1992. 10.~1997. 8.

군	오차 범위	선원의 수
1 군	3% 이상	3개
2 군	1~3%	3개
3 군	1% 미만	9개

제조사의 decay table과 선원 실제 측정의 실측치 사이에 Table 2와 같은 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그러므로 치료 전에 정확한 선원의 측정이 필요하다.

## II. 대상 및 방법

- PTW Freiburg 0.6cc Farmer chamber
- PTW UNIDOS Electrometer
- Remote Afterloading System (Gammamed 12i 10Ci)
- Source calibration jig (자체제작 : 이후에는 단순히 jig로 표현함)

## III. 결과 및 고찰

### 1. Farmer chamber의 측정

공기 중에서 측정을 위해, 특별히 산란을 최소화시키는 저밀도 아크릴로 선원과 전리함을 지지하는 지지대(jig)를 제작하여 측정하였다. 측정 시 지지대(jig)를 방과 벽의 중심에 위치시켜 방 산란의 기여를 최소화하였다. 일반적으로 바닥에서 1m, 벽에서 1.5m 이상의 거리를 권고하고 있고 이를 만족시켰다. (같은 위치와 장비로 후속 교정에 사용하여 방 산란 효과를 일정하게 유지시키는 효과를 볼 수 있다.) 전리함의 누설을 최소화하기 위해 저 잡음 전기적 케이블을 사용하고, 전위함(electrometer)의 예열 시간을 30분 이상으로 하고, 케이블 길이를 짧게 하여 방사선에 피폭되는 케이블 길이를 최소화하였다.

Farmer chamber 측정에서 고려해야할 인자는 다음과 같다.

#### 1) 공기 중 감쇠와 다중 산란

광자의 공기 중 감쇠와 다중 산란 효과는 선원에 서 전리함까지의 거리와 관계있다. National Physics Laboratory에서는 Ra-226, Co-60, Cs-137에 대해 1m 당 0.2%를 채택하고 있다. 그러나 본 논문의 HDR 선원 공기 중 교정에 사용하는 5cm 또는

10cm의 짧은 거리에서는 공기 중 감쇠와 다중 산란을 무시할 수 있다.

#### 2) "room scatter" 효과 보정

치료실 산란 효과는 전리함 지지대(jig)를 포함하여 방의 모든 표면으로부터의 반사 기여도를 말한다. 본 논문에서는 바닥에서 1m, 벽에서 1.5m 이상의 거리를 유지하며 측정하여 산란선의 기여를 최소화하였다.

#### 3) end-effect 보정

여러 개의 source dwell position을 이용하여 측정할 때 다음 position으로 선원이 이동 할 때 수집되는 전하를 보정하는 것이다. 본 논문에서는 특정한 한 지점(point)에서의 측정이므로 고려 대상이 아니다.

Fig 1. 은 본 논문 실험에서 사용하기 위해 자체 제작한 선원과 전리함 고정용 지지대(source calibration jig)이다.

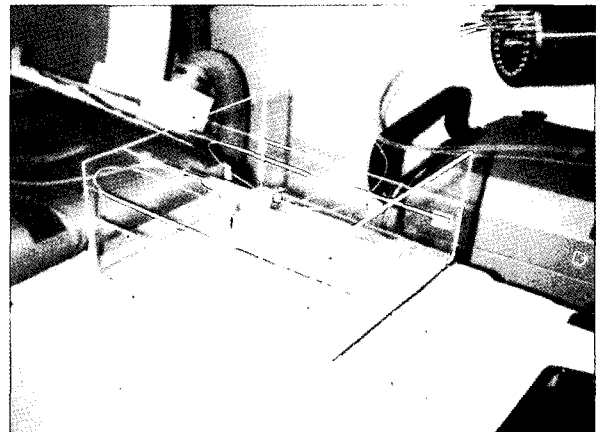


Fig 1. source calibration jig

자체 제작한 선원·전리함 고정 지지대(jig)를 이용하여 전리함과 treatment tube 사이는 10cm의 거리를 두고 공기 중에 평행하게 놓고 측정하였다. Fig 2. 는 선원의 위치와 전리함 중심부위 일치를 알기 위하여 X-ray 촬영한 사진이며, Fig 3.은 본 실험의 모식

도이다.

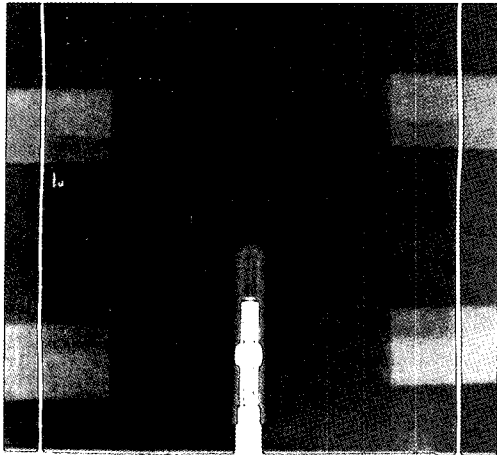


Fig 2. X-ray image for Source & Chamber Position

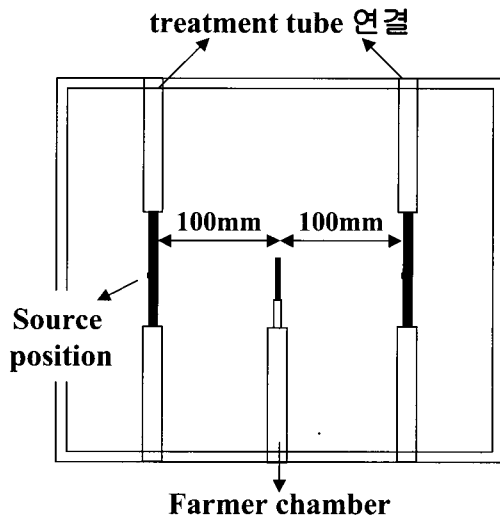


Fig 3. Measurement Plan

IAEA는 전리함과 선원의 거리를 16cm 권장하고 있으나, 허용한계는 10~40cm까지 이다. 본 논문에서는 jig제작의 편의와 복잡한 매개변수의 값을 줄이기 위해 10cm으로 제작하였다. 측정 장치의 누설선량은 선원이 없는 상태에서 70초간 방치하여 측정하고, 측정 전에 30분 이상의 예열 시간을 가져 충분히 안정화 된 후 사용하였다. jig는 치료실 벽이나 바닥, 천정

에서의 산란을 최소화하기 위해 치료실 중앙에 설치하였다.

측정은 각 60초 씩 5회에 걸쳐 측정하고, 최소 값과 최대 값을 뺀 평균값으로 하였다. 그 결과는 Table 3.과 같다.

Table 3. Farmer chamber Measurement Value

Rt.	Lt.
1.011 nC	1.025 nC
0.981 nC	0.992 nC
0.976 nC	0.979 nC
0.964 nC	0.970 nC
0.952 nC	0.957 nC
(평균값)	0.977nC

조사선량율은 다음공식을 이용하여 계산하였다.

$$X = \frac{M \cdot C_{tp} \cdot C_{cal}}{t}$$

X = 공기 중에서의 조사선량율 (R/sec)

M = electrometer의 측정값에서 누설선량을 제거한 값

t = 측정시간

C<sub>tp</sub> = 온도와 기압의 보정계수

(273.15+T / 295.15) × 760 / P

C<sub>cal</sub> = 전리함의 교정계수 (R/c)

air kerma strength를 구하기 위해 kerma와 exposure와의 관계를 살펴보면 다음과 같다.

$$K = X \cdot \left(\frac{w}{e}\right) \cdot \frac{\mu_{tr}/\rho}{\mu_{en}/\rho} \dots\dots\dots ①$$

K = kerma

X = exposure

$(\frac{\bar{w}}{e})$  = 공기 중에서 단위 전리 전하 당

흡수된 평균에너지

$\bar{\mu}_{tr}/\rho$  와  $\bar{\mu}_{en}/\rho$  = 각각 광자에 대한 질량전달  
계수와 질량에너지 흡수계  
수의 평균값이다.

또한

$$\bar{\mu}_{en}/\rho = \bar{\mu}_{tr}/\rho(1-g)$$

여기서 g는 제동방사 (Bremsstrahlung)로 잃은  
에너지의 비율이다.

그러나 근접치료 광자의 에너지 영역은 공기  
매질에 대해

$\bar{\mu}_{en}/\rho \approx \bar{\mu}_{tr}/\rho$ 이다. 따라서

$$K = X (\frac{\bar{w}}{e}) \text{ 변환하면}$$

$$S_k = X (\frac{\bar{w}}{e}) d^2$$

$S_k$  = air kerma strength (mGy<sup>2</sup>/h)

$X$  = ①식에서 결정된 조사선량을 (R/h)

$(\frac{\bar{w}}{e})$  = 공기 중에서 단위전리전하당 흡수된  
평균에너지로 0.876 cGy/R

$d$  = 선원과 전리함사이의 거리

치료실 실내 온도는 25°C, 기압은 763 mmHg 이  
었으며, 0.6cm<sup>3</sup> Farmer chamber의 air kerma 교정계  
수는 4.832 R/nC 이다. 이때 조사선량을 ①식을  
이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$X = \frac{0.977nC \times 1.006 \times 4.832R/nC}{60 \text{ sec}}$$

$$S_k = 4.749R/\text{min} \times 8.76 \text{ mGy/R}$$

$$\times (\frac{0.1}{1} \text{ m})^2 \times 60 \text{ min/h}$$

$$= 24.96 \text{ mGy} \times \text{m}^2/\text{h}$$

현재(2003년 5월 21일) 사용하는 선원의 방사능  
을 생산자가 검 교정 한 값(Appendix "Decay table  
참조, 25.5mGy×m<sup>2</sup>/h)과 비교하였을 때 약 -2.1%의  
차이를 나타내었다. 한편, Ezzel은 7개의 기관에  
서 29개의 선원을 측정 비교한 결과 생산자가 제  
공한 값과의 차이는 1.040±0.041의 평균비로 나타  
난다고 보고하였다.

## IV. 결 론

대부분 수입 사용하는 Ir-192 선원의 Activity는 일  
반적으로 분기마다 한 번씩 교체하므로 최소한 선원  
의 교체 시 마다 측정하여 생산자의 검 교정 값과 비  
교하여야 할 것이다. 다른 나라의 논문을 살펴보면  
92년 10월부터 97년 8월까지 15개의 선원을 조사한  
결과, 3개는 3%이상, 9개는 1%미만, 3개는 1~3%의  
차이가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 정확한 선원  
의 측정은 꼭 치료이전에 행해져야 한다.

Farmer chamber의 측정 결과는 제조사의 decay  
table과 비교하여 -2.1%로 AAPM 등에서 권고하는  
±5% 미만의 오차범위에 들어가는 차이로서 임상에서  
Well type chamber 없이도 정확한 선원의 측정을 할  
수 있었다.

임상에서의 측정은 제조사의 decay table을 기  
초로 하여 비교 측정 할 수 있다. 그러나 일관성  
있고 재현성 있는 검증 측정 방법이 절대 필요하  
며, 검증 측정의 불확실도와 재현성을 인식하여  
검증 측정이 제조업자의 decay table에서 기술한  
값과 일치 또는 불일치하는지를 결정할 때 고려  
해야 한다.

Well type chamber는 측정이 간단하나, UW-ADCL  
(University of Wisconsin Accredited Dosimetry  
Calibration Laboratory)의 calibration report를 보면  
chamber의 calibration 정확도를 3개의 그룹으로 나누  
었는데, 임상에서 사용하는 Well type chamber 그 자  
체 오차범위는 class I으로 Table 4.에서 보듯이  
±2.0%로 나타나고 있다.

Table 4. Calibration accuracy of UW-ADCL

class I : ±2.0%	class II : ±3.0%	class III : ±5.0%
-----------------	------------------	-------------------

실제로 우리나라 50개의 방사선종양학과 중에 38곳이 근접치료 시설을 갖추고 있으며 그중 15곳만이 Well type chamber를 보유하고 있었다.

Well type chamber는 선원의 미세한 크기에 따라 chamber response에 영향이 크므로 chamber 측정값

을 신뢰하기 위해서는 측정 전 정확한 response curve의 작성과 그 결과에 의한 optimal position을 결정하여야 한다.

본 논문은 간단히 source calibration jig의 제작만으로 기존에 보유하고 있는 farmer chamber를 이용하여, Well type chamber를 추가 구입 하지 않고, 매개변수의 영향을 최소화하여, 정확한 선원의 측정을 할 수 있었다.

Appendix

Decay table for Ir-192 HWZ= 73.83 d

Activity : 12.30 Ci ( 455.00 GBq AKR = 50.05 [mGy·m<sup>2</sup>/h] )  
 at : 10.Mar.2003  
 Dimensions : 0.6x3.5mm  
 Capsule Type : GM.212.43-040 D/0048/S-96  
 Serial No. : 940  
 ISW-No. : M-03192  
 Customer : Korea University  
 : Korea

Date	GBq	Ci	AKR	Factor	DRF	Date	GBq	Ci	AKR	Factor	DRF
10.Mar.2003	455.0	12.3	50.0	81	122.97	19.Apr.2003	312.6	8.4	34.4	118	84.48
11.Mar.2003	450.7	12.2	49.6	82	121.82	20.Apr.2003	309.6	8.4	34.1	119	83.69
12.Mar.2003	446.5	12.1	49.1	83	120.69	21.Apr.2003	306.7	8.3	33.7	121	82.90
13.Mar.2003	442.4	12.0	48.7	84	119.56	22.Apr.2003	303.9	8.2	33.4	122	82.13
14.Mar.2003	438.2	11.8	48.2	84	118.44	23.Apr.2003	301.0	8.1	33.1	123	81.36
15.Mar.2003	434.1	11.7	47.8	85	117.33	24.Apr.2003	298.2	8.1	32.8	124	80.60
16.Mar.2003	430.1	11.6	47.3	86	116.24	25.Apr.2003	295.4	8.0	32.5	125	79.85
17.Mar.2003	426.1	11.5	46.9	87	115.15	26.Apr.2003	292.7	7.9	32.2	126	79.10
18.Mar.2003	422.1	11.4	46.4	88	114.08	27.Apr.2003	289.9	7.8	31.9	128	78.36
19.Mar.2003	418.1	11.3	46.0	88	113.01	28.Apr.2003	287.2	7.8	31.6	129	77.63
20.Mar.2003	414.2	11.2	45.6	89	111.95	29.Apr.2003	284.6	7.7	31.3	130	76.91
21.Mar.2003	410.4	11.1	45.1	90	110.91	30.Apr.2003	281.9	7.6	31.0	131	76.19
22.Mar.2003	406.5	11.0	44.7	91	109.87	01.May.2003	279.3	7.5	30.7	132	75.48
23.Mar.2003	402.7	10.9	44.3	92	108.85	02.May.2003	276.6	7.5	30.4	134	74.77
24.Mar.2003	399.0	10.8	43.9	93	107.83	03.May.2003	274.1	7.4	30.1	135	74.07
25.Mar.2003	395.2	10.7	43.5	94	106.82	04.May.2003	271.5	7.3	29.9	136	73.38
26.Mar.2003	391.5	10.6	43.1	94	105.82	05.May.2003	269.0	7.3	29.6	138	72.69
27.Mar.2003	387.9	10.5	42.7	95	104.83	06.May.2003	266.5	7.2	29.3	139	72.01
28.Mar.2003	384.3	10.4	42.3	96	103.85	07.May.2003	264.0	7.1	29.0	140	71.34
29.Mar.2003	380.7	10.3	41.9	97	102.88	08.May.2003	261.5	7.1	28.8	141	70.68
30.Mar.2003	377.1	10.2	41.5	98	101.92	09.May.2003	259.1	7.0	28.5	143	70.01
31.Mar.2003	373.6	10.1	41.1	99	100.97	10.May.2003	256.6	6.9	28.2	144	69.36
01.Apr.2003	370.1	10.0	40.7	100	100.03	11.May.2003	254.2	6.9	28.0	146	68.71
02.Apr.2003	366.6	9.9	40.3	101	99.09	12.May.2003	251.9	6.8	27.7	147	68.07
03.Apr.2003	363.2	9.8	40.0	102	98.17	13.May.2003	249.5	6.7	27.4	148	67.43
04.Apr.2003	359.8	9.7	39.6	103	97.25	14.May.2003	247.2	6.7	27.2	150	66.80
05.Apr.2003	356.5	9.6	39.2	104	96.34	15.May.2003	244.9	6.6	26.9	151	66.18
06.Apr.2003	353.1	9.5	38.8	105	95.44	16.May.2003	242.6	6.6	26.7	153	65.56
07.Apr.2003	349.8	9.5	38.5	106	94.55	17.May.2003	240.3	6.5	26.4	154	64.95
08.Apr.2003	346.6	9.4	38.1	107	93.66	18.May.2003	238.1	6.4	26.2	155	64.34
09.Apr.2003	343.3	9.3	37.8	108	92.79	19.May.2003	235.8	6.4	25.9	157	63.74
10.Apr.2003	340.1	9.2	37.4	109	91.92	20.May.2003	233.6	6.3	25.7	158	63.15
11.Apr.2003	336.9	9.1	37.1	110	91.06	21.May.2003	231.5	6.3	25.5	160	62.56
12.Apr.2003	333.8	9.0	36.7	111	90.21	22.May.2003	229.3	6.2	25.2	161	61.97
13.Apr.2003	330.7	8.9	36.4	112	89.37	23.May.2003	227.2	6.1	25.0	163	61.39
14.Apr.2003	327.6	8.9	36.0	113	88.53	24.May.2003	225.0	6.1	24.8	164	60.82
15.Apr.2003	324.5	8.8	35.7	114	87.71	25.May.2003	222.9	6.0	24.6	166	60.25
16.Apr.2003	321.5	8.7	35.4	115	86.89	26.May.2003	220.8	6.0	24.3	168	59.69
17.Apr.2003	318.5	8.6	35.0	116	86.08	27.May.2003	218.8	5.9	24.1	169	59.13
18.Apr.2003	315.5	8.5	34.7	117	85.27	28.May.2003	216.7	5.9	23.8	171	58.58

Varian Medical Systems Haan GmbH  
 Bergische Straße 16  
 D - 42781 Haan / Rhld.

## 참고문헌

1. Haakon Ragde, Gordon Grado, Frank Critz, Hamilton Williams, "Chapter Twelve Brachytherapy seed therapy for localized prostate cancer and High Dose Rate Brachytherapy", Handbook, 107-111, 1980
2. AAPM : American Association of Physicists in Medicine, "Specification of Brachytherapy Source Strength", Report No. 21, 1987
3. Fang-Jen Cin, Chen-Pang Tu, An-Eheng Shiau, Hsieh-Ting Wu, "Calibration of High Dose Rate Source Activity", 中華放射醫誌 Chin J Radiol, 24(2), 57-60, 1999
4. AAPM : American Association of Physicists in Medicine, Radiation Committee Task Group 40, "Comprehensive QA for Radiation Oncology", Report No, 46, 1994
5. Khan F.M.: "The Physics of Radiation Therapy", 2nd ed., Baltimore, Williams, Wilkins, 106-108, 1994
6. IAEA :International Atomic Energy Agency "Calibration of Brachytherapy Source", IAEA TECDOC-1079, Vienna, 1999
7. K. E. Stump, L. A. DeWerd, J. A. Micka, and D. R. Anderson : "Calibration of new high dose rate Ir-192 sources", Med. Phys. 29 (7), 7. 2002
8. Khan F.M. : "The Physics of Radiation Therapy", 2nd ed., Baltimore, Williams, Wilkins, 429-431, 1994
9. Ezzel G.A. : "Calibration Intercomparison of an Ir-192 Source Used for High Dose Rate Remote After Loading HDR Activity" (Selectron user's News Lett.) 3, 13-14, 1989
10. University of Wisconsin-Madison : Department of Medical Physics Accredited Dosimetry Calibration Laboratory, "Report of Calibration for HDR Well-Type ionization chamber" Report No. HDR1386, 1999
11. AAPM : American Association of Physicists in Medicine, Task Group 24, "Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy", American Institute of Physics, 1974
12. Gwe Ya Kim, Chunil Lim, Hycog Ju Kim, Ki Jung Park, Jung Eun Rah, Hee Kyo Jeong : "Intercomparison of HDR Ir-192 brachytherapy source of hospitals in Korea", RadiationStandards Kivision, Korea Food & Drug Administration.

- 국문요약 -

## 근접치료동위원소의 Activity Check

고려대학교의료원 방사선종양학과

김건오, 이병구, 권영호

**목 적** : 근접치료에 사용하는 동위원소인 Ir-192는 전량 수입에 의존하고 있으며, 그 Activity는 Welltype Chamber를 이용하여 측정하거나 제조업체의 선원 강도 인증서를 믿고 의존하는 방법, 또는 Farmer Chamber를 이용한 in-air dosimetry 등이 있다. 본 논문에서는 좀더 간단하고 단순한 Farmer Chamber를 이용한 방법을 소개하고자 한다.

**대상 및 방법** : Farmer Chamber와 Source Calibration jig를 이용하여 Ir-192 동위원소의 Activity를 측정하고 그 값을 제조사의 선원강도 인증서의 값과 비교하여 선원의 Activity를 check한다.

**결 과** : 측정결과 제조사의 값과 비교하여  $\pm 2.1\%$ 로, AAPM 권고 값인  $\pm 5\%$  안의 오차범위에 들어가는 차이로서 임상에서의 사용이 가능하다.

**결 론** : 근접치료장치의 사용증가와 그에 따른 선원의 수입 증가는 불가결하다. 그리고 선원의 정확한 Activity Check는 필수이다. 선원의 Activity check를 위해 Well type chamber의 추가 구입 없이 Farmer Chamber와 Source Calibration jig를 이용하여 정확한 선량 측정이 가능하였다.