

<원저>

분화성 갑상선암환자의 방사성 요오드 치료시 전리함과 Geiger-Muller계수관에서 방사선량을 측정값 비교

- Comparison of the Measured Radiation Dose-rate by the Ionization Chamber and GM(Geiger-Müller) Counter After Radioactive Iodine Therapy in Differentiated Thyroid Cancer Patients -

¹⁾경북대학교병원 · ²⁾대구보건대학교

박광훈¹⁾ · 김구환²⁾

— 국문초록 —

방사성 요오드(¹³¹I) 치료는 분화성 갑상선암 환자에서 재발을 감소시키고 생존율을 증가시키나, 환자에서 방출되는 방사능으로 인하여 피폭을 야기시킬 수 있으므로 환자로부터 발생되는 방사선량을 측정하는 것이 방사선안전관리 측면에서 중요하다. 방사성 요오드(¹³¹I) 치료시 널리 사용되는 측정기 중 전리함과 GM계수관으로 측정된 방사선량의 감도와 측정효율을 구하였다. 방사성 요오드(¹³¹I)를 150mCi 경구투여 받은 분화성 갑상선암 환자의 상복부로부터 1 m거리에서 경과 시간에 따라 방사선량을 측정하였다. 시간에 따른 변화를 직접적으로 비교한 결과, 고선량에서의 감도와 측정효율은 GM계수관보다 전리함이 높게 나타났고, 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 저선량에서의 감도와 측정효율은 GM계수관보다 전리함이 낮게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 방사성 요오드(¹³¹I) 치료시에 검·교정이 완료된 전리함과 GM계수관으로 정확하고 신속한 방사선량을 측정하여 환자에게 설명함으로써 방사성 요오드 치료 후 퇴원하는 환자에게 환자 가족 또는 주변 사람들에게 미칠 수 있는 방사선피폭을 예측하고, 불필요한 예단을 줄여줄 수 있을 것이다.

중심 단어: 방사성 요오드 치료, 방사선량률, 전리함, GM계수관

1. 서 론

최근 방사선을 이용하는 분야가 급격하게 증가하고 있으며, 진단 및 치료 방사선 등 일상생활에서 방사선을 접할 수 있는 기회가 많아지고 있다¹⁾. 또한 후쿠시마 원전 사고 이후에 일반인의 방사선에 대한 관심과 우려가 지속적으로 증가하고 있다. 의료용 방사성 핵종 중에서, 분화성 갑상선암 환자에서는 고용량의 방사성 요오드(¹³¹I)가 치료 목적으로 투여되고 있다²⁾. 방사성 요오드(¹³¹I)는 물리적 반감기가 8.05

일로 비교적으로 길어 상당기간 환자 체내에 방사능이 잔류할 수 있으므로 특별한 관심의 대상이 되고 있지만³⁾, 생물학적 동력학 거동은 알려진 것이 별로 없어서 많은 불확실성을 가지고 있다. 방사성 요오드(¹³¹I) 치료를 받은 갑상선암 환자로부터 다른 사람이 받는 선량은 주로 외부피폭의 결과이다⁴⁾. 그러므로 방사성 요오드를 투여 받은 갑상선암 환자로부터 방출되는 방사선량이 주위에 영향을 미치는 주된 방사선일 것으로 예상된다⁵⁾. 방사능의 존재여부를 확인하기 위해서는 방사선과 상호작용을 하는 물질을 이용하여

Corresponding author: Kgu-hwan Kim, Department of Radiological Technology, Daegu Health College, 15, Youngsong-ro, Buk-Gu, Daegu, 702-722, Korea / Tel: +82-53-320-1320 / E-mail: kimgh@dhc.ac.kr

Received 07 November 2016; Revised 19 December 2016; Accepted 22 December 2016

만들어진 방사선측정 장비를 이용하여야만 방사선량률과 방사성물질에 의한 오염상황을 평가할 수 있으며⁶⁾, 방사선 이용의 안전 및 방호는 방사선측정을 기반으로 하여야 달성할 수 있다⁷⁾. 방사선량을 정확히 측정하기 위해서는 방사선 측정 장비의 역할이 매우 중요하며, 방사선측정에 대한 정확성 및 신속성이 요구되고 있다⁸⁾. 방사성 요오드 치료시 측정하는 방사선측정 장비는 전리함과 GM계수관을 주로 사용하고 있다. 전리함은 감도가 좋고 방사선 선질 특성도 좋으나 자체 신호증폭이 없기 때문에 출력 신호가 작아서 잡음을 최소화하여야 하는 단점과 가격이 비싼 단점이 있다. GM계수관은 구조와 동작이 단순하기 때문에 보편적인 측정 장비로 많이 사용되며 플래토우 구간이 길어 안정적 계수가 가능하고 측정효율이 90%이상이나 방사선의 종류 판별은 불가능하며 오직 방사선 존재 유무만 판별할 수 있다⁹⁾. 방사성 요오드 치료를 시행 받은 환자에서 비롯되는 방사선 방호문제는 방사선량 측정을 통해서만 가능하며 방사선측정기술은 의료뿐만 아니라 교육, 산업 및 연구 분야에 널리 활용되고 있지만, 현재까지 방사선측정 장비에 대한 연구가 미미하다. 이에 본 연구는 방사성 요오드(¹³¹I)를 투여 받은 갑상선암 환자가 퇴원할 때 방사선량률 측정에 사용되는 전리함과 GM계수관의 특성을 비교하여 그 차이에 대해 분석하고자 한다.

동의를 한 환자 59명을 표본으로 선정하였고, Table 1과 같이 측정데이터를 기록하였다.

2. 연구도구

연구도구로는 공간선량률 측정 장비, 전자식 신장체중계를 사용하였다. 측정 장비는 국제시험기관인정협력체 상호인정협정에 서명한 한국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)로부터 공인 받은 분야의 교정이 완료된 전리함(모델: Survey Meter OD-01Hx, STEP Co., Germany)과 GM계수관(모델: FH40 F4, Thermo Eberline ESM, Germany)을 사용하였다(Fig. 1). 전리함은 엑스선 및 감마선 선량(률)측정용이고 측정범위는 0 uSv·hr⁻¹ ~ 2000 mSv·hr⁻¹이며 에너지범위는 6 keV에서 3 MeV까지이며 크기는 112 (Ø)×260(L) mm이고, 교정인자는 1,224이다. GM계수관은 방사선량률을 측정하는 전용장비이며, 측정범위는 1 uR·hr⁻¹ ~ 999 mR·hr⁻¹이고 에너지범위는 45 keV에서 1.3 MeV까지이고 크기는 160×85×40 mm이고, 교정인자는 1,163이다.



Fig. 1 Radiation measuring equipment
(A) Ion chamber
(B) GM counter

II. 연구대상 및 연구방법

1. 연구대상

연구대상은 경북권 K대학병원에 내원하여 고용량 방사성 요오드(¹³¹I) 치료를 시행한 분화성 갑상선암 환자 중 측정에

Table 1 Radiation Dose Rate Measurement Protocol of ¹³¹I-Treated Patients

Detector							Measurement unit	mSv/hr	Measurer
Room No.		Patient name		Activity (mCi)		injection time			
Elapsed time	1h	2h	4h	17h	23h	26h	discharge from hospital	division	
Measurement time								-	
Abdomen (1m)								Ionization chamber	
								GM detector	

3. 연구방법

연구방법은 각 치료병실바닥에 환자의 발자국을 표시하고 거기서부터 1 m 거리에 측정자의 위치를 표시하고(Fig. 2A), 환자의 상복부, 즉 배꼽과 측정기 높이를 같게 맞추고 환자의 몸과 직각(90°)을 이루도록 위치를 잡아 측정하였다. 방사선량률은 환자가 똑바로 선 상태에서 배꼽을 기준으로 상복부에서부터 1 m 거리에서 측정한 값 중에 각각 최고치와 최저치를 평균한 값으로 하였다. 물론 평면도의 위치를 잡은 상태에서 측면도 위치가 되어야 한다(Fig. 2B). 측정값에 실험하는 당시 측정 장비의 교정성적서에서 확인한 교정인자를 곱하여 나온 값 측정단위 $m\cdot R\cdot hr^{-1}$ 을 $m\cdot Sv\cdot hr^{-1}$ 로 환산하여 기록하였다.

4. 자료분석방법

대상자별로 거리(상복부 표면 1 m), 시간(투여 후 1시간, 2시간, 4시간, 17시간, 23시간, 26시간, 퇴원 시)에 따라 구분하여 전리함과 GM계수관으로 측정하여 측정 장비의 감도와 측정효율에 대한 결과를 분석하였다. 분석방법은 환자의 개인적 특성에 대해서 빈도와 백분율을 사용하였고, 방사선량률과 측정시간에 대한 전리함과 GM계수관 차이에 대해서는 paired t-test를 사용하였다.

III. 결 과

1. 대상자의 특성

연구대상 경북권 K대학병원에 내원하여 고용량 방사성 요오드(^{131}I) 치료를 시행한 분화성 갑상선암 환자 중 측정에 동의한 환자 59명의 특성을 보면 성별은 여자가 79.66%, 나이는 60대 미만이 86.44%, 체중은 70 kg 미만이 84.75%, 키는 170 cm 미만이 84.75%, 투여량은 150 mCi가 74.58%로 백분율이 보였다(Table 2). 각각의 특성을 고려하고 방사성 요오드(^{131}I) 투여량을 150 mCi로 경구 투여 치료한 환자 44명을 대상으로 전리함과 GM계수관의 감도와 측정효율에 대한 방사선량률 비교분석하였다.

2. 전리함과 GM계수관의 감도와 측정효율

방사성요오드(^{131}I) 150 mCi 치료를 받은 갑상선암 환자 44명의 상복부로부터 1 m 거리에서 나오는 방사선량률을 측정하였을 때 전리함과 GM계수관을 동일한 조건에서 측정하여 방사성요오드(^{131}I)의 유효반감기 11.4시간을 기준으로

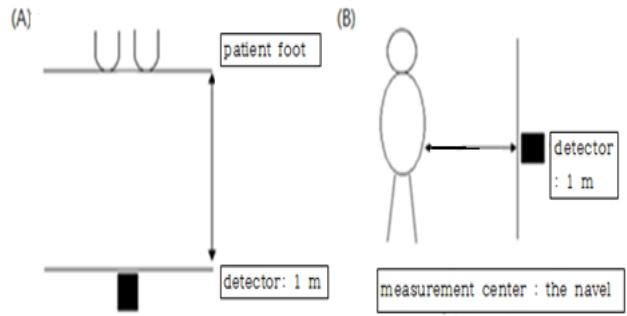


Fig. 2 Measuring a view
(A) measuring a plan view
(B) measuring a side view

Table 2 The ^{131}I -Treated patient's characteristics (N=59)

Characteristic	Sortation	Number	Percentage	Average \pm standard deviation
Gender	male	12	20.34%	
	female	47	79.66%	
age	$x < 40$	11	18.64%	49 \pm 1.41
	$40 \leq x < 50$	19	32.20%	
	$50 \leq x < 60$	21	35.60%	
	$60 \leq x$	8	13.56%	
Weight	$x < 60$ kg	26	44.07%	61.3 \pm 1.33
	60 kg $\leq x < 70$ kg	24	40.68%	
	70 kg $\leq x$	9	15.25%	
height	$x < 160$ cm	22	37.29%	161.1 \pm 0.86
	160 cm $\leq x < 170$ cm	28	47.46%	
	170 cm $\leq x$	9	15.25%	
Dose	100 mCi	4	6.78%	153.9 \pm 2.81
	150 mCi	44	74.58%	
	180 mCi	6	10.17%	
	200 mCi	5	8.47%	

측정시간에 따른 변화를 직접적으로 비교하였다(Fig. 3). 방사성 요오드(^{131}I) 투여 후 11.4시간 되기 전 전리함에서 측정한 방사선량률은 Table 2에서 보듯이 투여 후 1시간부터 4시간까지 즉, 고선량률에서의 감도와 측정효율은 GM계수관보다 전리함이 다소 높게 나타났고, 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 투여 후 17시간부터 퇴원 시까지 즉, 저선량률에서의 감도와 측정효율은 GM계수관보다 전리함이 다소 낮게 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$), (Table 3).

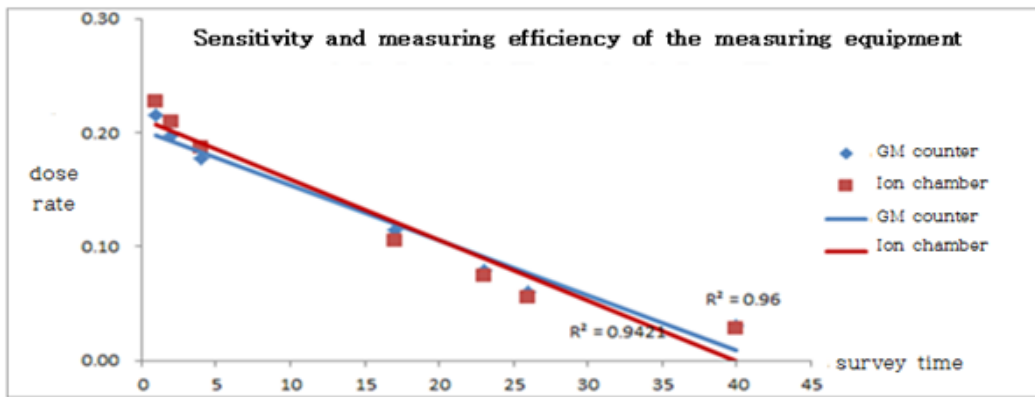


Fig. 3 Comparison of the sensitivity and measuring efficiency of the ionization chamber and GM counter (measured at 1 m distance from the upper abdomen)

Table 3 External radiation dose Rate in accord with changes in time after injecting radioactive pharmaceutical and distance from patient

Classification (distance, time)	Ionization chamber Average \pm standard deviation (mSv/h)	GM counter Average \pm standard deviation (mSv/h)	<i>p</i> -value
1 m, after 1 hour	0.23 \pm 0.04	0.22 \pm 0.04	0.038
1 m, after 2 hours	0.21 \pm 0.04	0.20 \pm 0.03	0.023
1 m, after 4 hours	0.19 \pm 0.03	0.18 \pm 0.03	0.047
1 m, after 17 hours	0.11 \pm 0.02	0.11 \pm 0.03	0.110
1 m, after 23 hours	0.07 \pm 0.02	0.08 \pm 0.03	0.437
1 m, after 26 hours	0.06 \pm 0.02	0.06 \pm 0.02	0.282
1 m, discharge from hospital	0.03 \pm 0.02	0.03 \pm 0.02	0.353

IV. 결론 및 고찰

전리함과 GM계수관의 감도와 측정효율을 분석한 결과, 고선량률에서는 전리함이 GM계수관보다 감도와 측정효율이 높게 나타났고, 저선량률에서는 전리함이 GM계수관보다 감도와 측정효율이 낮게 나타났음을 알 수 있었다. 고선량률에서 전리함이 높은 감도와 측정효율의 경향성을 보였으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 하지만 저선량률에서는 GM계수관의 감도와 측정효율이 높은 것으로 보이는 경향성이 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 통계적 유의성을 갖지 않는 이유는 환자의 체내에 섭취된 방사성 요오드의 생리학적 거동의 차이 또는 배설계수의 차이로 유추할 수 있다. 이는 시간이 경과하더라도 몸속에 남아 있는 것이 환자에 따라 차이가 있어 동일한 조건에서 방사선량률을 비교할 수 없었던 것으로 사료된다. 따라서 향후 방사선량률이 높은 환자에 대하여는 퇴원 후 Whole

Body Scan과 같은 검사로 확인하여 환자에 대한 관리가 이루어져야 할 필요가 있다. 방사성 요오드 치료시 방사선량률을 측정하기 위해 사용되는 측정 장비로써 전리함과 GM계수관 어느 것을 사용하여도 방사선측정 장비 특성과 효율적인 면에서 볼 때 유사한 결과를 보였으며, 전리함은 고선량률에 대한 감도가 좋으나 저선량률에서는 감도가 GM계수관 보다 낮았다. 전리함의 크기는 원리를 고려하여 감마선으로 생긴 2차 전자의 비정과 동일하여야 한다. 2차 전자의 비정은 공기 중에서 수 미터나 되기 때문에 전리함은 커지고 전리함 내의 선량률은 불균일하게 된다. 전리함으로 측정할 때 저선량률(베타선)은 전리함의 입사창에 의하여 차단되기 때문에 측정의 안정성 및 정확성 등에 문제가 있어 보조선량계로 이용되고 있다¹⁰⁾. 측정효율 또한 GM계수관이 좋은 특성으로 인해 두 방사선측정 장비로 방사선을 검출하는 데에 있어서 경미한 차이만을 보이고 있다. 전리함의 저선량률에서 GM계수관보다 감도가 작은 것을 보완하기 위하

여 전리함의 프로브의 크기를 적절하게 증가하여 측정하면 저선량률에 대한 감도를 보완할 수 있을 것이다. 방사성 요오드(¹³¹I) 치료 시 투여방사능량에 따라 검·교정이 완료된 전리함과 GM계수관으로 정확하고 신속한 방사선량을 측정하여 환자한테 설명해 줌으로써 방사성 요오드(¹³¹I) 치료를 받는 갑상선암 환자가 퇴원 시 환자가족 또는 주변 다른 사람에게 미칠 방사선피폭의 걱정을 줄여줄 수 있을 것이다.

방사선측정 장비에 대한 연구가 많지 않아 선행연구 자료 비교에 어려움이 있었고, 방사선측정 장비에 대한 연구가 미비한 점을 미루어 볼 때 본 연구를 통해 사용되고 있는 전리함과 GM계수관의 특성에 대해 알아보았으며, 차후 표준 선원을 이용한 실험과 비교하는 연구를 계속하여 보다 정확하고 신속한 방사선측정 장비를 확인하고 나아가 방사선장 해방어에 도움이 되는 것을 확인하는 것이 향후 과제이다.

REFERENCES

1. Cho YH, Kim HS, Park SH, Lee JH, Ha JH, Kim YG. Manufacture of ion chamber measuring instrument for low dose, *Journal of Radiation Protection(JRP)*, 34(4), 190-191, 2009.
2. Ministry of Science and Technology. Study for an improvement plan of Internal Exposure regulation system of the workers in Nuclear Medicine. MSIP, 4-8, 2004.
3. Lee GW. Radiation dose rate of out-dinic and admitted patients receiving radioiodine(I-131)therapy. Han-sung University Graduate Diploma thesis, 2007.
4. International Commission on Radiological Protection. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides, ICRP, Publication 94, 2004.
5. Kim CB, Lee JS, An BC, Kim GS, An HY, Son MS. A Study on Acceptance Criteria on Patient to Patient Dose in I-131 Therapy Ward. Conference Proceedings. Radiation Protection Society. 190-191, 2010.
6. Ministry of Education and Science Technology (MEST). Preparation of a guidebook for radiation Safety in educational institutes, MEST, 137-150, 2008.
7. Choi GU, Won SH, Kim JH, Ha SH, Lee CY, Kim HM, Lee MG. Development of a Techniques of the Performance Test for a Radiation Protection Devices and it's International Standards, *Journal of Radiation Protection(JRP)*, 33(1), 1-12, 2008.
8. Jo DH. Development of fiber-optic dosimeter for measuring skin dose, percentage depth dose and absorbed dose with high energy photon beams. Kon-kuk University Graduate Diploma thesis, 2009.
9. Go SJ, Kim SG, No KS, Park MH, An BS. Radiation measurement, 77-119, 2nd ed. In: Lee ST, eds. PA : Cheong-gu Co, 2005.
10. International Atomic Energy Agency(IAEA). Calibration of radiation protection monitoring instrument. IAEA safety Report Series No.16. 2000.

•Abstract

Comparison of the Measured Radiation Dose rate by the Ionization Chamber and GM(Geiger-Müller) Counter After Radioactive Iodine Therapy in Differentiated Thyroid Cancer Patients

Kwang-hun Park¹⁾·Kgu-hwan Kim²⁾

¹⁾*Department of Nuclear Medicine, Kyungbuk National University Hospital*

²⁾*Department of Radiological Technology, Daegu Health College*

Radioactive iodine(¹³¹I) treatment reduces recurrence and increases survival in patients with differentiated thyroid cancer. However, it is important in terms of radiation safety management to measure the radiation dose rate generated from the patient because the radiation emitted from the patient may cause the exposure. Research methods, it measured radiation dose-rate according to the elapsed time from 1 m from the upper abdomen of the patient by intake of radioactive iodine. Directly comparing the changes over time, high dose rate sensitivity and efficiency is statistically significant, and higher chamber than GM counter($p < 0.05$). Low dose rate sensitivity and efficiency in the chamber had lower levels than gm counter, but not statistically significant($p > 0.05$). In this study confirmed the characteristics of calibrated ionization chamber and GM counter according to the radiation intensity during high-dose radioactive iodine therapy by measuring the accurate and rapid radiation dose rate to the patient explains, discharged patients will be reduced to worry about radiation hazard of family and others person.

Key Words : Radioactive iodine therapy, Radiation dose rate, Ionization chamber, GM counter