

측정용 전리함에 따른 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 겉보기 활성도의 정확도 비교 분석

*인하대학교 의과대학 방사선종양학교실, †가천의과학대학교 방사선종양학교실,
‡한양대학교 의과대학 방사선종양학교실, §이화여자대학교 의과전문대학원 방사선종양학교실,
||원자력의학원 방사선종양학과, ¶경희대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실

허현도* · 최진호† · 최상현* · 김성훈† · 김우철* · 김현정* · 이레나§ · 김금배|| · 홍성언¶ · 신동오¶

본 연구에서는 측정 방법이 다른 두 전리함을 이용하여 고선량을 근접치료용 방사성 선원의 겉보기 활성도를 측정하여 선원의 활성도 정확성 및 두 장비간의 정확도를 비교 분석하였다. 국내 5개 의료기관을 선정하여 공기 중 기준거리에서 겉보기 활성도를 측정하고 동일한 선원에 대하여 측정 방법이 다른 두 팬텀을 동시에 측정하여 측정방법에 따른 상호 오차와 측정용 전리함의 정확도를 평가하였다. 우물형 전리함과 Jig 팬텀의 상대 오차는 각각 -2.1%~0.2%, -2.8%~ -1.0%로 나타났다. 동일한 방사성선원에 대하여 두 교정 장비간의 정확도 평가는 최대 상대오차 1%로 나타났다. 선원의 세기 검증 시 측정 방법에 따른 의존도는 없었다. 고 선량을 근접방사선치료에 사용되는 방사성 선원의 세기의 변화는 환자의 종양 및 인접장기에 미치는 영향이 매우 크므로 방사성 선원의 세기 오차는 환자치료의 최적화에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 새로운 선원 교체 시 뿐만 아니라 주기적인 선원 점검이 요구된다.

중심단어: 고 선량을 방사성 선원 세기, Jig 팬텀, 우물형 전리함

서 론

고 선량을 근접방사선치료는 외부 방사선치료와 더불어 암 치료에 증추적 역할을 하고 있다.^{1,2)} 현재 국내에서는 고 선량을 근접방사선치료기가 설치되어 이용되고 있는 의료기관이 37곳으로 보고되고 있다.³⁾ 따라서 국내 고 선량을 근접치료기에 대한 구체적이고 표준화된 정도관리 프로그램의 개발이 절실히 요구된다. 고 선량을 근접치료기의 정도관리에는 치료기기의 동작에 관련된 전기적 및 기계적 동작과 안전에 관련된 시설 차폐가 있다. 그리고 근접방사선치료의 정확성과 의료사고를 미연에 방지하기 위하여 방사성 선원의 주기적인 점검이 요구된다.

방사성 선원의 교체 및 주기적인 정도관리를 위해서는

측정용 전리함의 검·교정 및 측정 표준절차서 등이 필요하다. 미국의학물리학회(AAPM) 보고서 41에 고 선량을 근접치료기기 정도관리를 위한 항목 및 절차서 등이 제시되어 있고, 미국의학물리학회 보고서 21, 43에서는 선원의 검증을 위한 방법들이 제시되어 있다.^{4,6)} 그러나 국내 전문가 집단인 한국의학물리학회에서는 아직 국내 실정에 적합한 치료기기의 정도관리를 위한 프로그램과 방사성 선원의 활성도를 정확히 측정할 수 있는 절차서 및 방법들을 제시하고 있지 않고 있다. 따라서 국내 대부분 의료기관에서는 제조사에서 제공된 것과 여러 문헌들을 참고하여 각 의료기관의 실정에 맞게 수정하여 사용하고 있는 실정이다. 국내에 각 의료기관에서 보유하고 있는 방사성 선원의 겉보기 활성도(apparent activity)를 측정 할 수 있는 도구들은 대표적으로 원통형 이온전리함을 이용하는 Jig 팬텀과 우물형(well type)전리함이다. 이들은 단지 공기 중 임의의 일정한 거리에서 측정하여 공기 중 기준거리 1 m에서 방사성 선원의 겉보기 활성도를 구하는 방법이다. 미국의학물리학회 보고서 21에서 상대적인 방사성 선원의 겉보기 활성도를 권고하지 않고 선원 고유 세기인 공기커마 세기(air-kerma strength)를 권고하고 있다.⁵⁾ 최근 들어 국내 일부 저자들에게 의해 외부방사선 선량 교정 절차와 동일한 방법으로

본 논문은 교육과학기술부 원자력중장기연구개발사업(M20704000-005707M0400005711)과 식품의약품안전청 용역연구사업(08142방사선383)의 연구비 지원으로 수행되었음.

이 논문은 2008년 11월 24일 접수하여 2008년 12월 8일 채택되었음.

책임저자 : 신동오, (130-702) 서울시 동대문구 회기동 1번지

경희대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실

Tel: 02)958-8665, Fax: 02)958-8336

E-mail: ohsd32@naver.com

물에서 흡수선량을 측정하여 방사성 선원의 공기커마를 구하는 방법을 보고한 바 있다.⁶⁾

본 연구에서는 국내 의료기관에 설치되어 방사선 치료에 이용되고 있는 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 겉보기 활성도를 측정하는 우물형 전리함의 보유 현황과 전리함의 검·교정 성적서 실태를 조사하였다. 그리고 대표적으로 사용되는 Jig 팬텀과 우물형 전리함의 측정 방법에 따른 방사성 선원의 겉보기 활성도를 측정하여 선원의 활성도 및 두 장비간의 정확도 비교를 분석하여 고 선량을 근접방사선치료용 방사성 선원의 주기적이고 체계적 관리를 위한 표준절차서를 확립하는데 기초 자료로 삼고자 하였다.

재료 및 방법

1. 우물형 전리함 교정 성적서 자료 조사

국내 고 선량을 근접방사선치료를 시행하고 있는 37개 의료기관을 대상으로 설문 조사 및 현지 방문하여 전리함의 보유 현황과 전리함의 검·교정 성적서 등을 설문(부록) 조사하였다. 조사 시 전리함의 제조사와 전리함의 검·교정의 주기 및 검·교정의 표준 기관 등을 함께 조사하였다.

2. 방사성 선원의 겉보기 활성도 측정

1) 측정 장비: 본 연구에 사용된 측정 도구는 원통형 이온전리함을 이용하는 Jig 팬텀과 우물형 전리함을 사용하였다. 원통형 전리함은 0.6 cc Farmer type 전리함(M30001, PTW, Germany)을 사용하였다. 국내 표준기관은 Ir-192 표준선원을 보유하지 않고 있기 때문에 원통형 전리함의 교정정수는 Co-60 감마선으로 공기 중에서 교정한 조사선량

교정정수(N_x) 값을 적용하였다.

(1) Jig 팬텀: Jig 팬텀(Nucletron, Holland)은 크기는 $48 \times 48 \times 31 \text{ cm}^3$ 이며 재질은 아크릴로 구성되어 있다. 팬텀의 정중앙에 원통형 이온전리함을 설치할 수 있도록 설계되었고, 원통형 이온전리함의 중심점으로부터 양방향으로 10 cm 되는 거리에 방사성 선원이 놓이도록 설계 제작되었다. 양방향에서 같은 시간대에 선원을 측정함으로써 원통형 이온전리함의 기하학적 구조의 의존도를 최소화 및 선원과 설치 거리의 오차를 최소화 하였다. 선원이 놓이는 부분은 선원의 활성도가 감약되거나 산란되는 것이 최소화 되도록 밀도가 낮은 물질로 구성되었다(Fig. 1a). 측정에 사용된 미소전류계는 UNIDOS 1001 (PTW, Germany)를 사용하였다.

(2) 우물형 전리함(well type chamber): 우물형 전리함은 고 선량을 방사성 선원 및 저 선량을 방사성 선원에 대하여 겉보기 방사성 선원의 겉보기 활성도(apparent activity) 뿐만 아니라 방사성 선원의 공기커마 세기(air kerma strength)를 측정 할 수 있도록 제작되었다. 내부는 공기로 차 있고 대기압과 통하도록 구멍이 있다. 전리함의 측정 용적은 200 cm^3 이고 총 무게는 2.4 kg이다. 선원은 catheter로 연결하여 얇은 알루미늄 중심축을 통하여 삽입되도록 설계되어 있다. 선원과 전리함의 이온 수집용적 사이에는 전자 평형(0.31 g/cm^2)이 이루어지도록 아크릴로 설계되어 있다(Fig. 1b). 또한 우물형 전리함은 UNIDOS (PTW, Germany) 미소전류계로 연결되어 분극 전압이 최대 500 V까지 공급 될 수 있다.

2) 측정 기준 거리 및 전리함에 따른 수식체계: 측정 기준은 제조사에서 제공된 것을 이용하여 우물형 전리함은 방사성 선원으로부터 1.6 cm, Jig 팬텀은 방사성 선원으로부터 10 cm 되는 곳에 측정 기준을 정하였다.

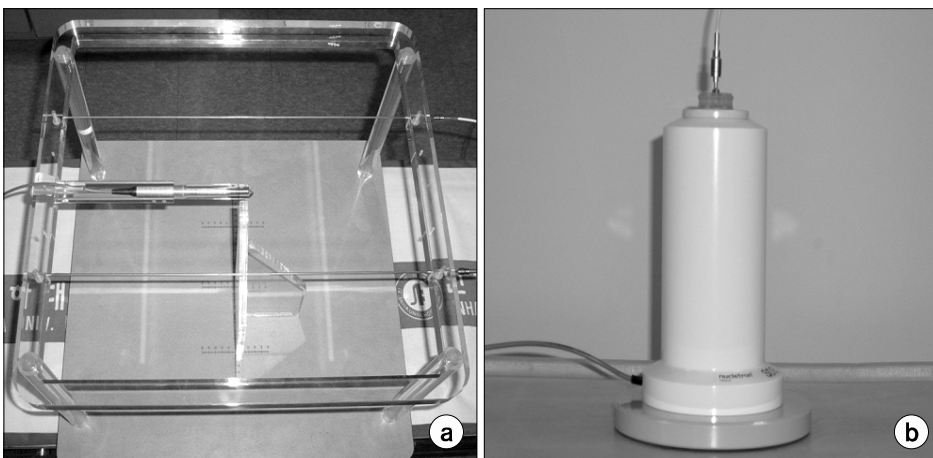


Fig. 1. The calibration tools for the high dose rate brachytherapy source. (a) Jig phantom, (b) Well type chamber.

(1) Jig 팬텀; 수식체계는 제조사에서 제공 된 것과 미국 의학물리학회 보고서 41을 참고로 하였다.⁴⁾

$$\text{조사율} = (M \times N_x \times C_{\text{room}} \times C_{\text{grad}} \times C_{\text{TP}}) / \text{Time} \quad (1)$$

기준거리(1 m)에서 시간당 선량을

$$(X_{100}) = X(R) \times 3,600 / \text{hr} \times (D1 / 100 \text{ cm})^2 \quad (2)$$

공기 중 기준거리 1 m에서 방사성선원의 겉보기 활성화도 (A_{eff})

$$A_{\text{eff}} = X_{100} / 0.466 / (R / \text{hr} / Ci) = \text{_____} Ci \quad (3)$$

여기서

$C_{\text{TP}} = (273.2 + T / 295.2) \times 1013 / P$, D1: 측정거리

C_{room} : 측정 방사선의 산란선에 대한 교정 인자,
 $C_{\text{room}} = 0.999$

C_{grad} : 이온전리함에 대한 조사 경사도 보정계수,
 $C_{\text{grad}} = 1.006$

N_x : 이온전리함에 대한 조사선량 교정정수(Co-60)

$C_{\text{TP}} =$ 온도 및 기압 보정계수

M: 미소전류계에서 측정된 전하량(nC)

(2) 우물형 전리함; 공기 중 기준거리 1 m에서 방사성 선원의 겉보기 활성화도(A_{eff})

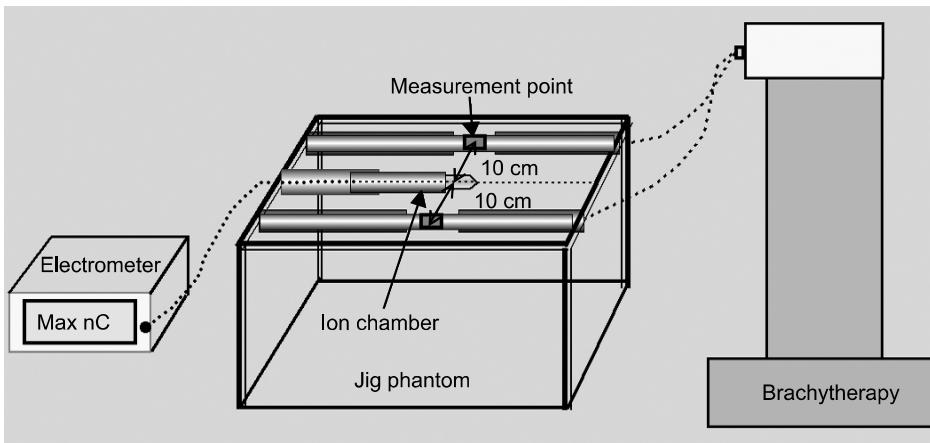


Fig. 2. The Jig phantom designed to minimize radiation scatter. The source to center of cylindrical chamber distance is 10 cm.

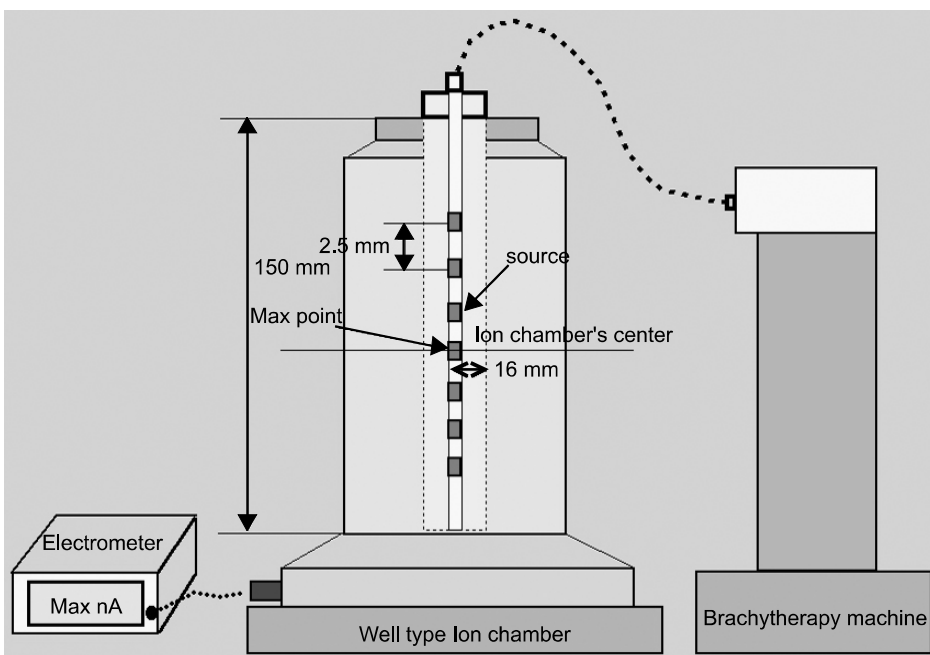


Fig. 3. The schematic diagram of well type chamber designed for measurement of the apparent activity or air kerma strength, where source can move 2.5 mm step by step. The source to chamber surface distance is 1.6 cm.

허현도 외 9인 : 측정용 전리함에 따른 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 겉보기 활성도의 정확도 비교 분석

$$A_{eff} = M \times N_X \times P_{ion} \times C_{TP} = \text{---} Ci \quad (4)$$

여기서

$$C_{TP} = (273.2 + T/295.2) \times 1013/P$$

P_{ion} : 전리함의 수집효율 보정계수, $P_{ion} = 0.996 (< 400 V)$

M: 미소 전류계에서 측정된 전류값(nA)

N_X : 전리함의 선원의 겉보기 활성도 교정정수(Ci/A)

C_{TP} = 온도 및 기압 보정계수

3) 방사성 선원의 겉보기 활성도 측정: 방사성 선원의 측정은 고 선량을 근접방사선치료기의 제조사 별로 방사성 선원과 측정 도구들과의 연결 구조가 상이하여 동일한 측정도구를 이용하여 제조사가 다른 방사성 선원을 상호 호환하여 측정 할 수 없다. 그러므로 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 설치되어 이용되고 있는 Nucletron (microSelectron, Holland)사 제품을 대상으로 권역별로 5개 의료기관을 선정하여 공기 중 기준거리에서 겉보기 활성도를 측정하였다. 측정된 값은 제조사에서 제공된 값과 상호 비교하여 선

Table 1. Calibration tools of the high dose rate radiation source in Korea.

Calibration tools	Hospitals
Jig phantom	6
Well type chamber	24
N/A	4

Table 2. Factors of calibration and calibration' data for S.I well type chamber.

No	Model	Calibration data	Calibration factor	SSDL
1	S.I(HDR 1000 plus)	Missing	1.165×10^8 Ci/A	N/A
2	S.I(HDR 1000 plus)	2006/01/05	1.165×10^8 Ci/A	Manufacture
3	S.I(HDR 1000 plus)	2007/09/07	1.148×10^8 Ci/A	Manufacture
4	S.I(HDR 1000 plus)	2006/01/10	1.159×10^8 Ci/A	Manufacture
5	S.I(HDR 1000 plus)	1998/09/23	1.159×10^8 Ci/A	Manufacture
6	S.I(HDR 1000 plus))	1997/09/04	1.155×10^8 Ci/A	Manufacture
7	S.I(HDR 1000 plus)	2000/01/13	1.161×10^8 Ci/A	Manufacture
8	S.I(HDR 1000 plus)	1991/06/03	1.160×10^8 Ci/A	Manufacture
9	S.I(HDR 1000 plus)	2008/01/11	1.160×10^8 Ci/A	Manufacture
10	S.I(HDR 1000 plus)	2007/12/18	1.158×10^8 Ci/A	Manufacture
Average		1991~2008	$1.159 \pm 0.005 \times 10^8$ Ci/A	

SSDL: secondary standard dosimetry laboratory, S.I: standard imaging

Table 3. Factors of calibration and calibration' data for PTW well type chamber.

No	Model	Calibration data	Calibration factor	SSDL
1	PTW(D-79115)	1996/07/11	2.24×10^8 Ci/A	Manufacture
2	PTW(D-79115)	2000/03/22	2.25×10^8 Ci/A	Manufacture
3	PTW(D-79115)	2000/09/18	2.27×10^8 Ci/A	Manufacture
4	PTW(D-79115)	2000/09/18	2.25×10^8 Ci/A	Manufacture
5	PTW(D-79115)	2003/02/08	2.27×10^8 Ci/A	Manufacture
6	PTW(D-79115)	2002/03/10	2.31×10^8 Ci/A	Manufacture
7	PTW(D-79115)	2001/12/09	2.31×10^8 Ci/A	Manufacture
8	PTW(D-79115)	2003/11/19	2.26×10^8 Ci/A	Manufacture
9	PTW(D-79115)	2006/09/01	2.30×10^8 Ci/A	Manufacture
10	PTW(D-79115)	2006/11/02	2.25×10^8 Ci/A	Manufacture
11	PTW(D-79115)	2005/12/15	2.40×10^8 Ci/A	Manufacture
12	PTW(D-79115)	2007/09/06	2.371×10^8 Ci/A	Manufacture
13	PTW(D-79115)	2001/02/08	2.25×10^8 Ci/A	Manufacture
14	PTW(D-79115)	1998/02/08	2.26×10^8 Ci/A	Manufacture
Average		1996~2008	$2.29 \pm 0.05 \times 10^8$ Ci/A	

SSDL: secondary standard dosimetry laboratory.

원의 활성화도 정확성을 평가 하였으며 동일한 선원에 대하여 측정 방법이 다른 두 팬텀을 동시에 측정하여 측정 방법에 따른 상호 오차와 측정용 전리함의 정확도를 평가하였다.

(1) Jig 팬텀을 이용한 측정 방법; Fig. 2처럼 방사성 선원으로부터 10 cm 거리에 전리함 중심이 놓이도록 설치하였다. 방사성 선원과 전리함의 거리오차 및 전리함의 기하학적 의존도를 최소화하기 위해 전하량(nC)을 전리함 중심에서 양 방향으로 측정하였다. 전하량은 185초 동안 3회씩 조사하여 측정된 값의 평균값을 구하였고 선원의 순간 이동 효과를 제거하기 위하여 5초 동안 조사한 전하량을 측정된 값과 185초 동안 조사한 측정된 값의 차이를 구하였다. 선원의 순간 이동 효과를 제거한 전하량을 수식체계 (1), (2), (3)에 적용하여 공기 중 기준거리 1 m에서 방사성 선원의 겉보기 활성화도를 구하였다.

(2) 우물형 전리함; 우물형 전리함의 최대 측정점을 구하기 위하여 미소전류계의 전류 모드에서 2.5 mm 간격으로 상대적인 최대 전류값을 구하여 전리함 중심점을 구하였고 최대 정점에서 측정 전류값(nA)을 식 4에 대입하여 방사성 선원의 공기 중 기준 거리 1 m에서 겉보기 활성화도를 구하였다(Fig. 3).

결 과

1. 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 세기측정용 전리함 실태 조사

국내 고 선량을 근접방사선치료를 시행하고 있는 37개 의료기관을 대상으로 설문 조사하는 과정에서 3개의 의료기관에서 근접치료기를 보관 폐기 상태로 파악되어 총 34개 의료기관을 대상으로 전리함 보유 현황 실태를 조사하

였다. 34개 의료기관 중 우물형 전리함을 보유한 의료기관은 24개, Jig 팬텀을 보유한 의료기관은 6곳 있었으며, 4개 의료기관에서는 선원의 세기를 검·교정 할 수 있는 측정용 도구를 보유하지 않았다. 이들 의료기관에서는 새로운 방사성 선원의 교체 시 제작사에서 제공하는 선원의 세기를 검증 없이 그대로 이용하고 있었다(Table 1).

2. 우물형 전리함 교정 성적서 실태 및 검·교정 주기 조사

국내 고 선량을 근접방사선치료를 시행하고 있는 의료기관 중 우물형 전리함을 구비하고 있는 24개 의료기관을 대상으로 전리함의 제조사와 전리함 검·교정 주기를 조사한 결과 14개 의료기관은 PTW (독일)사에서 제조된 것을 사용하고 있었으며, 나머지 10개 의료기관은 Standard Imaging (미국)사에서 제조된 제품을 사용하고 있었다. 이들 모두 국내 검·교정 표준기관에서 Ir-192 표준선원의 미보유로 인해 전리함의 주기적 검·교정 서비스를 제공 받지 못한 상태에서 구입 당시 제조사에서 제공된 값을 그대로 사용하고 있다(Table 2, 3). 1개의 의료기관은 전리함의 교정성적서를 분실한 상태에서 초기 기록에 의한 값으로만 선원을 측정하고 있는 실정이다.

3. 방사성 선원의 겉보기 활성화도의 정확도 측정 및 측정용 전리함의 정확도 평가

우물형 전리함과 Jig 팬텀의 상대오차는 각각 -2.1%~0.2%, -2.8%~-1.0%로 조사 되었다. 이러한 상대오차는 제조사에서 권고한 ±5% 오차범위 이내이며 미국의학물리학회 보고서 43에서 권고한 ±3% 에도 포함되었다. Table 4 와 같이 동일한 방사성 선원에 대하여 두 장비 간 상대오차의 차이는 1% 이내로 나타나 두 장비 모두 방사성 선원의 세기를 검정하는 도구로서 유용성이 있음을 확인하였다.

Table 4. Apparent activity accuracy of Ir-192 source which was measured by Jig phantom and well type chamber and comparison of calibration tools accuracy.

Hospital	Cal. (Ci)	Jig phantom		Well type chamber		Difference (%)
		Mea. (Ci)	Error (%)	Mea. (Ci)	Error (%)	
A	2.594	2.572	-0.9	2.571	-0.8	0.1
B	3.000	2.970	-1.0	2.990	-0.4	0.6
C	6.479	6.414	-1.0	6.350	-2.0	1.0
D	4.940	4.890	-1.0	4.930	+0.2	0.8
E	4.403	4.280	-2.8	4.310	-2.1	0.7

Cal.: calibration, Mea.: measurement.

고찰 및 결론

국내 고 선량을 근접방사선치료기를 설치하여 이용하고 있는 의료기관을 대상으로 방사성 선원의 세기 및 걸보기 활성도를 측정 및 검증 할 수 있는 전리함의 보유 현황을 조사하는 과정에서 34개 의료기관중 3개의 의료기관을 제외하고 방사선 에너지 및 비방사능 등을 고려할 때 근접방사선치료에 우수한 물리적인 특성을 가지고 있는 Ir-192 선원을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. Ir-192 선원은 반감기(73.8 day)가 짧아서 국내 의료기관에서는 대부분 1년에 2~3회 정도 새로운 선원으로 교체되는 것으로 조사되었다. 새로운 선원의 교체 시 대부분 우물형 전리함을 이용하여 방사성 선원의 걸보기 활성도를 측정하여 선원의 세기를 검증하였다.⁵⁻¹⁰ 원통형 이온 전리함을 이용하는 기관 중에서 2개 의료기관은 상업적으로 제품화되어 있는 것을 구입하여 이용하고 있으며, 4개 의료기관은 자체 제작된 팬텀을 이용하여 선원의 세기를 측정하였다.¹¹ 현재 국내에서 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 교체 시 선원의 세기를 검증하고 있는 원통형 이온 전리함의 교정정수는 국내 방사선 관련 표준기관(KFDA, KRIS)에서 Ir-192 선원에 대한 표준 선원을 보유하고 있지 않기 때문에 기준 선질 Co-60 선원에서 교정된 교정 값을 그대로 이용하고 있는 실정이다. 원통형 이온 전리함은 저 에너지(Co-60 에너지 이하)일 경우 에너지 의존도가 높으므로 이러한 값을 그대로 적용 할 경우 많은 오차를 가져 올 수 있다.¹²⁻¹⁵ 그리고 우물형 전리함의 경우 1991년도 우물형 전리함이 국내 최초 도입된 이후 총 24개의 의료기관이 전리함을 보유하고 있지만 국내 표준기관에서 검·교정을 실시하지 않고 있기 때문에 최초 도입 시 제조사로부터 제공된 전리함 교정정수를 그대로 이용하고 있는 실정이다. 선원의 측정도가 구비되지 않은 곳은 선원 교체 시 선원 제조사에서 제공된 값을 검증 없이 그대로 사용되고 있는 실정이다. 외국의 사례에서 방사성 동위원소를 이용하여 방사선 치료 시 방사성 선원의 세기 검증없이 치료에 적용 할 경우 환자의 처방선량보다 10~50% 이상의 선량이 과도하게 조사되어 심각한 의료 사고로 이어진 사례가 보고된 바 있다.^{16,17} 이러한 의료사고가 국내라고 예외가 될 수 없다.

두 측정용 장비를 이용하여 방사성 선원의 걸보기 활성도의 정확도를 평가한 결과는 제조사 권고치 $\pm 5\%$ 의 오차를 넘지 않았다. 원통형 이온 전리함을 이용하는 경우 우물형 전리함보다 제조사에서 제공된 값과 비교하였을 때 더

큰 오차를 나타내었다. 이러한 오차는 이온 전리함의 에너지 의존도 및 측정 시 전리함과 선원간의 거리 오차 등으로 인한 것으로 판단 된다.¹²⁻¹⁵ 두 전리함의 경우 고 선량을 근접방사선치료에 이용되는 선원의 걸보기 활성도를 검증하는 것에는 문제가 없다. 그러나 Table 4에서 보는 바와 같이 1개 기관을 제외한 4개 기관은 모두 계산 값보다 낮게 측정되었다. 이것은 두 장비만을 이용한 결과로 판단이 어려우므로, 물 흡수선량을 이용한 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 우물형 전리함의 경우 제조사가 다를 경우 서로 상호 간 비교 측정이 불가능하다는 문제점이 있다. 국내 기술개발을 통하여 이러한 부분도 차후 해결되어야 할 것으로 사료된다.

고 선량을 근접방사선치료에 사용되는 방사성 선원의 세기의 변화는 환자의 종양 및 인접장기에 미치는 영향이 매우 크므로 방사성 선원의 세기 오차는 환자치료의 최적화에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 새로운 선원 교체 시 선원의 검증 없이 임상에 바로 적용하는 것은 심각한 의료 사고의 원인이 될 수 있다. 그러므로 본 연구에서 분석된 자료는 방사성 선원을 검·교정 하기위한 국내 표준 절차서 개발에 기본 자료로서 충분한 가치가 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Huh HD, Kim SH, Cho SJ, et al: The analysis of dose in rectum by multi purpose brachytherapy phantom. Jpn J Clin Oncol 37:391-398 (2007)
2. Kirov AS, Williamson JF, Meigooni AS, Zhu Y: TLD diode and Monte Carlo dosimetry of an Ir-192 source for high-dose rate brachytherapy. Phys Med Biol 40:15-2036 (1995)
3. Huh HD, Park SY, Lee RJ: Comparison of calibration methods of Ir-192 sources for high dose rate brachytherapy. Korean J Medical Physics 4:192-196 (2004)
4. AAPM Report No. 41: *Remote Afterloading Technology*. American Association of Physicists in Medicine, New York (1993)
5. AAPM Report No. 21: *Specification of Brachytherapy Source Strength*. American Association of Physicists in Medicine, New York (1987)
6. AAPM Report No. 43: *Dosimetry of interstitial Brachytherapy Source*. American Association of Physicists in Medicine, New York (1995)
7. IAEA-TECDOC-1079: *Calibration of Brachytherapy Sources*. International Atomic Energy Agency, Vienna, MD (1999)
8. IAEA-TECDOC-1274: *Calibration of Photon and Beta ray Sources Used in Brachytherapy*. International Atomic Energy Agency, Vienna, MD (2002)
9. Mark LK, Adrian W, Gooch Jr, Andrej JZ: Nucletron MicroSelectron calibration and radiation survey. Int J Radiat

- Oncol Biol Phys 21:1057-1061 (1991)
10. Huh HD, Kim SH, Choi JH, et al: Anisotropy in a few mm regions from an Ir-192 high dose rate source measured with a gafchromic film in acrylic phantom. Korean J Med Physics 15(2): 94-99 (2004)
 11. Ezzell GA: Calibration & quality assurance Activity 7:15-24 (1995)
 12. IAEA report Series no 277: *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron*. International Atomic Energy Agency, Vienna, MD (1987)
 13. AAPM report No. 51: *Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High-energy Photon and Electron Beams*. American Association of Physicists in Medicine, New York (1999)
 14. IAEA report Series no 398: *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy*. International Atomic Energy Agency, Vienna (2000)
 15. Mat CM, Nahum AE: Calculations of ion chamber displacement effect corrections for medium-energy x-ray dosimetry. Phys Med Biol 40:4542 (1995)
 16. Cohen L, Schuktheiss TE, Kennaugh RC: A radiation overdose incident: Initial data. Int J Radit Oncol Biol Phys 33: 217-224 (1995)
 17. Shalek RJ, Gooden DS: *Medical Physicists and Malpractice*. Medical Physics Publishing, Madison (1996), pp. 55-59

Analysis of Accuracy of Apparent Activity According to Calibration Method for High Dose Rate Brachytherapy Source

Hyun Do Huh*, Jin Ho Choi[†], Sang Hyoun Choi*, Seong Hoon Kim[‡], Woo Chul Kim*, Hun Jeong Kim*, Rena Lee[§], Kum Bae Kim^{||}, Seong Eon Hong[¶], Dong Oh Shin[¶]

*Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Inha University, [†]Department of Radiation Oncology, Gachon University of Science and Medicine, [‡]Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Hanyang University, [§]Department of Radiation Oncology, School of Medicine, Ewha Womans University, ^{||}Department of Radiation Oncology, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences, [¶]Department of Radiation Oncology, School of Medicine, KyungHee University

The aim of this study is to introduce the accuracy of Ir-192 source's apparent activity using the well-type chamber and the Farmer-type ionization chamber in the high dose rate brachytherapy. We measured the apparent activity of Ir-192 that each medical center in the country has and the apparent activity of calibration certificate provided by manufacturer is compared with that by our experimental measurement. The number of sources used for the activity comparison was 5. The accuracy of the measured activity was in the range of -2.8% to -1.0% and -2.1% to 0.2% for the Farmer-type chamber system (Jig) and for the well-type, respectively. The maximum difference was within 1.0% for comparison with two calibration's tool. Our results demonstrate that well-type chamber as well as Farmer-type chamber is a appropriate system as the routine source calibration procedures in HDR brachytherapy. Whenever a new source is installed to use in clinics, by periods, a source calibration should be carried out.

Key Words: HDR Radiactive source strength, Jig phantom, Well-type ion chamber

허현도 외 9인 : 측정용 전리함에 따른 고 선량을 근접치료용 방사성 선원의 겉보기 활성도의 정확도 비교 분석

부록

고 선량을 근접방사선치료의 선원 정도관리 시스템 현황조사

I. 설문작성자

- 1-1. 소속기관명: _____
- 1-2. 성 명: _____
- 1-3. 직 위: _____
- 1-4. 작 성 일: _____
- 1-5. 연락처 및 E-mail: _____

II. 근접치료장치

1-1. Remote After-loading System

제조사	모델	설치연도	치료계획장치(모델)
1)			
2)			

1-2. 방사성동위원소

선원종류	최근 2년간 교체일(도입년월일)	교체당시의 선원의 세기

III. 근접치료에 대한 선량측정 장비

종류	제조사	모델	최근 교정 일자
1)			
2)			
3)			
4)			

※ 종류: "Farmer-type", " Parallel Plate", "Well-type" 등으로 구분