

Original Article

방사성요오드 치료 시 완하제 투여 효과

양산부산대학교병원 핵의학과

길상형 · 이효영 · 박광열 · 조경남 · 백승주 · 황교민 · 조성묵 · 최재혁

The Effect of ¹³¹I Therapy by Taking in Laxatives

Sang-Hyeong Kil, Hyo-Yeong LEE, Kwang-Yeol Park, Kyung-Nam Jo, Seung-Jo Baek, Kyo-Min Hwang, Seong-Mook Cho and Jae-Hyeok Choi

Department of Nuclear Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Gyeongnam, Korea

Purpose: Our goals were to evaluate the effect of high dose radioiodine treatment for thyroid cancer by taking in laxatives. **Materials and Methods:** Twenty patients(M:F=13:7, age 46.3±8.1 yrs) who underwent high dose radioiodine treatment were separated into Group 1 taking ¹³¹I 5,500 MBq and Group 2 with the use of laxatives after taking ¹³¹I 5,500 MBq. The whole body was scanned 16 hours and 40 hours after taking radioactive iodines by using gamma camera, the ROIs were drawn on the gastro-intestinal tract and thigh for calculation of reduction ratio. At particular time during hospitalization, the radioactivity remaining in the body was measured in 1 meter from patient by using survey meter (RadEye-G10, Thermo Fisher Scientific, USA). Schematic presentation of an Origin 8.5.1 software was used for spatial dose rate. Statistical comparison between groups were done using independent samples t-test. P value less than 0.05 was regarded as statistically significant. **Results:** The reduction ratio in gastro-intestinal 16 hours and 40 hours after taking laxatives is 42.1±6.3% in Group 1 and 72.1±6.4% in Group 2. The spatial dose rate measured when discharging from hospital was 23.8±6.7 μSv/h in Group 1 and 8.2±2.4 μSv/h in Group 2. The radioactivity remaining in the body is much decreased at the patient with laxatives(P<0.05). **Conclusion:** The use in combination with laxatives is helpful for decreasing radioactivity remaining in the body. The radioactive contamination could be decreased at marginal individuals from patients. (Korean J Nucl Med Technol 2014;18(1):3-9)

Key Words : Radioactive iodine therapy, Laxatives, Spatial dose rate

서 론

갑상선암은 가장 흔한 내분비 악성종양으로, 2010년 암 등록 통계자료 주요 암종 암발생 현황에 따르면 전체 암 발생자는 202,053명이었으며 갑상선암은 36,021명이었다. 전체 암 발생자 중 갑상선암은 17.8%로 가장 많이 발생하였다. 1999년부터 2010년까지 남녀 전체 갑상선암 발생률 추이를 살펴보면 연간 24.5% 증가 추세를 보이고 있으며, 남자의 경우 연간 25.5%, 여자의 경우 연간 24.5% 급격한 증

가 추세에 있다(Figs. 1, 2).

전체 갑상선암의 약 85-95% 이상이 분화 갑상선암이라고 알려져 있다.^{1,2)} 일차적 치료는 갑상선전절제술(total thyroidectomy) 또는 근전절제술(near-total thyroidectomy)이며 임상적으로 발견되지 않고 남아있는 미세한 조직 및 전이 병소는 방사성요오드(Radioactive iodine, ¹³¹I) 잔여갑상선제거술이 매우 효과적인 치료 방법이다.^{3,4)} ¹³¹I 치료는 1941년 Massachusetts General Hospital에서 처음 임상에도 입된 이래 그 유효성, 안전성, 경제성 등을 인정받아 현재까지 널리 쓰이고 있다.⁵⁾

요오드는 갑상선호르몬의 전구물질이며, 경구 투여한 ¹³¹I는 갑상선의 NIS (sodium iodide symporter)에 의존되어 위 및 상부 장관에서 무기 요오드 화합물로 분해되고 능동적으로 소장에서 90% 이상 흡수되어 혈중으로 들어와 단 시간에 기능갑상선조직에 포착되어 유기화된다. 혈액내의

• Received: March 28, 2014. Accepted: April 21, 2014.
• Corresponding author : Sang-Hyeong Kil
Department of Nuclear Medicine, Pusan National University
Yangsan Hospital, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 626-770,
Korea
Tel: +82-55-360-1904, Fax: +82-55-360-1915
E-mail: rlf1007@hanmail.net

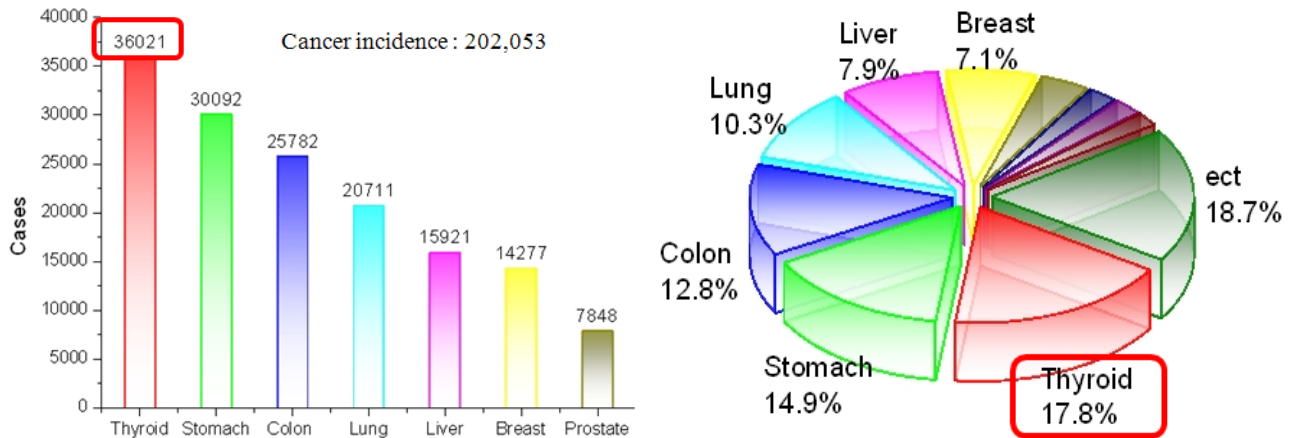


Fig. 1. It is annual report of cancer statistics in Korea in 2010. (A) Cancer incidence of major site, both sexes. (B) Cancer incidence rates of major site, both sexes.

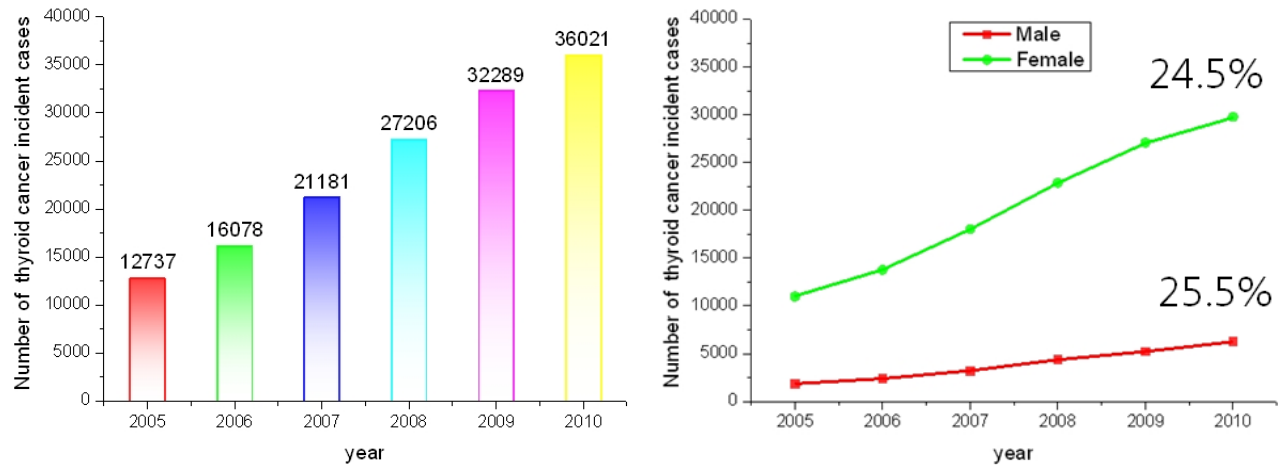


Fig. 2. It is annual report of cancer statistics in Korea in 2010. (A) 1999-2010 Trends in thyroid cancer incidence, both sexes. (B) 1999-2010 Trends in thyroid cancer incidence rates each sex.

요오드는 80% 정도 신장을 통하여 뇨중으로 배설되며 일부는 위액이나 타액으로 배출되어 대변으로 나가기도 한다 (Fig. 3A).⁶⁻¹⁰ 생리적인 ¹³¹I의 섭취는 침샘, 코의 점막, 비인두, 흉선, 식도, 위, 장 및 비뇨생식기 등의 장기에서 방사능 섭취가 보일 수 있다.¹¹⁻¹³ ¹³¹I 전신영상검사(¹³¹I Whole body scan, WB)에서 생리적인 섭취들과 타액과 소변에 의한 오염은 병적 섭취로 오인될 수 있다.¹⁴ 그러나 갑상선 조직으로 보이는 ¹³¹I 집적이 항상 갑상선 전이 암을 뜻하지는 않으며 여러 가지 비-갑상선 신생물과 신체 배뇨에 의한 오염 등에 의한 것이라는 사례가 많이 보고되고 있다(Fig. 3B).^{10,15,16}

¹³¹I 치료는 외래에서 1,110 MBq 이하를 복용하는 저용량 치료와 치료병실에 입원하여 1,110 MBq 이상을 복용하는 고용량치료로 구분된다. 저용량치료의 장점은 입원하지 않고 외래에서 간편하게 치료 할 수 있으며 골수, 생식선 등

정상조직에 방사선 피폭선량을 줄일 수 있으나 미세한 갑상선 조직 및 전이 병소의 완전 제거 성공률은 떨어져 재발률이 높다고 알려져 있다.^{17,18} 따라서 암의 재발을 감소와 생존기간 증가를 위해 고용량치료가 주로 시행되고 있다. 본 연구는 고용량 방사성요오드(¹³¹I) 치료 시 완하제(Laxatives) 투여가 체내에 불필요한 방사능을 줄이는데 유용한지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2013년 7월부터 10월까지 ¹³¹I 5,550 MBq을 복용한 입원 환자 20명(남:여=6:14, 나이 46.3±8.1세)을 대상으로 완하제

(laxatives) 투여 유무에 따라 두 그룹으로 나누었다. 그룹 1은 ^{131}I 5,550 MBq을 복용한 그룹이고, 그룹 2는 ^{131}I 5,550 MBq을 복용한 후 16시간 뒤에 완하제(laxatives)를 투여한 그룹이다.

2. ^{131}I 전신영상검사

방사성요오드(^{131}I)를 복용한 입원환자를 16시간, 40시간 후에 고에너지 평행다공 조준기를 장착한 감마카메라(Symbia E, Siemens, USA)를 이용하여, 분당 14 cm의 속도로 전신 스캔하였다(Fig. 4). Fig. 5와 같이 위장관부(Gastro-intestinal tract, GI)와 대퇴부(Thigh)에 각각 동일한 크기의 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하여 계수(count)하였으며 (Fig. 5), 위·장관의 계수감소율(reduction ratio)은 아래의 식으로 구하였다.

$$\text{Reduction ratio (\%)} = \frac{(GI_{16h} - \text{Thigh}_{16h}) - (GI_{40h} - \text{Thigh}_{40h})}{(GI_{16h} - \text{Thigh}_{16h})} \times 100$$

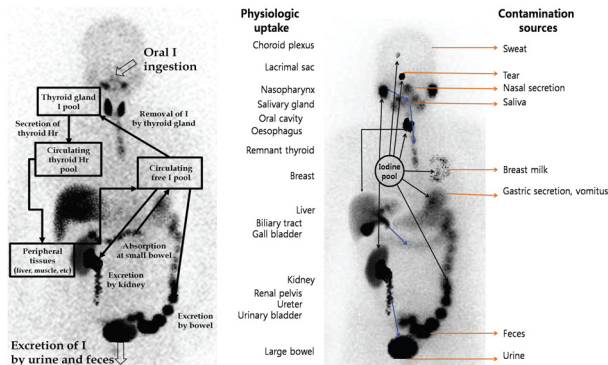


Fig. 3. (A) It is simplified diagram of the metabolic circuit of iodine. (B) It is schematic presentation of the locations of physiologic uptake and possible sources of contamination of radioiodine whole-body scan.

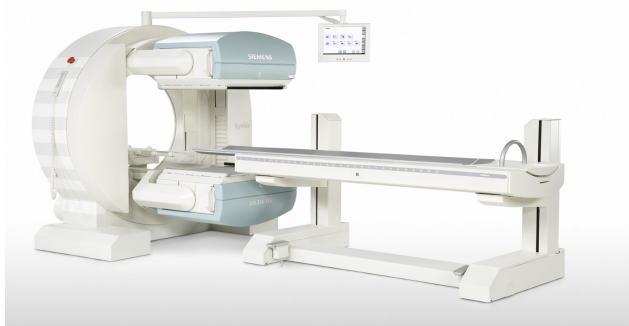


Fig. 4. (A) The experiments were performed by using gamma camera (Symbia E, Siemens, USA). (B) The whole body was scanned in 16 hours and 40 hours after taking radioactive iodines.

3. 공간선량률 측정

방사성요오드(^{131}I)를 복용한 환자를 시간경과에 따라 중저준위 방사선을 검출할 수 있는 측정기기(RadEye-G10, Thermo Fisher Scientific, USA)를 이용하여 공간선량률(spatial dose rate)을 측정하였다(Fig. 6). 치료병실 바닥에 환자의 발자국을 표시하고 거기서부터 1 m 거리에 측정자의 위치를 표시하였으며, 항상 같은 자리에서 측정하도록 하였다. 그리고 환자의 상복부와 측정기 높이를 같게 맞추고 환자의 몸과 직각(90°)을 이루도록 위치를 잡아 60초 동안 측정된 값을 기록하였다.

4. 자료 분석

방사성요오드(^{131}I)를 복용한 환자를 대상으로 16시간, 40시간 후 ^{131}I 전신영상검사를 실시하여 위장관에 남아 있는 방사능의 차이를 관심영역(ROI)을 설정하여 비교 분석하

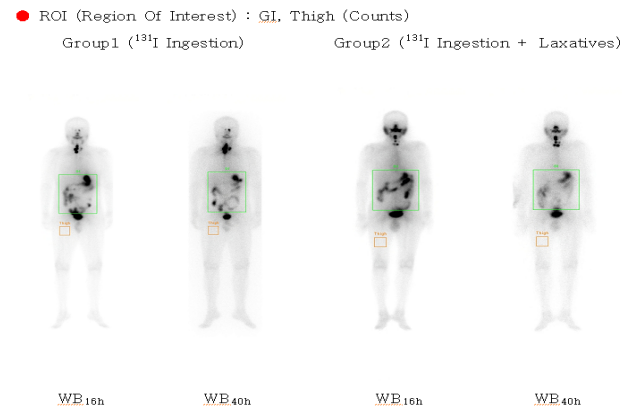
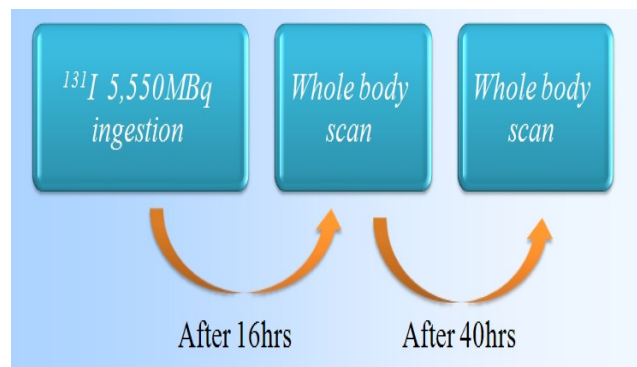


Fig. 5. The ROIs were drawn on the gastro-intestinal tract and thigh for calculation of reduction ratio.



였다. 일정 시간 간격으로 공간선량률(spatial dose rate)을 측정하고, Origin 8.5.1 software를 이용하여 그래프로 나타내었다. 완하제(laxatives) 투여에 따른 두 그룹 간 차이는 SPSS (Statistical Package for the Social Science) program 18.0을 이용하여 독립표본 T검정(Independent samples *t*-test)을 하였으며 *P*값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

방사성요오드(¹³¹I) 복용 후 16시간 ¹³¹I 전신영상검사에서 위장관 계수(count)치는 그룹 1은 2,825±337, 그룹 2는 2,792±198였으며 두 그룹 간 차이는 유의하지 않았다 (*P*>0.05). 그러나 방사성요오드(¹³¹I) 복용 후 40시간 ¹³¹I 전신영상검사에서 그룹 1의 위·장관 계수(count)치는 1,623±179, 그룹 2의 위장관 계수(count)치는 778±188 였으며 두 그룹 간 차이가 있었다(*P*<0.05) (Table 1). 방사성요오드(¹³¹I) 복용 후 16시간, 40시간 비교 시 위장관내 계수 감소율(reduction ratio)은 그룹 1은 42.1±6.3%, 그룹 2는 71.2± 7.7% 였다(Fig. 7).

방사성요오드(¹³¹I)를 복용한 후 일정 시간 간격으로 공간 선량률(spatial dose rate)을 측정하여 비교 분석한 결과 완하제(Laxatives)를 투여하기 전에는 두 그룹 간 유의한 차이가 없었으며(*P*>0.05), 완하제(laxatives) 투여 4시간 후부터

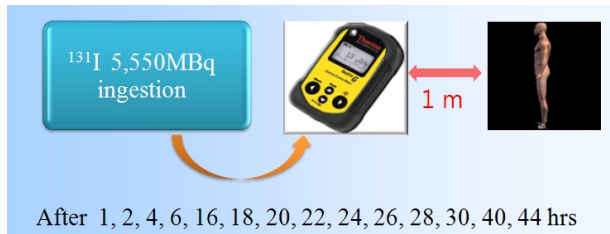


Fig. 6. At particular time during hospitalization, the spatial dose rate was measured in 1 meter from patient by using survey meter (RadEye-G10, Thermo Fisher Scientific, USA).

두 그룹 간 유의한 차이가 있었다(*P*<0.05) (Table 2). 퇴원 시 측정된 공간선량률(spatial dose rate)은 그룹 1은 23.8±6.7 μSv/h, 그룹 2는 8.2±2.4 μSv/h로 완하제(laxatives)를 병용 투여한 환자에서 체내에 남아있는 방사능이 많이 줄어들었다(Fig. 8).

고찰 및 결론

방사성요오드(¹³¹I)가 체내에 유입되면 전신 흡수와 배설이 빠르게 이루어진다. 섭취 초기 전신에 분포하고 있던 방사성요오드(¹³¹I)는 대부분 혈액을 따라 순환하다가 요(urine)를 통해 배설되나 일부는 감상선으로 재축적된 후 신체로부터 다시 제거가 일어나는 특성이 있다. 이처럼 방사성요오드(¹³¹I)는 신체대사가 복잡하고 빠르게 일어나는 특성 때문에 내부 방사능 측정과 선량평가가 복잡한 핵종으로 인식되고 있다. 국제 방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)와 미국 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission U.S., USNRC) 선량평가 지침에서는 방사성요오드(¹³¹I) 섭취 후 일정한 시간 경과 후 내부 방사능을 측정하고 이를 근거로 선량평가를 하도록 규정하고 있다.^{19,20)}

진료 및 치료 목적으로 방사성동위원소를 인체에 사용하

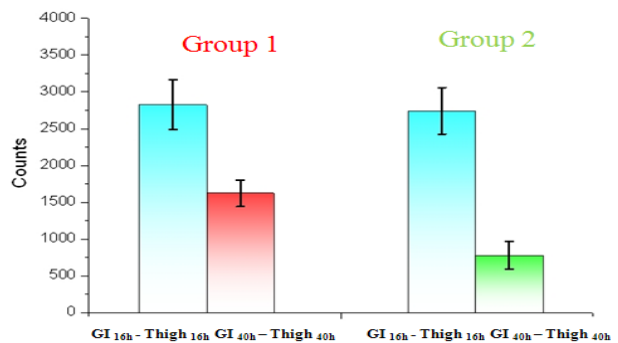


Fig. 7. The whole body was scanned in 16 hours and 40 hours after taking radioactive iodines by using gamma camera, the ROI counts of gastro-intestinal tract and thigh were compared.

Table 1. Comparison of 16 hours and 40 hours gastro-intestinal counts reduction ratio between ¹³¹I ingestion group and ¹³¹I with laxatives ingestion group

	Group 1	Group 2	<i>P</i> -value
GI _{16h} -Thigh _{16h} ROI (counts)	2,825±337	2,792±198	0.797
GI _{40h} -Thigh _{40h} ROI (counts)	1,623±179	778±188	0.001
Reduction ratio(%)	42.1±6.3	72.1±6.4	0.001

Group 1: ¹³¹I 5,550 MBq ingestion. Group 2: ¹³¹I 5,550 MBq with laxatives ingestion. Data are means±SD.

Table 2. Comparison of spatial dose rate between ¹³¹I ingestion group and ¹³¹I with laxatives ingestion group

Measurement time	Group 1	Group 2	P-value
1h	183.7±9.1	184±7.5	0.937
2h	166.4±6.3	164.3±9.5	0.567
4h	149.5±12.9	149.6±7.1	0.983
6h	133.4±8.1	127.6±5.5	0.078
16h	88.7±11.1	85.7±7.5	0.489
18h	70.7±9.4	71.6±8.9	0.828
20h	64.1±7.9	54.1±7.1	0.008
22h	56.4±9.6	44.4±5.9	0.003
24h	49.5±6.3	36.6±6.3	0.001
26h	43.4±5.9	31.4±7.1	0.001
28h	38±3.1	22.6±3.9	0.001
30h	30.7±2.4	17.3±1.8	0.001
40h	26±4	10.7±2.2	0.001
44h	23.8±6.7	8.2±2.4	0.001

Group 1: ¹³¹I 5,550 MBq ingestion. Group 2: ¹³¹I 5,550 MBq with laxatives ingestion. Data are means±SD.

는 의료기관은 환자 체내에 잔류하는 방사성동위원소 등으로 인해 다른 개인의 유효선량이 5 mSv를 초과할 가능성이 있는 경우에는 환자를 격리시키도록 규정하고 있다.²¹⁾ 이는 법적 허용선량을 초과한 환자가 퇴원을 하게 되면 환자뿐만 아니라 환자 가족 및 환자 주변의 일반인 까지도 불필요한 방사선 피폭을 받게 되기 때문이다. 따라서 고용량 ¹³¹I 치료 환자는 통상적으로 2박 3일 입원 기간이 지난 후 퇴원할 수 있다. 고용량 ¹³¹I 치료를 하기 위해서는 차폐시설, 환기시설, 배수시설 등 법적인 요건을 갖춘 치료병실이 필요하다. 이러한 전문시설은 초기 투자비용과 운영비가 많이 소요되지만 현재의 의료수가는 상대적으로 낮게 책정되어 있어 의료기관에서는 이에 대한 투자가 쉽지 않은 실정이다. 그 결과 국내에서는 갑상선암 환자들이 고용량 ¹³¹I 치료를 받기 위해 오랜 시간을 기다리고 있으며 최장 1년이나 기다려야 하는 경우도 발생하고 있다.²²⁾ 따라서 ¹³¹I 치료 환자의 체내에 잔류하는 방사능에 대한 선량평가, 퇴원 후 가족 및 일반인의 피폭선량평가, 치료 환자 등의 피폭선량 저감에 관한 연구가 필요하다.

¹³¹I 치료 환자의 선량평가에 대한 국내외 연구 현황을 살펴보면 2005년 Pant 등²³⁾은 갑상선암 환자들의 가족 구성원들을 대상으로 열형광선량계(Thermo Luminescence Dosimeter, TLD)로 유효선량을 평가하였으며, 2007년 Park 등²⁴⁾은 가족과 환자가 생활하는 방 주변의 방사선량을 TLD를 이용하여 72시간 동안 측정함바 있다. 2009년 Carvalho 등²⁵⁾

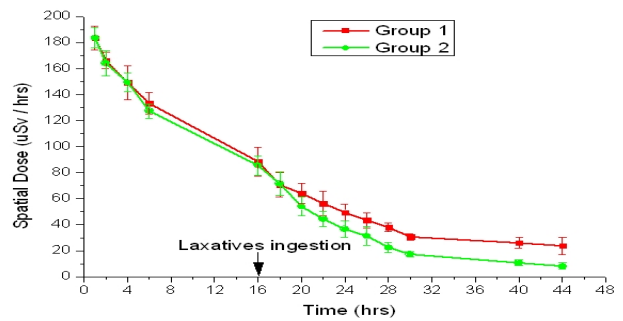


Fig. 8. The radioactivity remaining in the body was measured. Schematic presentation of an Origin 8.5.1 graphing software was used for spatial dose rate.

은 가족구성원들의 유효선량을 TLD로 측정하였고 2010년 Jeong 등²⁶⁾은 환자 가족이나 간병인, 가옥에 대한 외부피폭 방사선량을 광자극형광선량계(Optically Stimulated Luminescence dosimeter, OSL)를 이용하여 측정하였다. 이들 연구에서는 유효선량이 5 mSv를 이하로 일반인에 대한 선량 한도를 초과하지 않는 것으로 평가 되었으나, 선량평가에 대한 이견과 생활적인 요소들의 상이성을 고려할 때, 고용량 ¹³¹I 치료 환자의 격리 퇴원기준으로 퇴원 후 주변인들에게 미치는 유효선량을 측정하기보다는 환자를 직접 측정하는 것이 더 합리적이다. 2007년 Lee²⁷⁾는 고용량 방사성요오드 치료환자의 퇴원 시 방사선량률을 낮추기 위해 입원 중 수분섭취와 수액세트를 병행하는 방법을 제시하였으나 심장 기능 이상이 의심되는 환자나 신장기능 이상 환자는 수액 공급이 제한적이 있었다.

본 연구에서는 방사성요오드(¹³¹I)를 복용한 환자를 대상으로 16시간, 40시간 후 ¹³¹I 전신영상검사를 실시하여 비교 분석한 결과 완하제(laxatives) 병용 투여는 위장관에 남아 있는 방사성요오드(¹³¹I)의 배출을 원활히 하여 환자의 체내 방사능량을 크게 낮출 수 있었으며 일정 시간 간격으로 공간선량률(spatial dose rate)을 측정하여 비교 분석한 결과 퇴원 시 방사선량률을 효과적으로 낮출 수 있었다. 따라서 퇴원 후 가족 또는 환자 주변의 일반인에 대한 불필요한 방사선 피폭을 줄일 수 있을 것이다. 또한 방사성요오드(¹³¹I)의 생물학적 반감기를 단축시킬 수 있어 환자의 체내에 방사능량이 법적 선량 이하가 되는 시간이 단축되어 효율적인 병실 운영과 관리가 가능하리라 기대된다.

요 약

본 연구의 목적은 고용량 방사성요오드(¹³¹I) 치료 시 완하제(laxatives) 투여가 체내에 불필요한 방사능을 줄이는데

유용한지 알아보고자 하였다. 입원환자 20명(남:여=6:14, 나이 46.3±8.1세)을 대상으로 ¹³¹I 5,550 MBq을 복용 한 그룹(Group 1)과 ¹³¹I 5,550 MBq을 복용한 후 16시간 뒤에 완하제(laxatives)를 투여한 그룹(Group 2)으로 나누었다. 16시간, 40시간 후에 감마카메라(Symbia E, Siemens, USA)를 이용하여 전신스캔 하였으며, 위장관부(Gastro-intestinal tract, GI)와 대퇴부(thigh)에 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하여 위·장관의 계수 감소율(reduction ratio)를 구하였다. 일정 시간 간격으로 측정기기(RadEye-G10, Thermo Fisher Scientific, USA)를 이용하여 환자로부터 1 m 거리에서 공간선량률(Spatial dose rate)을 측정 한 후, Origin 8.5.1 software를 이용하여 그래프로 나타내었다. 완하제(laxatives) 투여에 따른 두 그룹 간 차이는 독립표본 T검정(Independent samples t-test)을 하였다. 방사성요오드(¹³¹I) 복용 후 16시간 ¹³¹I 전신영상검사서 위장관 계수(count)치는 그룹 1은 2,825±337, 그룹 2는 2,792±198였으며($P>0.05$), 40시간 ¹³¹I 전신영상검사서 그룹 1의 위·장관 계수(count)치는 1,623±179, 그룹 2의 위·장관 계수(count)치는 778±188였다($P<0.05$). 위·장관내 계수 감소율은 그룹 1은 42.1±6.3%, 그룹 2는 71.2±7.7%였다. 일정 시간 간격으로 공간선량률(spatial dose rate)을 측정하여 비교 분석한 결과 완하제(Laxatives)를 투여하기 전에는 두 그룹 간 유의한 차이가 없었으며($P>0.05$), 완하제(laxatives) 투여 4시간 후 부터 두 그룹 간 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 퇴원 시 측정 한 공간선량률(spatial dose rate)은 그룹 1은 23.8±6.7 μSv/h, 그룹 2는 8.2±2.4 μSv/h로 완하제(laxatives)를 병용 투여한 환자에서 체내에 남아있는 방사능이 많이 줄어들었다. 완하제(laxatives) 병용 투여는 위장관에 남아 있는 방사성요오드(¹³¹I)의 배출을 원활히 하여 환자의 체내 방사능량을 크게 낮출 수 있었으며 퇴원 시 방사선량률을 효과적으로 낮출 수 있었다. 따라서 퇴원 후 가족 또는 환자 주변의 일반인에 대한 불필요한 방사선 피폭을 줄 일수 있을 것이다. 또한 방사성요오드(¹³¹I)의 생물학적 반감기를 단축시킬 수 있어 환자의 체내에 방사능량이 법적 선량 이하가 되는 시간이 단축되어 효율적인 병실 운영과 관리가 가능하리라 기대 된다.

REFERENCES

1. Jemal A, Tiwari RC, Murray T, Ghafoor A, Samuels A, Ward E, et al. Cancer statistics, 2004. CA Cancer J Clin 2004;54:8-29.
2. Lee J, Yun JS, Nam KH, Chung WY, Soh EY, Park CS. Papillary Thyroid Microcarcinoma: Clinicopathologic Characteristics and Treatment Strategy. J Korean Surg Soc 2007 ;72:276-282.
3. Hong SW. Radioiodine therapy for differentiated thyroid cancer. Korean J Nucl Med 2000;34:265-275.
4. Shong YK. Treatment of differentiated thyroid cancer. Korean J Nucl Med 2002;36:77-97.
5. Becker DV, Sawin CT. Radioiodine and thyroid disease: the beginning. Semin Nucl Med 1996;26:155-164.
6. Rosenberg IN. Evaluation of thyroid function. N Engl J Med 1972;286:924-927.
7. Furhang EE, Larson SM, Buranapong P, Humm JL. Thyroid cancer dosimetry using clearance fitting. J Nucl Med. 1999; 40:131-136.
8. Chung JK. Sodium iodide symporter: its role in nuclear medicine. J Nucl Med 2002;43:1188-1200
9. Riesco-Eizaguirre G, Santisteban P. A perspective view of sodium iodide symporter research and its clinical implications. Eur J Endocrinol 2006;155:495-512.
10. Ahn BC. Physiologic and False Positive Pathologic Uptakes on Radioiodine Whole Body Scan. 12 Chapters on Nuclear Medicine. Gholamrezanezhad A. Rijeka: InTech; 2011.
11. Wu SY, Brown T, Milne N, Egbert R, Kabok A, Lyons KP, et al. Iodine 131 total body scan-extrathyroidal uptake of radioiodine. Semin Nucl Med 1986;16:82-84.
12. Kaplan MM, Meier DA, Dworkin HJ. Treatment of hyperthyroidism with radioactive iodine. Endocrinol Metab Clin North Am. 1998;27:205-223.
13. Goldsmith SJ. Thyroid carcinoma. Nuclear oncology: Diagnosis & Therapy. Khalikhali I, Maublant JC, Goldsmith SJ. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
14. Shapiro B, Rufini V, Jarwan A, Geatti O, Kearfott KJ, Fig LM, et al. Artifacts, anatomical and physiological variants, and unrelated diseases that might cause false-positive whole-body 131-I scans in patients with thyroid cancer. Semin Nucl Med 2000;30:115-132.
15. Morgan R, Cote M. Abnormal uptake of I-131 mimicking salivary gland uptake in a patient with diffuse dental disease. Clin Nucl Med 2000;25:314-315.
16. Amdur RJ, Mazzaferri EL. Essentials of Thyroid Cancer Management. New York: Springer; 2005.
17. Doi SA, Woodhouse NJ. Ablation of the thyroid remnant and I-131 dose in differentiated thyroid cancer. Clin Endocrinol (Oxf) 2000;52:765-773.
18. Maxon HR, Thomas SR, Hertzberg VS, Kereiakes JG, Chen IW, Sperling MI, et al. Relation between effective radiation dose and outcome of radioiodine therapy for thyroid cancer. N Engl J Med 1983;309:937-941.
19. ICRP Publication 94. Release of patient after therapy with unsealed radionuclides. 2004.
20. USNRC Regulatory guide 1.208. Office of nuclear regulatory research. 2007.
21. 원자력안전위원회고시 제2011-37호 “의료분야의 방사선 안전 관리에 관한 기술기준” 2011.
22. Jeong GH, Lee HK, Cho WK, Lee JK. Caregiver or Family Doses due to Discharged 131I Administrated Patient from the

- Hospital. Journal of radiological science and technology 2010;33:149-154.
23. Pant GS, Sharma SK, Bal CS, Kumar R, Rath GK. Radiation dose to family members of hyperthyroidism and thyroid cancer patients treated with ¹³¹I. Radiat Prot Dosimetry 2006;118: 22-27.
 24. Park HM, Jang JW, Yang HC, Kim YC. Outpatient Radioablation Therapy for Thyroid Cancer Patients with Minimal Radiation Exposure to the Family Members. Nucl Med Mol Imaging 2007;41:218-225.
 25. de Carvalho JW, Sapienza M, Ono C, Watanabe T, Guimarães MI, Gutterres R, et al. Could the treatment of differentiated thyroid carcinoma with 3.7 and 5.55 GBq of (¹³¹I)NaI, on an outpatient basis, be safe? Nucl Med Commun 2009 ;30:533-541.
 26. U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1566, Vol. 9, Rev. 2, Consolidated Guidance About Materials Licenses - Program-Specific Guidance About Medical Use Licenses Final Report appendix U. January 2008
 27. Lee GW. Minimized Radiation Dose of Patients Receiving High Dose Radioiodine(I-131) Therapy. Journal of radiological science and technology. 2007;30:435-442.