

방사성옥소(¹³¹I) 치료 시 유효선량과 체질량지수의 상관관계 — Correlation of Effective Dose and BMI in Radioiodine(¹³¹I) Therapy —

경희대학교 동서신의학병원 · 광주보건대학 방사선과¹⁾ · 신구대학 방사선과²⁾

신규설 · 김건재 · 동경래¹⁾ · 김현수²⁾

— 국문초록 —

목 적: 갑상선 암 환자에서 방사성옥소(¹³¹I) 치료 시 체질량지수와 초기 유효선량 값의 상관관계를 알아보고, 또한 갑상선치료 환자로부터 1m 떨어진 옆 사람에게 전달되는 유효선량 값을 측정하여 환자의 격리가 언제 까지 필요한지 알아보고자 한다.

재료 및 방법: 치료당일 오전에 금식을 하게 하여 입원실에서 신장과 체중을 측정하였다. 방사성옥소(¹³¹I) 150 mCi 를 환자에게 투여하기 전에 핵의학과에서 병에 들어있는 I-131 capsule을 방사선량 측정기[ATOMLAB DOSE CALIBRATORS(Biodex Medical Systems)]로 측정하여 기록 하여준다. 치료적 용량 150 mCi(±6 mCi)를 투여 받은 환자는 격리된 입원실에서 투여 후 바로 1m 거리에서 초기 유효선량을 G-M survey meter로 측정하고 다음날 아침에도 같은 방법으로 선량을 측정하여 법정인 허용선량이 되면 퇴원 처방을 내고 4~5시간 후에 퇴원을 한다. 자료 분석은 Med calc Version 9,2,1,0통계 프로그램 이용하여 분석하였다.

결 과: 초기 유효선량 값과 체질량지수 상관관계를 분석한 결과 Correlation coefficient 값이 음의 값으로 체질량지수가 증가할수록 초기 유효선량 값은 감소함을 알 수 있었다. 또한 P = 0.0004로 유의한 결과임을 알 수 있었다. 체질량지수에 따른 group간의 비교를 하기위해 One-way ANOVA분석한 결과 체지방지수가 증가할수록 초기 유효선량 값이 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 P = 0.007로 유의한 결과임을 알 수 있었다.

결 론: 체질량지수와 초기선량과의 관계는 밀접한 상관관계가 있었고, 53%의 환자가 NRC규정에서 권고하는 선량을 만족시켜 1박 2일 동안 입원을 하였다. 따라서 체질량지수와 초기 유효선량과의 관계를 잘 이용하게 되면 병실 회전율에 도움이 되리라 사료된다.

중심 단어: 체질량지수, 치료선량, 갑상선암, 초기 유효선량

I. 서 론

갑상선암의 치료에 사용되는 방사성옥소(¹³¹I)는 갑상선

조직에 선택적으로 흡수되고 조직 내에서 베타선 방출에 의해 파괴 효과를 가지고 있다. 또한 정상 갑상선 조직뿐만 아니라 암세포도 옥소를 섭취하는 능력을 갖고 있기 때문에 방사성옥소(¹³¹I)를 투여하면 암세포를 포함하여 갑상선 세포가 이를 섭취하게 되어 치료효과를 나타나게 된다. 방사성옥소의 베타선은 체내에서 평균 0.8~1.0 mm 내에만 영향을 미쳐 세포독성을 갑상선 조직에만 미치고 주위 장기는 대체로 안전하다라고 보고 되어 있다¹⁾. 방

* 이 논문은 2007년 10월 5일 접수되어 2008년 3월 3일 채택 됨.
교신저자: 동경래, (506-701) 광주광역시 광산구 신창동 683-3번지
광주보건대학 방사선과
TEL : 062-958-7668, FAX: 062-958-7665
E-mail : krdong@hanmail.net

사성옥소(^{131}I)를 30 mCi 이상 투여하여 치료하는 갑상선 암환자는 일반인이 받는 피폭선량을 선량한도 이내로 제한하기 위해 일정 기간 동안 입원하게 하여 격리시킨다. 그러나 갑상선 암 환자 치료에 사용되는 방사성옥소는 환자의 여러 가지 인자에 따라 방사성 옥소 흡수량과 배설량, 조직의 방사성 옥소 섭취율이 차이가 나기 때문에 같은 양을 투여하더라도 초기(치료일) 유효선량 값과 치료다음날 유효선량 값의 차이로 퇴원일이 다를 수 있다. 우리나라에서는 환자에 의한 타인의 총 유효선량이 5 mSv(0.5 rem)를 넘지 않는다면 환자에 대한 다른 규제에 합당하다는 가정 하에 환자를 퇴원시킬 수 있다^{2,3)}. 이는 정상적인 상황에서 I-131의 경우라면 1 m 거리에서 7.0 mrem/hr (0.07 mSv/hr)와 같은 선량이다. 하지만 대부분의 선량계가 mR/hr 단위로 측정하는데, 저LET 방사선의 경우는 mR/hr는 mrem/hr와 같으므로 1 m 거리에서 7.0 mR/hr 미만인 경우 퇴원시킬 수 있다. 선량계로 측정할 때는 환자가 서있는 상태에서 배꼽으로부터 1 m, 환자가 움직일 수 없을 때는 양와위로 누운 상태에서 1 m 거리에서 측정한다⁴⁾ 라고 규정 하고 있다. 다른 나라에서는 선량에 따라서 방사능 환자의 입, 퇴원 여부를 결정하는 내용으로써 방사능은 환자로부터 1 m 떨어져 있는 타인에게 조사되는 유효선량이 0.5 rem 이하이면 환자에 대한 특별한 격리가 필요하지 않다는 규정을 발표하였다⁵⁾. 특히 방사성 옥소 투여환자에 대해서는 환자의 몸속에 있는 방사능으로 인해 인근의 다른 사람이 피폭 받을 수 있는 가능성을 근거로 퇴원의 조건을 설정하기 때문 여러 가지 인자를 분석하는 것이 필요하다. 비록 병원에서는 기준에 적합하여 퇴원하였더라도 불필요하게 옆 사람에게 피폭을 줄 이유는 없으므로 가능하면 일정한 시간은 가까이 접촉하는 것은 삼가하는 것이 좋다⁶⁾. 이러한 격리근거로 150 ~200 mCi의 방사성옥소를 투여 받은 환자는 3~4일간 입원을 하게 된다.

본 연구에서는 2년 8개월 동안 방사성옥소 150 mCi를 투여한 환자에서 퇴원의 기준이 되는 초기 유효선량 값이 환자마다 변화가 심하게 측정되어 그 원인을 알아보 고자 여러 가지 인자 중에 체질량지수를 선택하여 체질량지수에 따른 선량 변화를 분석하였고, 체질량지수를 이용하여 미리 유효선량 값을 예측할 수 있는 공식을 산출하려 한다. 또한 2년 8개월 동안의 초기 유효선량 값과 퇴원 전 유효선량 값을 분석하여 입원시간이 평균적으로 몇 시간이 되는지 파악하여 조기 퇴원이 가능한지 알아보 고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

2004년 1월부터 2006년 8월까지 2년 8개월 동안 모 대학 병원에서 갑상선암으로 진단된 환자 중에서 갑상선 절제술을 받은 환자로 방사성옥소(^{131}I)의 진단적 용량(2 mCi)을 투여 받은 후 48시간 후에 진단 스캔을 실시하고, 그 다음 치료적 용량 150 mCi(± 6 mCi)를 투여 받고 1주일 후에 전신스캔을 시행 또는 예정인 환자 118명을 대상으로 하였다.

2. 연구재료

1) 방사선량측정기(Isotope dose calibrator)

ATOMLAB DOSE CALIBRATORS(Biodex Medical Systems, Inc.)

- Activity Range : 0.01 μCi to 9999 mCi
- Energy Range : 25 keV to 3 MeV photons.
- Detector Linearity : $\pm 1\%$ or 0.2 μCi
- Electrometer Accuracy : $\pm 1\%$ or 0.1 μCi

2) G-M survey meter

ROTEM/RAMDA-3(ROTEM, Beersheva, Israel)

- Measuring Range : 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ to 1 Sv/h
- Display Range : 0.01 $\mu\text{Sv/h}$ to 1 Sv/h
- Accuracy : $\pm 15\%$ of reading

3) 방사성옥소(^{131}I)

방사성옥소는 감마선과 베타선을 동시에 방출하는 동위원소로서 반감기가 8.02일이고 방사선이 가지고 있는 베타에너지는 평균 0.21 MeV, 최대 비정 2.4 mm로 주변 조직에 피해를 주지 않고 갑상선 세포만을 파괴하여 여포 세포 기능을 억제할 수 있다⁷⁾.

3. 연구방법

1) 연구대상자의 일반적 특성

조사 대상자 중 남자는 26명, 여자는 92명이었고 평균 연령은 남자 46.2 \pm 12.1세, 여자 45.1 \pm 13.5세로 여자가 더 많았다(Table 1).

Table 1. Distribution of patient information

	Male n = 26 mean±SD	Female n = 92 mean±SD
Age (year)	46.2±12.1	45.1±13.5
Height (cm)	167.5±8.4	157.7±3.3
Weight (kg)	73.2±13.5	61.0±8.2
BMI (kg/m ²)	25.37±2.8	24.24±3.1

2) BMI 측정 방법

현재 우리나라를 비롯한 아시아에서 사용하는 지침인 체질량지수 18 kg/m² 미만을 저 체중, 18~23 kg/m² 미만을 정상, 23~28.9 kg/m²를 과체중(정상 체중의 120%), 29 kg/m² 이상을 비만으로 구분하는 방법⁸⁾을 사용하였다(Table 2). 자료 수집은 핵의학과에 보존 되어있는 치료실 관리지침서에 기록된 초기 유효선량 값과 시간, 다음날 아침 유효선량 값과 시간을 파악하였고, 체중과 신장은 입원 차트를 의무 기록실의 도움으로 파악하였다.

Table 2. Body mass index

구 분	체질량지수 범주(kg/m ²)
저체중	< 18.5
정 상	18.5 ~ 22.9
과체중	23.0 ~ 28.9
비 만	≥ 29.0

3) 체지방지수에 따른 Group분류

치료적 용량 150 mCi(±6 mCi)를 투여 받은 환자는 격리된 입원실에서 투여 후 바로 1m 거리에서 초기 선량을 G-M survey meter로 측정하였으며, 저체중군(Group1), 정상군(Group2), 과체중군(Group3), 비만군(Group4)으로 4단계로 분류하여 각각의 평균 유효선량 값을 구하였다.

4. 자료 분석

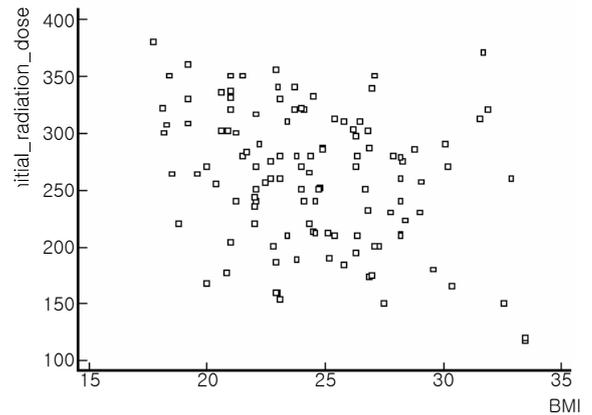
Med Calc Version 9,2,1,0 프로그램 및 Excel 프로그램을 사용하였다. 체질량지수는 체중과 신장을 이용하여 연구에서 정한 체질량지수 기준에 따라 4단계로 구분하여 사용하였고, 체질량지수와 초기 유효선량 값의 관계는

Pearson correlation을 이용하여 상관관계를 분석하였다. 체질량지수에 따른 group별 비교를 보기 위해 One-way ANOVA분석을 하였고, Excel프로그램을 이용하여 방정식을 산출하였다.

III. 결 과

1. 초기 유효선량 값과 체질량지수 상관관계

초기 유효선량 값과 체질량지수 사이의 상관관계를 분석하려고 Pearson correlation을 이용한 상관관계를 분석한 결과 Correlation coefficient 값이 음의 값으로 체질량지수가 증가할수록 초기 유효선량 값은 감소함을 알 수 있었다(Fig. 1). 또한 P = 0.0004로 유의한 결과임을 알 수 있었다(Fig. 2).

**Fig. 1.** Scatter diagram

Correlation	
Variable Y	초기선량값
Variable X	BMI
Sample size	118
Correlation coefficient tr	-0.3196
Significance level	P=0.0004
95% Confidence interval for r	-0.4730 to -0.1473

Fig. 2. Results of pearson correlation

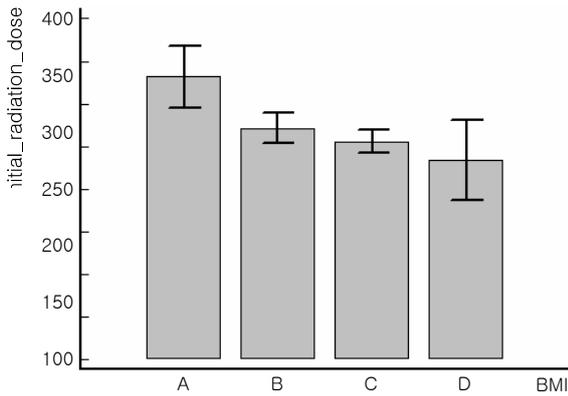


Fig. 3. Compared of group according to BMI using one way ANOVA.

ANOVA			
Data	Initial_radiation_dose		
Factor codes	BMI		
Sample size	118		
Source of variation	Sum of squares	D.F.	Mean square
Between groups (influence factor)	40320.7243	3	13440.2414
Within groups (other fluctuations)	362336.4706	114	3178.3901
Total	402657.1949	117	
F-ratio	4.229		
Significance level	P = 0.007		

Fig. 4. Results of one-way ANOVA test.

2. 체질량지수에 따른 Group 비교

체질량지수에 따른 group간의 비교를 하기 위해 One-way ANOVA 분석한 결과 체지방지수가 증가할수록 초기 유효선량 값이 감소하는 것을 알 수 있었다(Fig. 3). 또한 P = 0.007로 유의한 결과임을 알 수 있었다(Fig. 4).

3. 체질량지수에 따른 방정식

EXCEL 프로그램을 이용하여 다음과 같은 방정식을 산출하였다(Fig. 5).

$$Y = -30.91X + 350.4 (\mu\text{Sv/h})$$

(Y: 초기 유효선량 값, X: Group 1,2,3,4.)

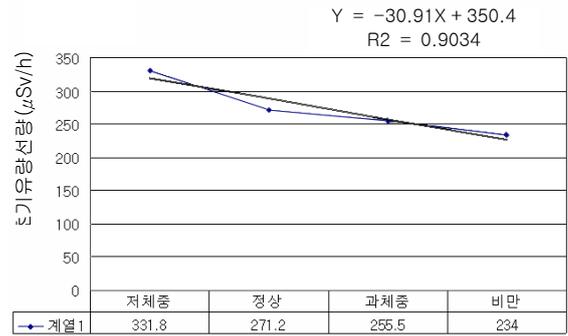


Fig. 5. Equation and graphy according to BMI.

4. 다음날 아침 선량 분석

치료다음날 아침(평균 21.55시간)에 선량을 분석해본 결과 아래와 같다(Table 3).

Table 3. Dose analysis of next day

구분 (μSv/h)	환자 수 (명)	백분율 (%)
70 이하	62	53
71 ~ 80	29	25
81 ~ 90	14	11
91 ~ 100	3	3
100 ~ 150	10	8

다음날(평균 21.55시간) 유효선량을 분석하여 53%가 NRC에서 권고하는 선량이었고, 53% 환자의 퇴원시간은 선량측정시간의 4~5시간 후에 퇴원을 하였다. NRC에서 권고하는 선량에 초과된 47%의 환자는 4시간마다 측정하여 NRC에서 권고하는 선량에 만족하면 퇴원을 하였다.

IV. 고 찰

1946년 처음으로 갑상선암의 치료에 방사성옥소(¹³¹I)가 사용된 이후 분화된 갑상선암의 예후를 현저히 향상시켰다. 분화된 갑상선암은 옥소를 섭취하는 능력을 지니고 있으므로 방사성 옥소를 투여하면 이는 잔여 암 조직에 섭취되어 베타선을 내어 주변조직에 피해를 주지 않고 갑상선 세포만을 파괴하여 여포세포기능을 억제할 수 있다^{9,10)}. 따라서 수술 후 잔여 암 조직이 있거나 원격 전이가 있는

경우 방사성 옥소의 투여는 최선의 치료 방법이 되며 이로써 재발을 감소시키고 생존율을 증가시킬 수 있다. 수술 후의 방사성 옥소 치료는 환자의 생존을 증가시키는 가장 뚜렷한 유일한 인자이다¹¹⁾. 방사성옥소를 투여하기 위해서는 방사선 차폐시설을 갖춘 격리된 병실에 입원할 필요가 있으며 입원을 요하지 않는 최대허용용량인 30 mCi를 투여하는 경우는 갑상선 전 절제술을 시행한 경우라면 대부분 한번의 투여로 잔여 조직을 제거할 수 있으나 잔여조직이 많을수록 제거가 힘들어지며 아전절제술을 시행한 경우라면 반복하여 투여하여야 할 가능성이 크다. 그러나 우리나라는 이러한 방사선 차폐시설을 갖춘 기관이 적기 때문에 갑상선 암 환자가 치료의 혜택을 제대로 받지 못하는 실정이다. 이러한 차폐시설을 갖춘 기관에서는 원자력법의 의료분야 특별기준(법 제 71조, 규칙 제 43조 내지 48조)을 근거로 관리되어야 하며, 특히 규칙 제 47조에서는 “진료의 목적으로 방사성동위원소를 인체에 사용하는 의료기관은 체내에 잔류하는 방사성 동위원소가 과학기술부장관이 정하여 고시하는 수량을 초과하는 진료환자를 퇴원시켜서는 아니된다”라고 규정하고 있다.

이 연구에서는 퇴원규정을 정하는데 기준이 되는 초기 유효선량 값이 방사성옥소(¹³¹I) 150 mCi(±6 mCi)를 투여한 환자마다 차이가 심하여 그 양상을 알아보고자 여러 가지 인자 중에 체질량지수가 초기 유효선량 값에 영향을 미치는지 통계를 이용하여 분석한 결과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었고, 측정 자료를 분석하여 체질량지수를 이용한 방정식을 산출해 초기 유효선량 값을 예측할 수 있었다. 산출해낸 방정식은 다음과 같다.

$$Y = -30.91X + 350.4(\mu\text{Sv/h})$$

방사성옥소(I-131) 갑상선 치료환자에서 새로운 격리 기준이라는 강 등¹²⁾의 선행 연구에 의하면 “생물학적 반감기를 고려하면 격리기간이 짧으므로 지침서를 개정하여 환자마다 개별적으로 적용할 수 있는 근거를 추가하여 150 mCi를 투여 받은 환자는 특정한 조건을 갖추면(대소변 배설에 지장이 없고 퇴원 후 주변사람과 격리될 수 있는 경우) 1박 2일로 조기 퇴원이 가능하다”라고 보고하였다.

V. 결 론

체질량지수와 초기 유효선량과의 관계는 밀접한 상관

관계가 있었고, 53%의 환자가 NRC규정에서 권고하는 선량을 만족시켜 1박 2일 동안 입원을 하였다. 따라서 초기 유효선량 및 체질량지수를 반드시 측정하여 NRC규정에서 권고하는 유효선량을 만족시키면 조기에 퇴원도 가능하리라 생각된다. 조기퇴원이 가능하면 부족한 치료병실의 병실회전율을 높여 많은 갑상선암 환자가 조기에 치료의 혜택을 받을 수 있으리라 사료된다. 또한 방사성옥소 갑상선 암 환자에서 옥소 투여 후 초기 유효선량 값이 정확히 측정되려면 G-M Survey meter의 정확도가 요구되기 때문에 장비의 검,교정에도 세심한 관심이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 배상균: 갑상선 질환의 방사성옥소 치료, 대한핵의학학회 연수강좌, 11, 2001
2. 이 진, 천기정, 이동수, 정준기, 신승애, 이명철: 방사능환자에 대한 NRC 규정에 따른 I-131 갑상선 치료환자의 격리 기준, 대한핵의학회지, 104, 1998
3. 과학기술부고시 제 2001-18호: 방사선안전관리등의 기준에 관한 규칙 제 44조 내지 제 47조의 규정.
4. 김종순, 김은실, 임영기, 이 진, 이치영, 범희승, 박성희: 의료상피폭의 안전규제 제도화를 위한 연구. 과학기술부, 915, 2001
5. Nuclear Regulatory Commission. Release of patients administered radioactive materials, Regulatory Guide 8.39. Washington, DC: USNRC ; 19973
6. 이재기: RI NEWS, 3, 2001
7. 고창순: 핵의학 제 1판, 766, 1992
8. 최영길: 내분비학. 의학출판사, P.1198, 1995
9. Clarke SE: Radionuclide therapy of the thyroid. Eur J Nucl 18:984-991, 1991
10. Cooper DS: Treatment of thyrotoxicosis. In, Braverman LE, Utiger RD(ed)
11. 송영기, 오연상: 갑상선학, 고려의학, 1995
12. 강건욱, 김석기, 여정석, 이동수, 정준기, 이명철: 방사성옥소(I-131) 갑상선치료환자에서 새로운 격리 기준, 대한핵의학추계 학술대회, 59, 1999

• Abstract

Correlation of Effective Dose and BMI in Radioiodine(¹³¹I) Therapy

Gyoo-Seul Shin · Gun-Jae Kim · Kyung-Rae Dong¹⁾ · Hyun-Soo Kim²⁾

Department of Nuclear Medicine, Kyunghee University east-west neo medical center

¹⁾*Department of Radiological Technology, Gwangju Health College*

²⁾*Department of Radiological Technology, Shingu College*

Purpose : The aim of this study was to predict radiation dose at 1 meter with BMI(body mass index) in thyroid cancer patients treated with radio-iodine and provide the efficient guideline in the management of patients.

Methods : 140 patients from thyroidectomy for thyroid cancer were enrolled. All subjects under went 150 mCi radio-iodine therapy and performed whole body scan 1 week later. BMI(weight divided by square of height) was calculated to evaluate the amount of fatty tissue indirectly. The radiation dose at 1 meter was measured initially and on 2nd days. the relation of values with BMI were analyzed statically. As for the method of statistical analysis, using Med calc Version 9,2,2,0 Program

Results : ① The initial effective dose was inversely correlated with the BMI. Significance level was 0.0004
② We obtained the following formula from the data of initial effective dose and BMI : $Y = -30.91X + 350.4$ ($\mu\text{Sv/h}$)(Y : initial radiation dose, x : Group). ③ After 21.55 hours, than radiation dose was less than those recommended by ICRP or NRC in 53% of the population.

Conclusion : Using BMI, the initial radiation dose and 2nd days dose can be predicted in thyroid cancer patients before radio-iodine therapy. It may be used for predicting the time of discharge and control the isolation room. We were able to predict the radiation exposure after discharge using this calculated value.

Key Words : BMI, Thyroid cancer, Effective dose