

# The Study of Radiation Exposed dose According to <sup>131</sup>I Radiation Isotope Therapy

Boseok Chang,<sup>1</sup> Seung-Man Yu<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological Science, Collage of Health Sciences, Gimcheon University

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Collage of Medical Sciences, Jeonju University

Received: July 24, 2019. Revised: August 26, 2019. Accepted: August 31, 2019

## ABSTRACT

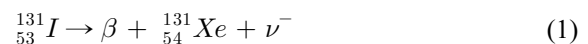
The purpose of this study is to measure the (air dose rate of radiation dose) the discharged patient who was administrated high dose <sup>131</sup>I treatment, and to predict exposure radiation dose in public person. The dosimetric evaluation was performed according to the distance and angle using three copper rings in 30 patients who were treated with over 200mCi high dose Iodine therapy. The two observer were measured using a GM surverymeter with 8 point azimuth angle and three difference distance 50, 100, 150cm for precise radion dose measurement. We set up three predictive simulations to calculate the exposure dose based on this data. The most highest radiation dose rate was showed measuring angle 0°at the height of 1m. The each distance average dose rate was used the azimuth angle average value of radiation dose rate. The maximum values of the external radiation dose rate depending on the distance were 214 ± 16.5, 59 ± 9.1 and 38 ± 5.8 μSv/h at 50, 100, 150cm, respectively. If high dose Iodine treatment patient moves 5 hours using public transportation, an unspecified person in a side seat at 50cm is exposed 1.14 mSv radiation dose. A person who cares for 4days at a distance of 1 meter from a patient wearing a urine bag receives a maximum radiation dose of 6.5mSv. The maximum dose of radiation that a guardian can receive is 1.08mSv at a distance of 1.5m for 7days. The annual radiation dose limit is exceeded in a short time when applied the our developed radiation dose predictive modeling on the general public person who was around the patients with Iodine therapy. This study can be helpful in suggesting a reasonable guideline of the general public person protection system after discharge of high dose Iodine administered patients.

Keywords: radioiodine, thyroid Therapy, exposed dose

## I. INTRODUCTION

최근 10년 동안 가장 높은 증가율을 보이고 있는 암이 바로 갑상선암이다. 국가 암정보 센터 최근 5년간 통계 자료에 의하면 갑상선암의 93%가 악성 종양 (carcinoma)이며, 갑상선암 중에는 유두상암 95.8%로 가장 많았으며, 상세 불명 신생물 2.6%, 여포성암 1.6% 순으로 집계되었다.<sup>[1,2]</sup> 갑상선암 치료는 외과적 절제 수술 후 잔류하고 있는 미세 한 갑상선 조직을 방사선 피폭으로 제거하기 위해 고용량 방사성동위원소 <sup>131</sup>I (100~250 mCi)을 경구 투

여하여 치료한다. <sup>131</sup>I은 베타붕괴를 통해 베타선과 감마선을 방출하며, 비정기 수 mm의 짧은 베타선을 이용하며 붕괴식은 Eq. (1)과 같다.<sup>[3,4]</sup>



방사성동위원소 주입으로 환자는 감마선을 방출하는 움직이는 방사선원이 된다, <sup>131</sup>I은 기화성을 가지기 때문에 환자가 호흡할 때 내뿜는 공기에도 <sup>131</sup>I 방사성 동위원소가 가스 상태로 배출된다.<sup>[5,6]</sup>

\* Corresponding Author: Seung-Man Yu

E-mail: ysm9993@gmail.com

Tel: +82-062-220-2953

Address: Depart of college of medical science 303, Chen Jam Ro, JenJu City, Jeon-buk, Korea, 55069

뿐만 아니라 환자의 침이나, 땀, 소변 등에서도  $^{131}\text{I}$  방사성동위원소가 다량 검출된다.  $^{131}\text{I}$ 은 반감기가 8일이므로 퇴원 후에도 투과력이 강한 감마선이 방출되므로 보호자뿐만 아니라 불특정 다수 일반인이 환자의 이동 경로에 따라 방사선 피폭에 노출될 수 있다.

따라서  $^{131}\text{I}$  치료 환자의 퇴원 후, 환자의 이동에 관련된 방사선 방호체계에 대한 기준이 요구된다. 고용량  $^{131}\text{I}$  치료를 받은 환자가 퇴원 후 차량으로 이동할 때 동승자의 피폭 경감을 위한 실용적인 계산법에 대한 보고가 있었다.<sup>[7]</sup> 더욱이 치료 과정 중에 있을 수 있는 의료진의 피폭과 불특정 다수 일반인이 받을 수 있는 피폭을 줄이기 위해 공간 선량률 감쇠에 대한 보고가 있었다.<sup>[8]</sup> 이와 관련하여 국내에서는 해마다 증가하는 갑상선암 환자로 인해 의료 피폭 및 종사자 피폭 또한 증가하고 있으며,  $^{131}\text{I}$  치료 환자 퇴원 후 이동에 의해 발생하는 불특정 다수가 받을 수 있는 피폭 선량을 최소화하기 위한 구체적인 규정 및 방사선 방호체계가 확립되지 않아, 적지 않은 일반인들이 본인도 인식하지 못하는 사이에 방사선 피폭에 노출된다.<sup>[9,10]</sup> 따라서 본 연구는 고용량  $^{131}\text{I}$  치료 환자 퇴원 후 야기되는 불특정 다수의 피폭 경감을 위한 방안을 제시하고자 한다. 정확한 외부 선량률 측정을 위해 알루미늄 프레임과 거리 측정용 구리링 3개를 제작하여 거리와 방위각에 따른 외부 선량률을 측정하여, 발생 가능한 예측 모델을 제시하고자 한다. 또한 이를 바탕으로 고용량  $^{131}\text{I}$  퇴원 환자의 안전 관리상 문제를 야기해온 현행 원자력 관련 법령 개정의 필요성을 제시하고, 구체적인 가이드라인을 제시하는데 도움을 주고자 한다.

## II. MATERIALS AND METHODS

### 1. 연구 대상

본 연구는 2016년 01월부터 2017년 12월 사이에  $^{131}\text{I}$  치료 병실을 운영하는 P 병원 핵의학과에서 고용량  $^{131}\text{I}$  치료를 받은 환자 중 7.4 GBq(200 mCi) 이상을 투여한 환자 30명을 대상으로 실험하였다. 평균 몸무게는  $65 \pm 4.8$  kg, 평균 나이  $48.5 \pm 5.2$

age, 평균 신장  $158 \pm 8.4$  cm, 평균 투여량은  $214 \pm 10.5$  mCi이다. 방사화된 환자로부터 방출되는 공간 선량률을 측정하기 위해 보통의 체형을 가진 환자를 기준으로 설정하였으며, 보수적인 관점에서 2박 3일 고용량  $^{131}\text{I}$  동위원소 치료받는 동안 구토나, 설사병이 심한 환자는 실험대상에서 제외했다.

### 2. 측정 장치 및 방법

정확한 위치의 측정을 위해 알루미늄 프레임 틀을 제작해서 100 cm 높이에서 구리링을 고정할 수 있는 틀을 제작하였다. 높이와 반경에 따른 공간 선량률 측정이 가능한 구조는 Fig. 1과 같다.

반경 50, 100, 150 cm 구리링 3개를 제작하여, 환자 정면 중앙을 중심으로 반경 50, 100, 150 cm 거리에서 시계방향으로 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315도 3곳의 거리 반경에 따른 방위각 8 point를 설정하여 환자 1명당 총 24 point를 측정하였다.

거리 및 방위각에 따른 외부 선량률을 측정에 사용된 GM 계수기는(SE International, Inc. Inspector, USA) 제품으로 사용 전 검교정을 시행하였고, 검교정 결과 확정 불확도 결과값이 8.2% 이하인 안정화된 GM 계수기 두 대를 사용하였다.



Fig. 1. Picture of geometric spatial AL frame

측정 기구인 구리링은 180도 마주 보는 방향으로 GM 계수기 2대를 부착을 시키고 정확한 측정을 위해 2명의 관측자가 구리링을 잡고 시계방향으로 45도씩 돌리면서 방위각에 따른 8 point를 측정하였다. Fig. 2는  $^{131}\text{I}$  주입 48시간 후 퇴원 선량을 정확

히 측정하기 위해 제작된 기구이다. 선행 연구에서 <sup>131</sup>I 치료 환자에서 나오는 공간 선량률에 대한 최적의 측정 높이는 바닥에서 100 cm 지점을 확인하였다.<sup>[8]</sup> 설정된 높이는 국제 방사선 방호학회 ICRP 94에서 <sup>131</sup>I 치료 후 퇴원 전 외부 선량률 측정을 위해 권고하고 있는 높이로 설정하였다.<sup>[11]</sup>

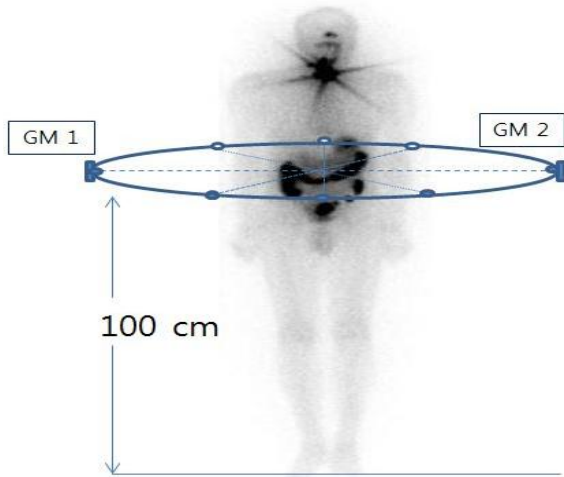


Fig. 2. This image was obtained 48 hours after the administration of <sup>131</sup>I, and The Gamma camera Scan have examined before leaved the hospital.

Fig. 2와 같이 100 cm 높이에서 반경 50 cm에서 방위각에 따른 측정이 끝나면, 같은 방법으로 반경 100 cm, 반경 150 cm 거리에서 퇴원 전 방사선원이 환자로 부터 방출되는 외부 선량률을 측정하였다. 경구 투여된 <sup>131</sup>I 핵종이 인체 내 흡수된 후 갑상선에 집적이 되기도 하지만, 대부분 위, 장관과 방광을 통해 배출된다. 일반 성인의 100 cm 높이는 방광과 대장 등 소화기관이 집중된 부위이며, 경구 투여한 <sup>131</sup>I의 인체 내 배출 과정에서 주요 집적되는 부위이다.

### 3. 퇴원환자 반경에 따른 외부 선량률

방위각에 따른 외부 선량률 측정은 GM 계수기 2대를 90도 방향으로 2대 설치하여 환자의 퇴원으로 인한 일정 거리에서의 100 cm 높이를 기준으로 시행하였다. 환자의 정중면 (MSP: Midsagittal plane)을 기준으로 근접 거리인 50, 100, 150 cm 지점에서의 외부로 방출되는 외부 선량률을 100 cm 높이에서 시계방향으로 구리링을 45도씩 돌리면서 8

point를 측정하였다. 실험 대상 200 mCi 이상을 투여한 30명의 환자를 대상으로 거리에 따른 측정점 3 point과 방위각에 따른 8 point, 개인당 24 point 씩 총 30명 720 point 지점에서 거리와 방위각에 따라 방사선원이 된 환자로 부터 나오는 외부 선량률을 측정하였다. Fig. 3은 고용량 <sup>131</sup>I 경구투여 48시간 후 100 cm 높이에서 환자의 정중면을 기준으로 50, 100, 150 cm 거리에서 8개의 방위각에 따른 30명 환자의 720 point 지점에서 측정한 외부 선량률의 모식도이다.

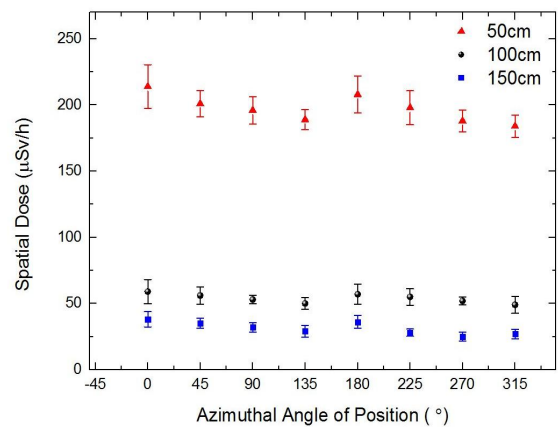


Fig. 3. Measurement of spatial dose rate at a distance of 50, 100, 150 cm after 48 hours administration of <sup>131</sup>I

## III. RESULT

### 1. <sup>131</sup>I 치료 환자 퇴원으로 인한 공간 선량률

최근 10년 대비 갑상선암 환자가 약 500% 증가하였고 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.<sup>[2]</sup> 고용량 <sup>131</sup>I 치료를 받은 갑상선암 환자의 퇴원으로 인해 불특정 다수가 본인도 모르는 사이에 피폭에 노출된다. 본 연구는 200 mCi 이상 고용량 <sup>131</sup>I 치료를 받은 환자로 부터 반경 50, 100, 150 cm에 따른 외부 선량률을 측정하여 간병인 및 보호자, 불특정 일반인이 받을 수 있는 피폭선량을 예측하였다. 고용량 <sup>131</sup>I 치료를 받은 20명의 환자에 대해 <sup>131</sup>I 투여 48시간 뒤 퇴원 선량 측정을 위해 100 cm 높이에서 환자로 부터 떨어진 각각의 거리 50, 100, 150 cm에서, 방위각 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315도에 따른

외부 선량률 측정값에 대한 평균과 편차는 Table 1. 과 같다. 방사선원이 된 퇴원 환자로부터 나오는 외부 선량률은 반경 50, 100, 150 cm에서 외부 선량률의 최고치는 214 ± 16.5 μSv/h, 59 ± 9.1 μSv/h, 38 ± 5.8 μSv/h이다.

Table 1. Azimuthal angle distribution of spatial dose rates measured the distance of 100 cm, height of 1 m from by 48hours after <sup>131</sup>I oral administration. (μSv/h)  
Ave: Average, S.E: Standard Error

		Angle							
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
		50 cm							
Ave	214	201	196	189	208	198	188	184	
S.E	16.5	9.9	10.5	7.5	13.8	12.8	8.1	8.5	
		100 cm							
Ave	59	56	53	50	57	55	52	49	
S.E	9.1	6.4	3.2	4.4	7.6	6.2	3.1	6.5	
		150 cm							
Ave	38	35	32	29	36	28	25	27	
S.E	5.8	3.9	3.7	4.5	4.8	2.8	3.5	3.7	

반경 거리 50 cm 지점에서 높은 편차를 나타내었다. 이것은 동일한 <sup>131</sup>I을 주입하였다더라도, 환자마다 수분 섭취의 배출 정도 및 생리적 대사기능이 다르기 때문에 비슷한 신장과 체형의 환자라도 방출되는 방사선량률은 차이가 있다. 방위각에 따른 외부 선량률은 0, 180, 45도 순으로 높게 측정되었다. 이것은 경구 투여된 방사성동위원소 <sup>131</sup>I의 흡수와 배출 과정에서 위, 장관과 방광을 통해 배출되기 때문이다.

따라서 위장과 방광이 위치한 정면 부위와 신장 등 후복막 장기가 위치한 100 cm 높이 180도 방위각에서 외부 선량률 57 ± 7.6 μSv/h로 측정되었다.

## 2. 퇴원에 따른 피폭선량 예측 모델

### 2.1. 불특정 다수 일반인에 대한 피폭 선량

본 연구의 측정 실험에서 퇴원 환자의 반경 50 cm 지점에서 가장 높은 외부 선량률이 230.5 μSv/h이다. 위 환자가 서울의 모 대학병원에서 고용량 <sup>131</sup>I 치료를 받고, 대중교통인 SRT 기차를 타고 서울에서 지방으로 이동한다고 가정하였을 때, 환자로부터 50 cm 거리의 옆 좌석에 앉은 불특정 일반

인 임신부가 퇴원 환자로부터 5시간 동안 받을 수 있는 피폭선량은 Eq. (2)과 같다.

방사선원인 환자를 점 선원으로 보고, 보수적인 관점에서 반감기는 물리적 반감기를 사용하였다.

$$0.23 \text{ mSv/h} \times \int_0^5 e^{-\frac{0.693}{192}t} dt = 1.14 \text{ mSv} \quad (2)$$

### 2.2. 간병인이 받을 수 있는 피폭 선량

본 연구의 측정 실험에서 퇴원 환자의 반경 100cm 지점에서 가장 높은 외부 선량률이 68.1 μSv/h이다. 거동이 불편하고 소변 통(Urin bag)을 착용한 환자가 고용량 <sup>131</sup>I 치료 후 일반 병실로 옮겨졌을 때, 간병인이 4일 동안 100cm 거리에서 받을 수 있는 피폭선량은 아래 Eq. (3)과 같다.

$$0.068 \text{ mSv/h} \times \int_0^{96} e^{-\frac{0.693}{192}t} dt = 6.5 \text{ mSv} \quad (3)$$

### 2.3. 가족이 받을 수 있는 피폭 선량

본 연구의 측정 실험에서 퇴원 환자의 반경 150 cm 지점에서 가장 높은 외부 선량률이 43.8 μSv/h이다. 퇴원환자가 귀가 후 가족으로부터 150cm 거리에서 1주 동안 병간호를 받을 때, 환자로부터 받을 수 있는 피폭선량은 아래 식(4)과 같다. 선행 연구에서 박석근은 고용량 <sup>131</sup>I 치료병실에 계측기를 부착해서 120명의 <sup>131</sup>I 치료 환자로부터 근사적으로 유효 반감기를 구하였다. 유효 반감기의 최고치는 17.1시간이다.<sup>[7]</sup>

따라서, 환자의 퇴원으로 인해 장시간 가정에서 150 cm 거리에서 환자를 보호하는 가족이 7일간 받을 수 있는 예상되는 최대 피폭 선량은 아래 Eq. (4)과 같다.

$$0.044 \text{ mSv/h} \times \int_0^{168} e^{-\frac{0.693}{17.1}t} dt = 1.08 \text{ mSv} \quad (4)$$

## 3. <sup>131</sup>I 치료 환자 퇴원으로 인한 피폭선량

### 3.1. 대중교통 5시간 이동 시 피폭선량

전국에서  $^{131}\text{I}$  치료실이 가장 많이 집중된 서울에서 치료를 받은 환자가 퇴원 후 대중교통을 이용해서 지방으로 5시간 이동할 경우, 반경 50 cm 거리의 옆 좌석에서 위치한 불특정 일반인은 자신도 모르는 사이에 피폭에 노출이 된다. 실험을 통해 예측된 피폭선량은  $1.14 \mu\text{Sv/h}$ 이다. 이 값은 일반인 연간 선량한도 1 mSv를 초과한다. 퇴원 환자 옆 좌석에 앉은 불특정 일반인이 만일 산모일 경우 태아 피폭 또한 심각하다. 방사선 감수성이 높고 세포 분열이 활발한 태아가 단시간에  $1.14 \mu\text{Sv/h}$ 를 받게 된다면 방사선 장해 발생 가능성에 대한 우려도 있다.

### 3.2. 4일간 간병인 피폭선량

보수적인 관점에서 볼 때 거동이 불편하고 소변통(urin bag)을 착용한 고용량  $^{131}\text{I}$  퇴원 환자로부터 100 cm 거리에서 4일 동안 간병인이 받을 수 있는 피폭선량은 6.5 mSv ( $68.1 \mu\text{Sv/h}$ )이다. 이 값은 수시 출입자 교육을 받은 암병동에서 근무하는 간병인이 받을 수 있는 연간 선량한도 6 mSv를 초과하는 수준이다. 이 경우 간병인은 판독 특이자로 분류되어 사업자는 원자력 관련 법령에 의거하여, 1년간 간병인의 건강검진 결과 및 방사선 장해 관련 사항을 반기별로 규제 기관인 한국 원자력 안전기술원 장에게 보고해야 되며, 간병인을 비 방사선 작업 환경으로 전환해서 관리해야 한다.<sup>[12]</sup>

### 3.3. 7일간 보호자 피폭선량

$^{131}\text{I}$  치료 환자가 퇴원하여 귀가로 인해 장시간 가정에 보호자가 간병을 할 때, 환자로부터 반경 150 cm 거리에서 7일 동안 가족이 받을 수 있는 최대 피폭선량이 1.08 mSv ( $44 \mu\text{Sv/h}$ )이다. 연간 일반인 선량한도 1 mSv를 초과하는 수준이다.

## IV. DISCUSSION

불특정 일반인이 자신도 모르는 사이에 대중교통을 이용해서 이동하다가 연간 선량 한도를 초과하는 방사선 피폭에 노출이 될 수 있는 가능성이 있어도 사전에 일반인 피폭을 방지할 수 있는 규제가 현행 원자력 관련 법령상 가이드라인이 없다.

영국의 경우 고용량  $^{131}\text{I}$  환자 퇴원으로 인한 귀가할 때에는 일반인의 피폭 방지를 위해 대중교통 이용에 대한 제약이 있다. 독일의 경우 일반인 피폭 경감의 목적으로  $^{131}\text{I}$  환자 퇴원 기준으로 2m 거리에서  $3.5 \mu\text{Sv/h}$ 를 적용하였다. 일본의 경우 퇴원 기준으로 1m 거리에서  $30 \mu\text{Sv/h}$  미만을 유지해야 퇴원이 가능하다. 호주의 경우 퇴원 환자의 외부 선량률이 1m 거리에서  $25 \mu\text{Sv/h}$  초과할 경우 방사선 관리구역 밖으로 퇴원시켜서는 안 된다는 규정이 있다.<sup>[13]</sup> 외국의 경우  $^{131}\text{I}$  치료 환자 퇴원에 관한 규정을 일반인이 받을 수 있는 선량한도에 기준을 설정하므로 보다 체계적이며 구체적인 규제가 이루어지고 있지만 한국의 현행 원자력 관련 법에서는  $^{131}\text{I}$  치료 환자의 퇴원에 따른 방사선 방호에 대한 기준은 모호하다. 한국의  $^{131}\text{I}$  치료 환자 퇴원 기준은 환자로 인하여 타인이 받을 수 있는 유효선량이 5 mSv를 초과하면 안 된다는 규정이 있다.<sup>[14]</sup> 그러나 움직이는 퇴원 환자로부터 나오는 외부 선량률에 의해 불특정 일반인이 받을 수 있는 유효선량 5 mSv를 평가할 수 있는 방법이 현재로서는 없다. 따라서 현재 규제 기관에서는 국제 원자력기구(IAEA)에서 권고하는 환자의 퇴원 선량은 기준 방사능량 1100 MBq, 1m 거리에서 공간 선량률  $50 \mu\text{Sv/h}$ , 또는 미국 원자력 위원회(US NRC)에서 5 mSv 유효 선량에 근거한 퇴원 환자의 기준 방사능량 1200 MBq, 1m 거리에서 외부 선량률을  $70 \mu\text{Sv/h}$ 를 권고하고 있다.<sup>[14]</sup>

현행 한국에서는  $^{131}\text{I}$  퇴원환자의 퇴원 후 환자의 이동 및 퇴원 이후의 방사선 방호 체계에 대한 명확한 가이드라인이 없으므로, 병원 관련자들의 판단에 의해 무분별하게 적용되고 있다. 따라서 향후 고용량  $^{131}\text{I}$  치료 환자의 퇴원 시기 및 퇴원 후 구체적인 조치사항에 관하여 불특정 다수의 일반인 및 간병인 피폭을 저감화할 수 있는 합리적인 방사선 방호체계에 대한 규제가 필요할 것으로 사료된다.

## V. CONCLUSION

방사선 피폭에 의한 암세포 발달의 원인은 DNA 사설이 절단에서 시작되며 Rothkamm 등은 일반인 선량한도에 근접하는 1.2 mSv에서도 DNA 두 사

슬이 절단되고 그 절단의 정도는 선량에 비례하여 발생한다는 보고가 있었다.<sup>[15]</sup> 국제방사선 방호위원회(ICRP)의 방사선 방호에 대한 기준은 “어느 선량 이하이면 안전하다고 할 수 있는 한계치는 없다”는 직선 모델(LNT model)을 채택하고 있다.<sup>[16]</sup> 역학적 관점에서 고용량 <sup>131</sup>I 퇴원 환자로부터 불특정 다수의 일반인이 받는 피폭의 정도를 증명하기 어렵다고 하더라도, 방사선 방호적 측면에서는 아무리 낮은 방사선량이라도 절대 안전하지 않다는 보수적인 입장에서 방사선 방호 계획을 수립해야 한다. 그럼에도 불구하고 현행 원자력 관련 법에서는 고용량 <sup>131</sup>I 퇴원 환자로부터 방출되는 방사선에 대한 규제 및 관리에 대한 적용 기준이 모호하다. 간병인, 보호자, 불특정 다수의 일반인들이 불필요한 피폭에 노출되고 있으며, 경우에 따라 암을 유발하는 원인을 제공할 수도 있다. 따라서 본 연구를 통해 퇴원 환자의 피폭 저감을 위한 후속 연구 및 방안 대책자료로 활용되기를 바라며, 또한 실질적인 퇴원 환자의 외부 선량을 규제를 위한 원자력 관련 법령 개정의 필요성을 제시하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

### Acknowledgement

본 논문은 2018년도 김천대학교 교내학술 연구비에 의하여 지원되었음.

### Reference

- [1] Health insurance Review & Assesment service <http://www.hira.or.kr/>
- [2] [www.cancer.go.kr/](http://www.cancer.go.kr/)
- [3] M. Middendorp, F. Grünwald. "Update on recent developments in the therapy of differentiated thyroid cancer," J Seminars in nuclear medicine. Vol.40 No. 3, pp 145-152, 2010.
- [4] D. Aio, C. Giliberti, M. Benassi, L. Strigari, "Potential Third-party Radiation Exposure from Patients Undergoing Therapy with I-131 for Thyroid Cancer or Metastases," J of health physics. Vol. 108 No. 3, pp 145-152, 2015
- [5] E. Lubin, "Definitive improvement in the approach to the treated patient as a radioactive source," J Nucl Med, Vol 43, No. 3, pp 364-5, 2002.
- [6] J. A. Siegel, C. S. Marcus, R. B. Sparks. "Calculating the absorbed dose from radioactive patients: the line source versus point source model," J Nucl Med Vol. 43, No. 9, pp 124-4, 2002.
- [7] S. G. Park "Suggestion of A Practical Simple Calculation Method for Safe Transportation Time after Radioactive Iodine Treatment in Patients with Thyroid Cancer", J of Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol 16, No 6, pp 3919-3925, 2015.
- [8] B. S. Chang "The Study and Measurement of Three Dimensional Spatial Dose Rate from Radioiodine Therapy," J of the Korean Society of Radiology. Vol 7, No 3, pp 251-257, 2013.
- [9] M. Luster, S. E. Clarke, M. Dietlein, M. Lassmann, "Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer," Eur J Nucl Med Mol Imaging Vol. 35, No. 10, pp. 1941-59, 2008.
- [10] C. Franzius, M. Dietlein, M. Biermann, M. Fruhwald, T. Linden, P. Bucsky, "Procedure guideline for radioiodine therapy and <sup>131</sup>Iodine whole-body scintigraphy in paediatric patients with differentiated thyroid cancer," J of Nuklearmedizin. Vol. 46, No. 5, pp. 224-31, 2007.
- [11] Republic of Korea Nuclear Safety Commission Notice, No 2012-69, 2012.
- [12] ICRP Publication 94, *Release of patients after therapy with unsealed radionuclides*, ICRP 34. pp 53-58, 2004.
- [13] Republic of Korea Nuclear Safety Commission Notice, No 2017-44, 2017.
- [14] K. Rothkamm, L. Markus, "Evidence for a lack of DNA double-strand break repair in human cells exposed to very low x-ray doses," J Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol 100, No 9, pp 5057-5062, 2003.
- [15] ICRP Publication 105: *Radiological Protection in Medicine*, ICRP, Vol.37. No. 6, 2007.

## $^{131}\text{I}$ 방사성 동위원소 치료에 따른 피폭 선량 연구

장보석,<sup>1</sup> 유승만<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>김천대학교 방사선학과

<sup>2</sup>전주대학교 방사선학과

### 요 약

본 연구는 고용량  $^{131}\text{I}$  치료 후 방사선원이 된 퇴원 환자로부터 나오는 방사선 피폭에 관해 외부 선량을 측정하고, 그에 따른 피폭선량을 예측하는 것이 목적이다. 200 mCi 이상 고용량  $^{131}\text{I}$  치료를 받은 30명의 환자에서 구리링 3개를 이용하여 환자로부터 거리 및 방위각에 따른 선량평가를 시행하였다. 정확한 방사선 계측을 위하여 GM 계측기를 이용하여 2명의 측정자가 방위각 8 포인트와 거리 변화를 주며 계측하였다. 측정값을 기반으로 3가지 예측 시뮬레이션을 설정하여 불특정 다수 일반인에 대한 피폭선량을 계산하였다. 1m 높이에서 방위각에 따른 외부 선량률이 가장 높은 부위는 0도이다. 거리에 따른 선량률은 거리별 방위각의 선량률 평균값을 사용하였다. 거리에 따른 외부 선량률의 최고치는 50, 100, 150 cm에서 각각  $214 \pm 16.5$ ,  $59 \pm 9.1$   $\mu\text{Sv/h}$ ,  $38 \pm 5.8$   $\mu\text{Sv/h}$  이다. 고용량  $^{131}\text{I}$  치료 환자가 대중교통을 이용해서 5시간 이동할 때 반경 50 cm 지점의 옆좌석에 안은 불특정 일반인이 받을 수 있는 피폭선량은 1.14 mSv이다. 소변 통(urin bag)을 착용한 퇴원환자로부터 100 cm 거리에서 4일 동안 간병인이 받을 수 있는 최대 피폭선량은 6.5 mSv이다. 퇴원 환자 귀가로 인해 7일 동안 150 cm 거리에서 보호자가 받을 수 있는 최대 피폭선량은 1.08 mSv이다. 개발된 예측 모델링으로 불특정  $^{131}\text{I}$  치료 환자의 주변 일반인에게 적용하였을 때 연간 선량 한도를 단시간에 초과하는 수준이었다. 따라서 본 연구를 통해 현행 고용량  $^{131}\text{I}$  치료 환자의 퇴원 후 주변의 일반인의 방호체계의 합리적인 가이드라인을 제시하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: I-131, 고용량 옥소 치료, 피폭선량

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	장보석	김천대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	유승만	전주대학교 방사선학과	교수