

Symposium

## 치료병실에서 배출되는 방사성오염 폐기물의 처리 방안

연세대학교 의료원 세브란스병원 핵의학과  
정 석 · 오기백 · 박훈희 · 김재삼 · 이창호

### Radioactive Waste Management Procedure of Thyroid Cancer Patients in Isolation room

Seok Jeong, Ki Beak Oh, Hoon Heui Park, Jae Sam Kim, Chang Ho Lee  
*Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Medical, Seoul, Korea*

Radioiodine (I-131) Therapy has been known one of the methods treated with hyperthyroidism and thyroid tumor, using a separate ward. This technique has been already used for several decades, and its clinical efficacy proven. Today, Radioiodine takes a form of capsule through continuous development, so, 30 odd domestic hospitals run about 63 separate wards. And, its demands would increase continuously; because of tending upwards the patients had thyroid cancer. However, various kinds of wastes originate from a procedure of radioiodine therapy. Especially, when their radioactivity exceed permissible level ( $4 \text{ Bq/cm}^2$ ) set by Nuclear laws of the Republic of Korea, it regards as radioactive wastes, then, managed separately from origination to the last disposal. (**Korean J Nucl Med Technol 2008;12(1):119-122**)

**Key Words** : I-131, Therapy, Radioactive waste

### 방사성오염 폐기물

#### 1. 치료용 I-131 선원공급 및 환자투여 후 발생하는 폐기물

- 공급시 포장용 박스: 공급 시에 들어왔던 포장용 박스는 방사성오염 스티커를 제거한 후 일반 박스 쓰레기로 배출
- 알루미늄 캔: 다른 용도의 사용을 막기 위해 압착한 뒤 2 주 정도 보관하고 오염도 측정 후에 일반 쓰레기로 배출
- 스티로폼: 따로 모아두었다가 측정해서 기준치( $4 \text{ Bq/cm}^2$ )

이하이면 일반 쓰레기로 배출

- 일회용 물컵, 빨대: 따로 모아두었다가 측정해서 기준치 이하이면 일반 쓰레기로 배출
- 플라스틱 관: 따로 모아두었다가 측정해서 기준치 이하이면 일반 쓰레기로 배출
- 납 컨테이너: 일정 기간 모아두었다가 관련 업체로 그대로 반송

#### 2. 식기류

- 일회용 식기류: 일반 식기류를 전부 일회용품으로 대체
- 플라스틱 식판: 따로 모아두었다가 측정해서 기준치 이하이면 영양과에서 회수
- 일회용 컵: 폐기물 창고에서 수집

\* 처리방법

• Received: December 5, 2007. Accepted: December 30, 2007.  
• Corresponding author: **Gi Back Oh**  
Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital,  
Yonsei University Health System, Seoul, 120-749, Korea  
Tel: +82-2-2228-6074, Fax: +82-2-2227-7062  
E-mail: carpediem@yuhs.ac

식기류 수거 ⇨ 전용카트로 운반 ⇨ 폐기물 창고에 보관  
⇨ 방사성 오염도 측정 ⇨ 감염성폐기물로 배출

고에 보관 ⇨ 방사성 오염도 측정 ⇨ 병원 내 세탁실로 배출

3. 음식물 쓰레기

- 환자가 먹고 남긴 음식물

\* 처리방법

전용수거함에 수거 ⇨ 비닐에 봉입 ⇨ 전용카트로 운반  
⇨ 폐기물 창고에 보관 ⇨ 방사성 오염도 측정 ⇨ 감염성폐기물로 배출

4. 세탁물

: 50리터짜리 규격 종이박스에 담은 뒤 폐기물 창고에 보관

- 환자복
- 이불
- 침대 시트, 베개 피

\* 처리방법

규격 종이박스에 봉입 ⇨ 전용카트로 운반 ⇨ 폐기물 창

5. 기타 잡고체(슬리퍼, 수건, 속옷, 책...)

: 폐기물 창고 안에 전용 수거함을 만들어서 보관

**방사성오염 폐기물의 처리규정**

1. 원자력 관계법령

- 허용 표면오염도 기준(거리: 10 cm, 기준: 4 Bq/cm<sup>2</sup>)
- 1) α선 방출: 4 kBq/m<sup>2</sup>
- 2) β, γ선 방출: 40 kBq/m<sup>2</sup>

2. 과학기술부고시 제2001-30호

- 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정

- *In Vivo*용 잡고체에 대한 보관기간 산출 (J-9, G-9, T-9, K-9)

Table 1. 허용기준 및 핵종별 농도

방사성 핵종							제한농도
H-3,	C-14,	F-18,	Na-24,	P-32,	S-35,	K-42,	100 Bq/g
Ca-45,	Ca-47,	Sc-46,	Cr-51,	Fe-59,	Ga-67,	Ge-71,	
Se-75,	Br-82,	Sr-85,	Rb-86,	Mo-99,	Tc-99m,	In-111,	
Sn-113,	I-123,	I-125,	I-131,	Pr-144,	Yb-169,	Au-198,	
Tl-201,	Hg-203	및 반감기 100일 이하의 베타/감마 방사선 방출 핵종					

※ 방사성 핵종이 혼합되어 있는 경우에는 다음과 같이 한다.

$$\sum \frac{Y(i)}{X(i)} < 1$$

Y(i) : 방사성핵종 i의 방사능량  
X(i) : 별표에 주어진 방사성핵종 i의 제한농도

방사성동위원소	I-131		Ga-67	Tc-99m		I-123
발생폐기물	빨대	플라스틱컵	알콜솜	알콜솜	Ployglove	알콜솜
무게(g)	0.17	1.831	2.9	2.9	1.7	2.9
방사능(μCi)	18.5	10	100	830	540	100
방사능(Bq)	684500	370000	3700000	30710000	19980000	3700000
g당 방사능	4026470	202075	1275862	10589655	11752941	1275862
반감기	8일		78.3시간	6시간		13시간

◆ 측정기기

Dose Calibrator : CAPINTEC CRC15 (S/N : 510077)  
 전자 저울 : Electronic Top Loading balance  
 : Type LIBROR EB-2200HU  
 (S/N : D408901274)

Plastic cup 평균 무게 : 1.831 g  
 Plastic cup (Bq/g) : 202,075 Bq/g  
 (I-131의 반감기: 8일)

◆ 측정방법

I-131은 핵의학 체내검사 중 thyroid therapy, scan에 주로 사용하고 환자에게 투여되는 방사능은 매우 다양하다. 그러나 또한 갑상선 촬영시 I-131은 환자에게 생리식염수와 혼합된 형태로 구강섭취되며 이 과정에서 cup과 빨대가 폐기물로 발생된다. Plastic cup의 무게는 1.831 g, 빨대는 0.17 g이었다. 방사능이 가장 높은 plastic cup은 약 10 μCi이었으며, 빨대는 18.5 μCi였다. 이때 계산치에 가중치(safety factor) 1.2를 곱하여 보관기간으로 정하였다.

◆ 보관기간산출

$I = I_0(1/2)^n$  공식에 의하여  $100 \text{ Bq} = 202,075 (1/2)^n$

$\frac{100}{202075} = (\frac{1}{2})^n$  양변에 log를 취하여

$\ln(4.948 \times 10^{-4}) - 7.6112 = n \times (-0.693)$

$= n \times \ln(1/2) \quad n = 10.98$

n에 가중치 1.2를 곱하여  $N = 13.176$

∴ 약 13.176반감기, 즉 105.4일 필요하므로 보관기간은 최소 106일이다.

Plastic cup 1개당 최대 방사능 :  $10 \mu\text{Ci} = 0.37 \times 10^6 \text{ Bq}$

※ 다른 핵종들은 I-131의 플라스틱 컵과 같은 방법으로 계산하였고 그 결과는 다음과 같다.

방사성동위원소	I-131		Ga-67	Tc-99m	I-123	
발생폐기물	빨대	플라스틱컵	알콜솜	알콜솜	Ployglove	알콜솜
100 Bq/g 이하가 되기 위한 반감기	18.36	13.176	16.36	19.92	20.16	16.36
최소보관기간	147일	106일	54일	5일	6일	9일

∴ 상기 방법에 의하여 *In Vivo* 검사 후 발생되는 잡고체 폐기물의 보관기간에 적용한다.

Table 2. 핵종이 혼합되어 있는 경우

혼합되어 있는 경우 :		200일 이상 보관 후 자체폐기 가능			
핵종	Tc-99m	I-131	Ho-166	I-123	Ga-67
코드번호	T	J	O	K	G
고유반감기	6시간	192시간	29.3	13시간	78시간
보관반감기(n)	25	25	25	25	25
Bq/g (log)	11752941	4026470	2551724138	1275862	1275862
(1/2) <sup>n</sup>	0.0000000298	0.0000000298	0.0000000298	0.0000000298	0.0000000298
방사능(I)	0.3502649367	0.1199981570	76.0473054051	0.0380236506	0.0380236506
I/100	0.0035026494	0.0011999816	0.7604730541	0.0003802365	0.0003802365
$\sum \frac{Y(i)}{X(i)} =$	0.765936158		보 관 기 간 :		200일
계산 방법	1. 보관반감기 : 핵종별 방사능 계산 후 합이 "1"이하가 되는 기간. 2. 보관기간 : 핵종중 가장 긴 반감기를 적용하여 계산함. 3. 보관기간 계산 : 192시간 + 25반감기 = 4800시간(200일)				

### 3. 폐기물 관리법(환경부)

- 감염성폐기물 관리규정  
: 감염성폐기물로 포장한 뒤 7일 이내에 배출하지 않으면 1000만원 이하의 벌금
- 방사성오염 폐기물이 발생되면 먼저 폐기물 창고에서 장기보관하고, 방사성 오염도를 측정하여 기준치 이하일 때 감염성폐기물로 포장하여 배출해야 한다.

- 식기류의 종류 : 일회용(4), 스텐레스(3)
- 음식물 쓰레기 처리방법 : 전용 수거함(4), 식당으로 바로 배출(2), 변기에 내림(1)
- 세탁물 보관방법 : 전용 수거함(4), 린넨 소재의 환자복을 사용하여 퇴원 후 잡고체로 처리(1), 바로 세탁실로 배출(1), 기타(1)
- 폐기물창고의 크기 : 좁다(5), 보통이다(1), 넉넉하다(1)

### 폐기물 보관

#### 1. 폐기물 보관창고의 충분한 공간 확보

#### 2. 폐기물 보관창고의 폐기물 보관능력 (단위: t)

- 2005년 4/4분기발생 : 600 - 2006년 4/4분기발생 : 900
- 2006년 1/4분기발생 : 800 2007년 1/4분기발생 : 750
- 2006년 2/4분기발생 : 850 2007년 2/4분기발생 : 1,000
- 2006년 3/4분기발생 : 1,000 2007년 3/4분기발생 : 500

→ 최근 2년간의 총 발생량 6,400 (매분기별 발생량을 약 800으로 산정)

창고보관용량(지하 2층)	141,000
작업 및 통로공간(40%)	56,400
실제 보관공간	84,600
연간 발생량	3,200
보관 가능 기간(year)	26.4375년

### 결 론

본원은 2005년 6월 치료병실이 가동된 이후 매년 약 100여명(2명/주)의 환자를 치료하고 있으며, 환자 퇴원 후 배출되는 폐기물을 일반폐기물과 방사성폐기물로 구분하여 수거 관리되고 있으며, 본원에서 과학기술부장관의 승인을 받은 자체처분 절차서에 따라 수거 방법을 개선하여 운영되어지고 있다.

그리고 치료병실에서 발생하는 폐기물은 음식물, 세탁물, 캔 등은 발생 시 방사성오염 기준치(4 Bq/cm<sup>2</sup>)를 초과하는 경우 별도로 구분하여 관리되어진다. 섬유류 및 음식물찌꺼기의 경우 보관함을 비치하여 발생 시 수거하며, 캔, 빨대, 기타 쓰레기는 잡고체로 구분하여 수거된다. 그동안의 분석 결과를 보면 발생 시마다 방사능의 차이가 있음에 따라 보관 기간의 차이는 다양하였다. 최종 처리는 일정기간 보관 후 방사성오염 기준치(4 Bq/cm<sup>2</sup>) 이하가 되는 경우에 최종 처리를 하고 있다.

각 병원의 방사성오염 폐기물의 처리방법이 다른 지금, 앞으로 계속해서 늘어갈 치료병실의 수요를 생각한다면 이제는 표준화된 가이드라인을 만들 필요가 있으리라고 생각된다.

### IV. 설문조사

#### 1. 총 6단락 35문항

구분(m)	방사선의학 연구실	내분비 검사실	암센터 핵의학과	본관 핵의학과	본관 지하2층	
가로	5.3	2.2	3.5	4.5	9.3	선반, 용기 등을 제외한 실측자료임
세로	3.5	2.5	1.5	3.4	7.6	
높이	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	
넓이(m <sup>2</sup> )	18	5	5	15.3	70	
부피(m <sup>3</sup> )	47	13	13	38	141	