

Original Article

# $^{131}\text{I}$ 3700 MBq (100 mCi) Therapy 입원 환자의 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ ), 잔류량(mCi), 배설률(%) 측정

충북대학교병원 핵의학과  
배기한 · 김화중 · 최재진 · 이원국

## Investigations of the External Dose Rate ( $\mu\text{Sv/h}$ ), the Residual Activity (mCi) and the Excretion Rate (%) of Thyroid Cancer Patients Hospitalized for 3700 MBq (100 mCi) $^{131}\text{I}$ Radioiodine Treatment

Gi Han Bae, Hwa Joong Kim, Jae Jin Choi, Won Guk Lee  
Department of Nuclear Medicine, Chungbuk National University Hospital, Chungbuk, Korea

**Purpose:** As Korean nuclear law doesn't have any clear guideline about the dose and the external dose rate( $\mu\text{Sv/h}$ ) requiring hospitalization in radioactive iodine treated patients, the patients are discharged when they meet the guideline of IAEA Basic Safety Standards(BSS). We measured external dose rate( $\mu\text{Sv/h}$ ) of inpatient underwent 3700MBq (100 mCi)  $^{131}\text{I}$  radioiodine treatment and considering external dose rate( $\mu\text{Sv/h}$ ), residual activity(mCi) and excretion rate(%) we found the time for RA to be lowered from 3700MBq (100 mCi) to 1110 MBq (30 mCi) to give reference to set a guideline for discharge. **Materials and Methods:** Forty-two patients underwent thyroidectomy and scheduled for radioiodine treatment, who received 3700MBq (100 mCi) of  $^{131}\text{I}$  orally and had no renal disease were examined. After 1, 2, 4, 8, and 20, 24, 40 hours iodine uptake and before/after the urination, the external dose rate( $\mu\text{Sv/h}$ ) measured using FH40G-L(Thermo Fisher Scientific Inc., MA) at a distance and a height of 1 m for 20 sec on the average. **Results and Conclusions:** At 20 hours, the external dose rate was decreased to  $49\pm 13 \mu\text{Sv/h}$ , namely, 78% of administrated radioactivity was excreted and 814 MBq (30 mCi) was residual, and it met the accepted limit for discharge of (IAEA, BSS) under 1110 MBq (30 mCi) (1 m at  $66 \mu\text{Sv/h}$ ).

(Korean J Nucl Med Technol 2009;13(3):48-55)

**Key Words :**  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi), External dose rate( $\mu\text{Sv/h}$ ), Residual activity(mCi), Excretion rate(%)

## 서 론

방사성요오드(이하  $^{131}\text{I}$ )을 이용한 갑상선 치료의 목적은  
외과적 갑상선의 제거 수술 후  $^{131}\text{I}$  에서 방출되는 베타선을  
이용하여 잔여 갑상선조직 및 전이 조직을 제거하기 위해서

이며 환자에게 적절한 용량을 투여함으로써 좋은 치료 효과  
를 얻을 수 있는 중요한 치료법으로 시행되고 있다.<sup>1,2)</sup>

현재 국내에서는 일정용량  $^{131}\text{I}$ 을 투여하는 환자는 주변 사  
람이 받는 피폭선량을 선량한도 이내(5 mSv)로 제한하기 위  
하여 병원마다 환자를 격리병실에 일정 기간 입원시켜 치료  
를 해야 한다. 그러나 국내 원자력법에는  $^{131}\text{I}$ 을 이용한 갑상  
선치료 환자의 입원 및 퇴원 기준 선량이 명확하게 고시되  
지 않아 통상적으로 방사성 방호에 관한 국제 기본안전기준  
(IAEA, BSS)<sup>3)</sup>에 따라 Survey meter로 환자로부터 방출되는  
선량률이 1 m에서 5 mR/hr 이하이면 퇴원시킨다.

본원에서는  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)를 투여하는 갑상선

• Received: June 8, 2009. Accepted: July 10, 2009.  
• Corresponding author: Gi Han Bae  
Department of Nuclear Medicine, Chungbuk National University Hospital,  
410 Seongbong-ro, Heungduk-gu, Cheongju, Chungbuk, 367-763,  
Korea  
Tel: +82-43-269-6289, Fax: +82-43-269-6286  
E-mail: gihanmail@hanmail.net

암 치료환자의(IAEA, BSS)와 US NRC<sup>4)</sup> 기준에 따라 입원기간 동안 치료병실에 실제 출입하여 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )과 체내 잔류량(mCi), 배설률(%)에 따라 3700 MBq (100 mCi)의 70%가 배설하여 1110 MBq (30 mCi)가 되어서 환자가 퇴원 가능한 시점까지의 시간을 측정하였다. 그래서 치료병실의 운영과 퇴원 기준설정에 참고 자료가 되었으면 한다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

- 1)  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi) Capsule  
 제조사: 호주 ARI
- 2)  $^{131}\text{I}$  37 MBq (1 mCi) Solution  
 제조사: 한국 원자력 연구원 (KAERI)
- 3) Dose Callibrator  
 모델: CRC-7  
 제조사: CAPINTEC  
 측정 범위: 0.01 uCi~9999 mCi
- 4) 선량률 측정기  
 모델: FH40G-L  
 제조사: Thermo  
 측정 범위: 10 nSv/h~100 mSv/h, 10 nGy/h~100 mGy/h,  
 1 uR/h~10 R/h  
 보정계수=0.063 Bq/m<sup>2</sup>, Am-241

### 2. 대상

본원의 2008년 11월~2009년 05월까지 신장 기능에 이상이 없는  $^{131}\text{I}$ 을 이용한 갑상선암 치료 환자 42명을 대상으로 나이는 28~52세까지 평균 43세였으며, 남자 4명 여자 38명이다. 환자 주의사항으로는 입원치료 4주 전부터 갑상선호르몬제를 금하고 2주 전부터 저 요오드식이를 하도록 하였고,  $^{131}\text{I}$  투여하기 2시간 전 금식 하였다.<sup>5)</sup>

### 3. 방법

실험방법으로는 투여할  $^{131}\text{I}$ 을 Dose Callibrator를 이용하여 용량(mCi)을 확인하고, 선량률 측정기를 사용하여, 환자가 입원하기 전 입원실의 공간선량을 확인한 후 14:00~14:30에 Vial에 있는  $^{131}\text{I}$  Capsule을 개봉하여 물 30 cc와 같이 먹게

한 뒤<sup>1)</sup> 즉시 1 m 거리에서 20초간 평균 측정한다. 그리고 환자에게 물 500 cc를 1시간 동안 먹게 하였으며, 입원기간 동안 생수 1.5 L 세 병을 꾸준히 먹게 하였다.  $^{131}\text{I}$ 을 투여 후 1, 2, 4시간에는 환자에게 측정하기 전까지 소변을 참도록 하여 소변 전/후를 각각 측정하였으며, 8, 20, 24, 40시간 사이에는 환자의 소변 조절의 불가능으로 측정하기 전까지 가능한 소변을 자주 보도록 하였고, 측정 시 소변 전/후 각각 20초간 평균 측정하였다.

이 때 환자는 병실 바닥에 발바닥 모양의 표시를 해둔 위치에 서서 측정기는 환자와 1 m 거리와 높이는 복부 높이가 되도록 1m인 위치에 두고<sup>6)</sup> 20초간 평균 측정하였다. 결과 값은 통계 프로그램 SPSS를 이용하여 *t*-test(신뢰구간 95%)에서 표준편차와 집단별 평균분석에서 기하평균 값을 얻었다. 또한, 참고 자료로  $^{131}\text{I}$  37 MBq (1 mCi) Solution을 1m 거리에서 같은 방법으로 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )을 측정하였을 때 표준편차 2.18±0.17  $\mu\text{Sv/h}$ 이며, 기하평균 2.2  $\mu\text{Sv/h}$ 였다. 이는 37 MBq (1 mCi)가 1m에서 2.2  $\mu\text{Sv/h}$ 이기 때문에 3700 MBq (100 mCi)는 1m에서 220  $\mu\text{Sv/h}$ 이다.

## 결 과

### 1. 소변 전/후 비교 측정

1, 2, 4시간째에는 소변을 참도록 하여 소변 전/후 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )을 측정하였으며, 1시간째 비교 측정에서는 소변 전 183.4  $\mu\text{Sv/h}$ , 소변 후 164.7  $\mu\text{Sv/h}$ 로 약 18.7  $\mu\text{Sv/h}$ 가 감소하였고, 2시간째에서 소변 전 164  $\mu\text{Sv/h}$ , 소변 후 137  $\mu\text{Sv/h}$ 로 약 27  $\mu\text{Sv/h}$ 가 감소하였으며, 4시간째에는 소변 전 124.9  $\mu\text{Sv/h}$ , 소변 후 116  $\mu\text{Sv/h}$ 로 약 8.9  $\mu\text{Sv/h}$ 가 감소하였다. 그리고 8, 20, 24, 40시간째에는 환자의 소변 조절의 불가능으로 측정 전까지 가능한 소변을 자주 보도록 하였으며, 측정 시에 다시 소변 전/후 비교 측정하였다. 그 결과 같은 시간대라도 소변을 본 후 선량률 감소가 있었다.

그러나 투여 즉시 선량률과 1시간째 소변 전 측정에서 약 58  $\mu\text{Sv/h}$ 의 알 수 없는 감소가 있었으며, 1시간째 소변 후 측정과 2시간째 소변 전 측정, 2시간째 소변 후 측정과 4시간째 소변 전 측정 또한 선량률 감소의 원인은 알 수 없었다. 하지만, 투여 즉시 점 선원이었던 Capsule이 소화되며 면 선원으로 되는 특성 때문이라 가정해 보며, 여러 연구 자료에서 침샘, 땀, 일부 호흡으로도 배출된다고 되어 있지만 정확한 원인은 알 수 없었다.

신장 기능에 이상이 없는 <sup>131</sup>I을 투여하는 환자들은 갑상선이 제거되었기 때문에 방사성옥소가 역류되지 않고, 시간에 따라 매우 급속하게 감소함을 알 수 있다. 또한 US NRC에 따라 퇴원 가능한 최대 선량률을 70.4 μSv/h로 기준을 정한다면 투여 후 20시간 이전에 퇴원 가능할 것이다(Fig. 1).

그리고 환자의 체지방, 나이, 성별 등에 따라 퇴원 가능 선량 50 μSv/h 또는 1110 MBq (30 mCi) (1 m에서 66 μSv/h)의 선량률은 변함없어서 그에 따른 분석은 하지 않았다.

## 2. 선량률(μSv/h)

환자에서 거리와 높이 1m인 항상 같은 위치에서 측정하여 표준편차 값을 구하였다.

투여 즉시 242±25 μSv/h에서 1시간째 소변 후 166±23 μSv/h로 감소하였고, 2시간째 소변 후 137±6 μSv/h로 감소하였으며 투여 후 4시간째 소변 후 115±5 μSv/h로 감소하였다. 그리

고 8시간째에는 101±11 μSv/h로 약 54%가 감소하여 20시간째에는 49±13 μSv/h로 (IAEA, BSS)의 퇴원 기준인 체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi) (1 m에서 66 μSv/h)를 만족하였다. 24시간째 30±5 μSv/h, 2박 3일인 40시간째 소변 후 10±2 μSv/h로 감소하였다(Fig. 2).

## 3. 체내 잔류량(mCi)

2.2 μSv/h가 1 m에서 37 MBq (1 mCi)이기 때문에 선량률(μSv/h)의 기하평균 값에서 2.2 μSv/h를 나눈 값이다.

투여 즉시 약 109.7 mCi로 1시간째 소변 후 약 74.8 mCi로 감소하였고, 2시간째 소변 후 약 62.1 mCi로 감소하였으며, 투여 후 4시간째 소변 후 약 52.5 mCi로 감소하였다. 그리고 8시간째 소변 후 약 45.8 mCi로 약 54% 감소하여, 20시간째에는 21.9 mCi (IAEA, BSS)의 퇴원 기준인 체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi)를 만족하였다. 그리고 24시간째 소변 후 약

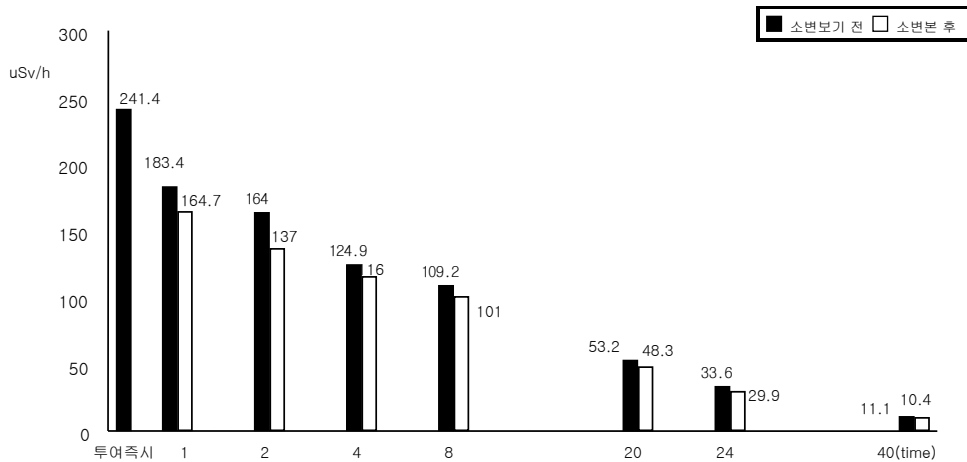


Fig. 1. Investigations of the external dose rate (μSv/h) and before/after the urination.

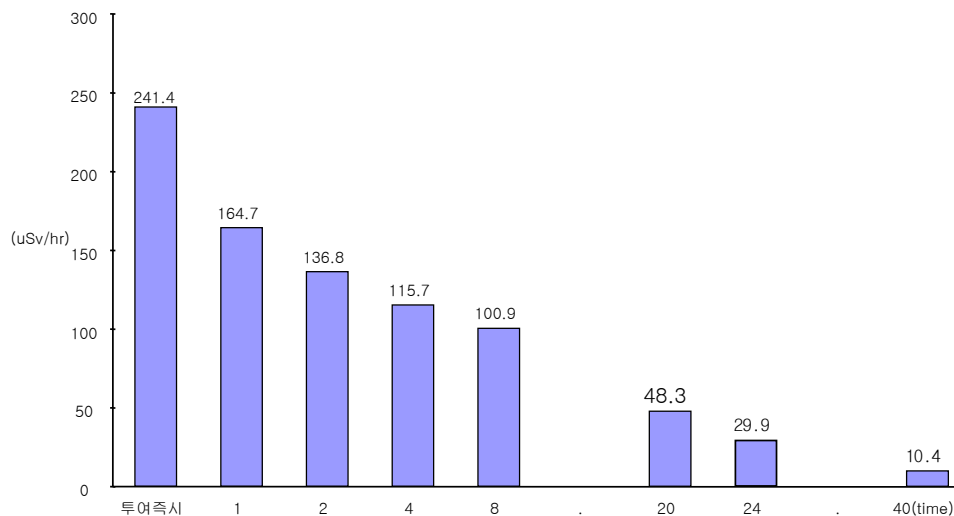


Fig. 2. Investigations of the external dose rate (μSv/h) and after the urination.

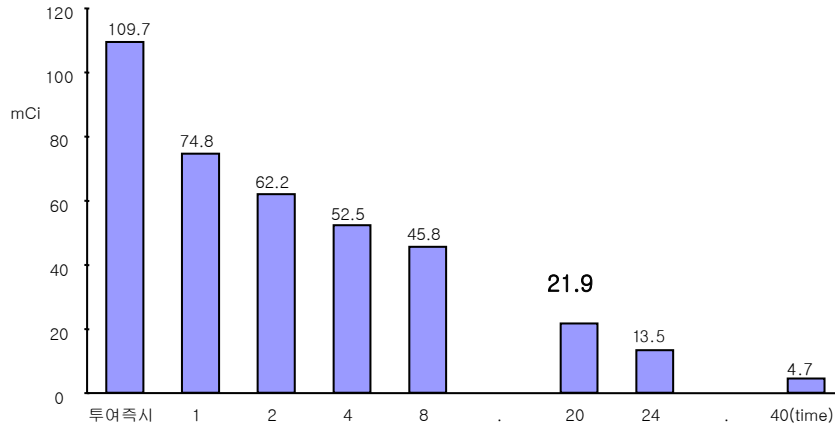


Fig. 3. Investigations of the residual activity (mCi) and after the urination.

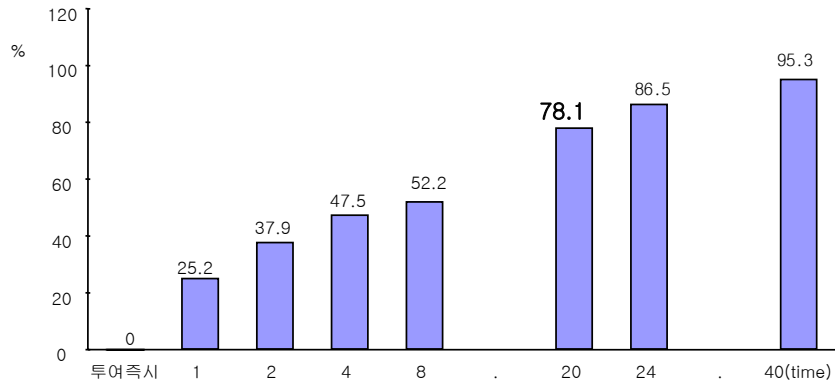


Fig. 4. Investigations of the the excretion rate (mCi) and after the urination.

13.5 mCi가 잔류하였고, 2박 3일인 40시간째 소변 후에는 4.7 mCi가 체내에 잔류하였다(Fig. 3).

#### 4. 배설률(%)

투여 한 3700 MBq (100 mCi) 중에서 몸 밖으로 배설된 용량(mCi)으로 3700 MBq (100 mCi)를 100%로 가정하였으며, 환자에게 직접 선량률( $\mu$ Sv/h)을 측정하였기 때문에 자연반감기에 따른 감소도 포함 되어 있다.

1시간째 소변 후 3700 MBq (100 mCi)에서 25.2%인 25.2 mCi가 배설하였고, 2시간째 소변 후 37.9%인 37.9 mCi가 배설하였으며, 4시간째 소변 후 47.5%가 배설되었고, 8시간째 소변 후 54.2%인 54.2 mCi가 배설하였다. 그리고 20시간째 78.1 mCi인 78.1%가 배설하여 체내에 21.9 mCi가 남아 될 가능한 체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi) 이하를 만족하였다. 그리고 24시간째 86.5%, 40시간째 소변 후에는 95.3%인 95.3 mCi가 배설하였다(Fig. 4).

Table 1. Investigations of the external dose rate ( $\mu$ Sv/h) and the residual activity (mCi), the excretion rate (%)

<sup>131</sup> I 3700 MBq (100 mCi) 투여 후 측정시간	선량률 ( $\mu$ Sv/h)	잔류량(mCi)		배설률(%)
		37 MBq (1 mCi) at 1m=2.2 $\mu$ Sv/h		
투여 즉시	242 $\pm$ 25	109.7		
1시간 째	166 $\pm$ 23	74.8		25.2
2시간 째	137 $\pm$ 6	62.1		37.9
4시간 째	115 $\pm$ 5	52.5		47.5
8시간 째	101 $\pm$ 11	45.8		54.2
20시간 째	49 $\pm$ 13	21.9		78.1
24시간 째	30 $\pm$ 5	13.5		86.5
40시간 째	10 $\pm$ 2	4.7		95.3

**Table 2.** The guideline of (IAEA, BSS), (US NRC)

방사성방호에 관한 국제기본안전기준 (IAEA, BSS)		미국 원자력 규제위원회 (US NRC)	
1 m에서 5 mR/h	1 m에서 50 μSv/h	1 m에서 0.07 mSv/h	1 m에서 70 μSv/h
체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi)	1 m에서 66 μSv/h	체내 잔류량 32 mCi	1 m에서 70.4 μSv/h

5. 선량률(μSv/h), 잔류량(mCi), 배설률(%)에 따른 비교  
Table 1 참조

6. (IAEA, BSS)와 US NRC 기준에 따른 퇴원 가능 기준 권고

현재 국내 원자력법에는 환자에 대한 퇴원기준 선량률(μSv/h) 또는 체내 잔류량(mCi)에 대해 명확히 고시되어 있지 않다.

이유는 “방사성 안전관리기준 제12조의 환자의 퇴원 선량”에서는 “진료의 목적으로 방사성 동위원소를 투입 또는 투여 받은 환자로 인하여 다른 개인의 유효선량이 5 mSv (0.5 rem)를 초과할 가능성이 있는 값”이라고 되어 있다.<sup>7)</sup> 이는 다른 사람들이 받는 외부피폭에 따른 것으로 이 수량이 곧 퇴원 기준이지만, 이는 환자에게서 나오는 방사능량이 아닌 주변 사람이 받는 방사성 피폭 선량을 고려한 것으로 환자가 아닌 주변 사람들을 유효선량 5 mSv 이하가 되도록 평가하기에는 쉽지 않은 일이다. 즉 환자가 아닌 주변 사람의 피폭선량이 5 mSv를 초과할 수 있는 환자의 몸에서 방출되는 선량률(μSv/h) 또는 환자의 체내 잔류량(mCi) 이란 환자와 거리, 높이 또는 환자의 주위에 있는 시간, 주변 환경 등 경우의 수가 너무 많기 때문이다.

그래서 환자의 퇴원 선량에 대해 규제기관인 한국원자력 안전기술원(KINS)에서는 (IAEA, BSS)와 US NRC의 규정을 권고하고 있다. 그래서 치료 병실을 운영하는 각 병원에서는 Survey meter로 환자와 1 m 거리에서 50 μSv/h, 66 μSv/h, 70 μSv/h, 70.4 μSv/h 4가지 중에서 선택하여 기준을 삼아 치료 환자들을 퇴원시키면 될 것이다(Table 2).

보수적으로 본다면, 50 μSv/h 이하 시 퇴원하는 것이 바람직하겠지만, 최근의 치료 환자들보다 치료 병실 부족으로 퇴원기준을 US NRC 고시에 따라 70.4 μSv/h로 정한다면 본원의 이번 실험결과인 20시간째 퇴원가능성보다 더 일찍 퇴원 가능하여 치료환자들을 조기치료에 도움이 될 수 있을 것이다.

하지만, 환자 가족의 잠재적인 피폭선량의 증가가 있을 것이며, 치료병실의 측정자 또한 자주 출입해야 하기 때문에 측정자 피폭의 증가가 있을 수 있을 것이다. 그리고 아날로그 G.M Survey meter는 눈금 읽는 기준이 측정자마다 모두 달라서 오차 범위가 크며, 측정범위의 한계가 있을 것이라 사료된다. 이 또한 디지털 Survey meter로 측정하여 측정 기준 값의 오차를 줄여 정확한 측정이 될 수 있어야 하겠다.

**결 론**

(IAEA, BSS) 기준에 따라 <sup>131</sup>I 3700 MBq (100 mCi)를 투여

**Table 3.** Annals of the ICRP Publication 94

퇴원 기준의 국제 또는 국가지침	퇴원 가능 선량(μSv/h)/ 체내 잔류량(mCi)
방사성방호에 관한 국제 기본안전기준 (IAEA, BSS 1996)	1 m에서 5 mR/h 체내 잔류량 1200 MBq (32 mCi)
미 국 (US NRC)	1m에서 0.07 mSv/h (70 μSv/h) 체내 잔류량 1200 MBq (32 mCi) 최근 건전하고 협력적인 환자는 일상 퇴원가능
일 본	1m에서 30 mSv/h 체내 잔류량 500 MBq (13.5 mCi)
독 일	치료하는 모든 환자는 최소 48시간 입원 2m에서 3.5 mSv/h 체내 잔류량 250 MBq (6.7 mCi)
유 럽 (EURATOM 1997)	400 MBq (10.8mCi)투여 받는 환자 가족에 아동이 있다면 2~3주에 이를 수 있다.
호 주	대부분의 회원국에서는 400~600 MBq(10.8~16.2 mCi)
뉴질랜드 (ARPANSA 2002)	일반인, 아동 임신부 1 mSv/y 환자를 돌보는 일에 동의한 가족, 친척 5 mSv/y
스웨덴	1m에서 25 uGv/h 체내 잔류량 600 MBq (16.2 mCi)

하고서 20시간째  $49 \pm 13 \mu\text{Sv/h}$ 로 100%에서 78%가 배설하여 체내에 814 MBq (30 mCi)가 잔류하여 퇴원 가능한 체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi) (1 m에서  $66 \mu\text{Sv/h}$ ) 이하를 만족하였다.

1. 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )에 따라 환자와의 거리 1m에서 20시간째  $48.3 \mu\text{Sv/h}$ 로 퇴원 가능
2. 체내 잔류량(mCi)에 따라 20시간째 814 MBq (30 mCi)가 체내에 잔류하여 퇴원 가능
3. 배설률(%)에 따라 20시간째 3700 MBq (100 mCi)에서 78%가 배설하여 체내에 814 MBq (30 mCi)가 잔류하여 퇴원 가능

## 고 찰

유럽과 선진국 각 나라의  $^{131}\text{I}$ 을 이용한 치료환자의 입원 및 퇴원기준에는 자국에 따른 퇴원기준 선량을 명확하게 고시하고 있다<sup>8)</sup>(Table 3).

그러나 현재 국내 규제기관에서는  $^{131}\text{I}$ 을 이용한 갑상선 치료환자가 입원 또는 퇴원 기준에 따라야 할 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )과 체내 잔류량(mCi)에 관해 고시하는 부분이 없어서 여러 사람이  $^{131}\text{I}$ 의 치료병실과 치료환자에 대한 문제점과 운영의 어려움, 개선방향, 제도조정 등을 제안하고 연구하고 있다. 앞으로는 국내 규제기관에서는  $^{131}\text{I}$ 을 이용한 치료환자의 실정에 맞는 입원 및 퇴원 허용선량을 명확하게 고시하여 각 병원의 치료 병실의 운영에 혼란이 없도록 하여야 할 것이다. 그리고 환자보다 턱없이 부족한 동위원소 치료병실을 효율적으로 대처하여 환자들에게 불편함 없이 적절한 시기에  $^{131}\text{I}$  치료의 혜택을 받도록 하여야 하며, 치료병실 신설에 따른 여러 가지 제도 조정과 각종 규제 완화를 하여 치료병실 신설에 도움이 필요하다.

예로  $^{131}\text{I}$  치료병실에 관한 시설규제 ‘배수 중의 배출관리 기준’에 의하면  $^{131}\text{I}$  갑상선의 치료환자의 배설물은 배출허용 농도로  $30,000 \text{ Bq/m}^3$  ( $8.1 \sim 10^7 \mu\text{Ci/mL}$ ,  $30 \text{ Bq/L}$ ) 이하 시 배출하도록 되어 있다.<sup>9,10)</sup> 이 고시 또한 실제 정화조에서 시료를 채취하여 측정하기가 어려울 뿐 아니라, 지속적인 모니터링 또한 힘든 일이다. 그러나 ICRP 94권고에는  $^{131}\text{I}$  치료 후 환자의 소변을 저장해도 이득이 거의 없기 때문에 소변을 저장할 것을 요구하지 않는다. 이는 의학적인 사용으로 매우 낮은 방사능이 환경에서 검출되기 때문에 짧은 물리적 반감기로 인해 소변을 따로 저장하지 않고, 하수설비로 직접 방출해도 대중이나 하수계통 근로자 선량이 일반인 선량 한도보다 훨씬 낮으며 방출된 방사성 핵종과 환경영향이 관련된 바 없

다고 되어 있다.<sup>8)</sup> 이를 토대로 치료병실 정화조 설치의 규제 완화를 기대해 본다.

그리고  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)을 이용한 치료 시 여러 병원의 입원 기준을 설문조사한 결과 1박 2일 또는 2박 3일, 3박 4일 기준으로 다양하였지만, 대부분의 병원인 85%가 2박 3일 기준으로 시행하고 있었으며 일부 병원만 1박 2일을 시행하고 있었다. 지금까지 여러 연구 자료들을 통해 고용량 치료 시 1박 2일 만으로도 퇴원 가능하다고 하였지만, 환자들의 입원기간 동안 치료병실에서 시간대별로 환자들의 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )을 직접 측정하여 발표된 연구 자료들은 찾아볼 수 없었다. 이번 본원의 실험을 통해 시간에 따른 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ )과 체내 잔류용량(mCi) 배설률(%)을 파악하여 치료병실의 운영과 시간에 따른 예상 선량률 등, 치료환자의 퇴원 기준을 설정하는데 참고가 될 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 대부분의 자료는 G.M Survey meter의 아날로그 측정기를 이용한 실험들로 측정기의 눈금 읽는 기준이 측정자마다 차이가 있을 수 있고, 정밀한 측정의 기계적 한계가 있어 디지털 Survey meter를 이용한 측정을 통해서 측정기와 측정자의 오차범위를 좀 더 줄일 수 있을 것이라 생각되었다. 또한, 기존  $^{131}\text{I}$  치료환자에 관련된 실험 자료들을 찾아본 결과,  $^{131}\text{I}$  투여 시 환자의 신장 기능, 소화 기능, 갑상선의 유무, 갑상선암 전이(meta), 요오드식이 요법 등의 여러 요소에 따라 체내에 흡수되고 배설되는 시간적인 차이가 있을 수 있었다. 그래서 다른 여러 실험과 비교하였을 때 Kim 등의 고용량  $^{131}\text{I}$ 을 투여 후 3일째 Whole body Scan과 Survey meter를 사용하여 총 방사능 Count와 선량률을 측정된 결과  $0.5 \text{ mR/h}$ 를 실험하였다.<sup>9)</sup> 본원의 실험 3700 MBq (100 mCi)를 투여 후 40시간째 측정된 결과  $10.4 \mu\text{Sv/hr}$  ( $1.04 \text{ mR/h}$ )로 수치 차이가 있음을 보였고, Park 등은  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi) 투여 시 체내 잔류량이 1110 MBq (30 mCi)가 되기까지  $26.7 \pm 7.5$ 시간이라 하였으며,<sup>6)</sup> Driedger 등은 신장 기능에 이상이 없는 환자들을 대상으로  $^{131}\text{I}$ 을 투여 후 유효반감기를 5.5~8.5시간이라 하였다.<sup>11)</sup> 이번 실험과 비교해서는 8시간째 약 54%가 감소하였다.

Furhang 등의 실험에서는 투여한  $^{131}\text{I}$ 은 소장에서 90% 이상이 혈중으로 흡수되어 대부분 소변으로 배설되고, 소량은 위액이나 타액으로 배출되어 대변으로 나오며, 침, 땀샘, 일부 날숨으로도 배출된다고 하였다.<sup>12)</sup> 또 Ibis는  $^{131}\text{I}$  11GBq을 투여 한 환자의 경우, 24시간 경과 시 침의 방사능은 대략  $4 \text{ MBq/mL}$ 이며, 치료 후 초기 이틀 동안 내신  $^{131}\text{I}$  방사능과 평균 공기농도는 20~190 Bq/l의 분포를 한다고 하였으며,<sup>13)</sup>

Schmaecker 등은 내신  $^{131}\text{I}$ 의 양은 투여된 방사능의 0.008~0.03% 범위에 분포함을 보였다.<sup>14)</sup> 이번 실험에서는 초기 4시간까지 원인 모를 선량률 감소가 있었지만, 대변, 침, 땀, 날숨으로 배출되는지는 알 수 없었다.

Driver와 Parker는  $^{131}\text{I}$  치료를 받는 환자로부터 하수관을 통해 배출되는 방사능 측정에서 투여된 방사능이 대략 55%가 치료기간 초기 24시간 이내에, 그다음 24시간에 22%, 다음 24시간에는 6%가 배출되며, 85%가 초기 5일간 하수설비를 통하여 배출되는 실험을 하였다.<sup>15)</sup> 이번 실험에서는 24시간째에 87%가 배설되었고, 다음 40시간에 95%가 배설되어 환자 몸에서 직접 측정하는 것과 수치 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있다.

Barrington과 Hilditch등은 투여된  $^{131}\text{I}$  방사능의 유효 잔류 곡선에서  $^{131}\text{I}$ 을 투여한 갑상선암 환자는 1일째 약 60%, Thyrotoxicosis 환자는 투여 후 1일째 40%가 배설하였으며, 체내에 잔류하는 방사능은 방사성의약품, 갑상선 유무, 수분 섭취 및 신장 기능 등을 포함하는 여러 인자의 함수 관계가 있다고 하였다.<sup>16,17)</sup> Culver 등은 고용량 치료 후 2~4일 뒤 측정된 결과 1m에선 모든 환자가 2 mR/h 이하임을 실험하였고,<sup>18)</sup> Kang 등은  $^{131}\text{I}$  150 mCi를 투여 받은 환자 중 대소변에 배설에 지장이 없고 퇴원 후 주변 사람과 격리될 수 있는 경우의 환자는 12시간 후부터 주변 사람과 1 m 거리에 있을 확률이 0.25%라면 주변 사람의 피폭선량이 1 mSv 이하이며, 투여한  $^{131}\text{I}$ 은 5%만이 잔류 갑상선에 집적된다고 하였다.<sup>19)</sup>

Wellner 등은  $^{131}\text{I}$ 을 투여 후 만일 환자가 3일 동안 입원한다면 친지 중 0.1 mSv를 초과한 피폭선량을 받는 사람은 아무도 없을 것으로 결론지었지만, 환자가 통원치료를 받을 때 가족에게 예상되는 유효선량은 6.5 mSv에 이르러 1 mSv인 일반인 선량한도를 초과할 것이라고 하였다.<sup>20)</sup> Panzegräu의 연구에서는 환자상태와 주변 환경을 고려한 환자들을 선택하여 주변 사람들에게 방사선에 노출되지 않도록 안전지침을 충분히 준수시킨 후 고용량  $^{131}\text{I}$ 을 가정에서 치료하였을 때 입원치료보다 가격이 훨씬 저렴하여 비용효과와 환자 만족도가 높았고, 가정에서의 방사성 오염도 기준치 이하라는 것을 실험하였다.<sup>21)</sup>

Park 등의 연구에서는 정화조의 용량과 허용 배수액의 방사성 농도를 고려해서 치료병실의 변기와 세면기를 항공기의 수압을 이용한 화장실로 바꿈으로 일일 물 사용과 오폐수를 줄일 수 있으므로 치료환자의 증가에 효율적인 정화조 운영을 할 수 있음을 보였다.<sup>22)</sup> 동위원소 협회에서는 허용 방사성 배출농도 규제를 현재 국내의 기준량보다 증가시킴으로 더

많은 환자의 입원 가능성을 제시하였고, 또 치료 병실을 2인실 사용을 제안하기도 하였다.<sup>23)</sup> 이러한 여러 가지 연구에서 처럼 갑상선환자 증가에 따른 병실부족의 해결방안으로 치료 환자의 대기기간을 해소하기 위해 고비용 투자와 각종 규제와 까다로운 시설검사, 투자대비 수익성 미비에 따른 치료병실 신축보다는 환자들을 조기퇴원, 또는 규제 완화(허용 배수, 배출농도)의 방법들을 지속적으로 연구하고 제시하고 있다. 앞으로는 핵의학 협회 등 여러 단체에서 규제기관에서 현실에 맞는 해결 방안과 제도적 조정이 되도록 요구해야 할 것이다.

끝으로 치료환자들의 측정을 위해 환자의 선량을 시간대별 주기적인 방법으로 측정하기 어려웠으며, 측정을 위해서 치료실 안에 자주 출입해야 하는 불편함과 측정자의 피폭이 있었다. 이는 Park 등의 실험에서 치료병실 내부에 비디오 카메라와 Probe를 고정설치하고 선량계는 병실 외부에 두어 격리치료실에 입원 중인 환자의 선량을 지속적으로 외부에 설치된 모니터링을 하여<sup>6)</sup> 측정자의 피폭을 고려한 실험이 측정자의 피폭도 줄일 수 있을 것이며, 환자의 조기 퇴원에도 도움이 될 것으로 생각된다.

## 요 약

**목적 :** 현재 원자력법에 환자의 입원치료, 외래치료의 기준 용량(mCi)과 선량률( $\mu$  Sv/h)이 명확히 고시되어 있지 않아, (IAEA, BSS)기준에 따라 환자를 퇴원시킨다. 그래서  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)를 투여하는 갑상선암 치료환자에게 입원기간 동안 선량률( $\mu$  Sv/h)을 측정하여 선량률( $\mu$  Sv/h)과 잔류량(mCi), 배설률(%)에 따라  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)가 70%가 감소하여 1110 MBq (30 mCi)가 되는 시간을 확인하여 치료환자들의 퇴원기준 설정에 참고 자료가 되고자 한다.

**실험재료 및 방법 :** 갑상선제거수술을 받고  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)을 투여하는 환자 중 신장 기능에 이상이 없는 42명을 대상으로 하였다. 측정기는 Thermo사의 FH40G-L을 사용하여  $^{131}\text{I}$  Capsule을 개봉하고서  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)을 투여 후 즉시부터, 거리와 높이 1m에서 1, 2, 4, 8, 20, 24, 40시간째 소변 전/후 20초간 평균 측정하였다.

**결과 및 결론 :** (IAEA, BSS) 기준에 따라  $^{131}\text{I}$  3700 MBq (100 mCi)를 투여한 후 20시간째  $49 \pm 13 \mu$  Sv/h로 100%에서 78%가 배설하여 체내에 814 MBq (30 mCi)가 잔류하여 퇴원 가능한 체내 잔류량 1110 MBq (30 mCi) (1 m에서  $66 \mu$  Sv/h) 이하를 만족하였다.

## REFERENCES

1. Michael K. O'Connor, Ph.D. The Mayo Clinic Manual of Nuclear Medicine. p.537-540
2. Yong Seon So, M.D. Measurements of Actual Effective Half-Life in  $^{131}\text{I}$  Therapy for Graves' Hyperthyroidism.
3. The International Atomic Energy Agency (IAEA, 2002a) recommended actual values for dose constraints and dose limits for comforters and visitors of patients in the Basic Safety Standards (para II-9).
4. U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide 8.39: Release of Patients Administered Radioactive Materials. Washington, DC: *Office of Nuclear Regulatory Research* 1997;14-19.
5. 고창순 편저, 핵의학, 고려의학, p.783.
6. Seok Gun Park, M.D. Effectivity Half-life of I-131 in patients with Differentiated thyroid Cancer Treated by Radioactive I-131. *Nuclear medicine and Molecular Imaging* 2008;6:464-467.
7. 교육과학기술부 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 제 45조, 제 46조. 교육과학기술부 고시 제2005-35호 의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준 제 12조, 제 13조.
8. Annals of the ICRP Publication 94.
9. 김희중등 I-131 고선량 치료 후 전신스캔을 이용한 체내 잔류선량의 측정 *Nuclear medicine and Molecular Imaging*, 1995; 29:438-439.
10. 교육과학기술부고시. "방사선방호 등에 관한 기준." 제 6조. 규정의 배출관리기준 방사성옥소(I-131)의 연간섭취한도 유도공기 농도 및 배출관리기준.
11. Driedger A.A, QUIRK S, MCDONALD T. J, LEDGER S, GRAY D, WALL W. YOO J. A pragmatic protocol for I-131 rhTSH-stimulated ablation therapy in patients with renal failure *clin nucl med* 2006;31:454-457.
12. Furhang EE, Laeson SM, Buranapong P, Humm JL. Thyroid cancer dosimetry using clearance fitting. *J Nuclear Medicine* 2005; 33:28-30.
13. Ibis, E, Wilson, C.R, Collier, B.D, et al. (1992) Iodine-131 contamination from thyroid cancer patients. *J. Nucl. Med* 33: 2110-2115. Annals of the ICRP.
14. Schomaecker, K, Fischer, T, Gaidouk, M, et al. (2000) Exhalation of iodine-131 after radioiodine therapy: time dependence and chemical form. *J. Nucl. Med* 41 (Suppl.), 2000; p251. Annals of the ICRP.
15. Driver, I, Packer, S. Radioactive waste discharge quantities for patients undergoing radioactive iodine therapy for thyroid carcinoma. *Nucl. Med. Commun* 2001;22:1129-1132. Annals of the ICRP.
16. Barrington, S.F, Kettle, A.G, Thompson, W.H, et al. RCP guidelines on radiation protection following radioiodine therapy for hyperthyroidism: are they appropriate?. *Nucl. Med. Commun.* 1996;17:275. Annals of the ICRP.
17. Hilditch, T.E, Connell, J.M.C, Davies, D.L, et al. Radiological protection guidance for radioactive patients. new data for therapeutic  $^{131}\text{I}$ . *Nucl. Med. Commun* 1991;12:485-495. Annals of the ICRP.
18. Cheryl M. Culver and Howard J. Dworkin Nuclear Medicine Department, William Beaumont Hospital, Royal Oak, Michigan Radiation Safety Considerations for Post-Iodine  $^{131}\text{I}$  Thyroid Cancer Therapy. *J Nucl Med* 1992;33:1402-1405.
19. 강건욱 등. 방사성옥소 (I-131)갑상선 치료 환자에서 새로운 격리 기준. *Nuclear medicine and Molecular Imaging* 1999;33: 59-61.
20. Wellner, U, Eschner, W, Hillger, W, et al. The exposure of relatives to patients of a nuclear medicine ward after radioiodine therapy by inhalation of  $^{131}\text{I}$  in their home. *Nuklearmedizin* 1998;37:113-119, Annals of the ICRP.
21. Beata Panzegrau, MD, Leonie Gordon, MD and Glen H. Goudy. Outpatient Therapeutic  $^{131}\text{I}$  for Thyroid Cancer. *J Nuclear Medicine Techno* 2005;33:28-30. Annals of the ICRP.
22. Min Jae Park, M.S. Nuclear medicine and Molecular Imaging Optimization of Inpatient Management of Radioiodine Treatment in Korea. 2008;4:261-266.
23. 한국동위원소협회, 방사성옥소 치료병실 현황과 제도 조정 제안 2008.