

博 士 學 位 論 文

指導教授 李 在 得

방사성옥소(I-131)치료시
외래 및 입원 환자의 방사선량율에
대한 연구

The Radiation Dose Rate of Out-Clinic and Admitted Patients
Receiving Radioiodine(I-131) Therapy.

2006年 12月

漢城大學校 大學院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 專 攻

李 貴 遠

博 士 學 位 論 文

指導教授 李 在 得

방사성옥소(I-131)치료시
외래 및 입원 환자의 방사선량율에
대한 연구

The Radiation Dose Rate of Out-Clinic and Admitted Patients
Receiving Radioiodine(I-131) Therapy.

위 論文을 工學 博士學位 論文으로 提出함

2006年 12月

漢城大學校 大學院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 專 攻

李 貴 遠

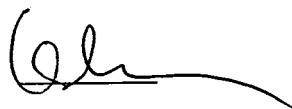
李貴遠의 産業工學 博士學位 論文을 認定함

2006年 12月

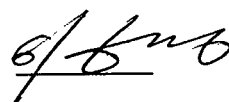
審査委員長 유재건



審査委員 김성한



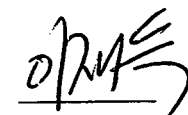
審査委員 이동경



審査委員 정병용



審査委員 이재득



목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 필요성	1
제 2 절 연구의 목적 및 내용	2
제 3 절 연구의 방법 및 논문의 구성	3
제 2 장 방사성옥소치료(I-131)와 피폭선량	4
제 1 절 방사성옥소치료	4
1. 방사성핵종 치료의 일반적인 개념.	4
2. 방사성옥소(I-131) 치료요법	4
가. 갑상선기능항진증	6
1) 방사성옥소 치료전 처치	8
2) 투여량의 산출	8
3) 방사성 옥소 투여 후 처치	10
4) 방사성옥소 치료 후 경과	11
나. 갑상선암	11
1) 병기분류에 따른 예후	13
2) 수술 후 방사성옥소를 이용하여 남아 있는 조직을 제거 하는 이유	15
3) 방사성옥소 제거용량의 결정 및 처치	16
4) 고용량방사성옥소 치료	18
5) I-131 신티그라피에서 음성인 환자의 치료	19
다. 방사성옥소 치료의 합병증	19
1) 저용량 방사성옥소 치료 후	19

2) 고용량 방사성옥소 치료 후	20
라. 방사성옥소(I-131) 치료의 현황	21
제 2 절 피폭선량	22
1. 의료진의 직업상 선량	22
2. 환자여행으로 받는 타인의 선량	24
3. 치료용 방사성의약품 사용 후의 방사선방호	26
4. I-131의 주요 피폭경로	27
5. 환자로부터 외부선량을	29
6. 다른 사람의 오염	31
7. 선량한도와 선량제약에 관한 최근의 국제 권고	35
제 3 절 퇴원기준의 국제 또는 국가지침.	37
제 3 장 연구방법	44
제 1 절 연구대상	44
1. 1차 연구대상 (저용량 방사성옥소 치료환자)	44
1. 2차 연구대상 (고용량 방사성옥소 치료환자)	44
1. 3차 연구대상 (고용량 방사성옥소 치료환자)	45
제 2 절 측정장비 및 측정변수	49
1. 측정장비	49
2. 측정변수	49
제 3 절 측정방법	50
1. 측정도면	50
2. 외래환자의 경우	51
3. 병실환자의 경우	52

제 4 장 결과	53
제 1 절 저용량 방사성옥소 치료환자의 방사선량을 조사결과	53
제 2 절 고용량 치료환자 (충분한 수분섭취)의 조사결과	54
제 3 절 고용량 치료환자 (수분섭취 + 수액공급)의 조사결과	56
제 5 장 결론과 검토	58
제 1 절 연구결과의 요약	58
제 2 절 연구의 의의	59
제 3 절 향후연구과제	60
참고문헌	61
ABSTRACT	68
부록	70
양식1. 방사성요오드 입원치료에 대한 안내와 주의사항	70
양식2. 방사성요오드 입원치료 중 병실에서 주의사항	72
양식3. 방사성요오드 입원치료 후 최원시 주의사항	74
양식4. 저요오드(Low Iodine Diet) 안내문	76
양식5. 방사성옥소치료를 위한 저요오드음식물	78

표 목 차

<표2-1-1>	Comparison of Treatment Modalities for Hyperthyroidism	7
<표2-1-2>	Recommended I-131 Dosage Schedules for Hyperthyroidism	9
<표2-1-3>	Comparison of Staging Systems for Differentiated Thyroid Cancer	12
<표2-2-1>	I-131을 이용한 갑상선 절제치료 후 7일 동안 환자로부터 받는 간호요원의 계산된 누적선량(mSv)	22
<표2-2-2>	일반인 선량을 5와 1mSv/y로 제한하기 위한 성인 갑상선항진 환자에 대해 제안되는 일일 여행시간(단위 : h/일)	24
<표2-2-3>	일반인 선량을 1mSv로 제한하기 위한 갑상선암환자에 대한 자가용 여행시간(단위:h)	25
<표2-2-4>	I-131투여환자의 접촉하는 사람의 피폭을 1mSv/y로 제한하는 여행제약을 상이한 모델로 도출한 결과의 비교	25
<표2-2-5>	하수로 배출된 투여 방사능 비율	28
<표2-2-6>	갑상선항진 치료(I-131)를 받은 환자로부터 다양한 거리에서 투여 후 여러 시간에 측정된 선량률(μ sv/h/MBq-투여방사능)	29
<표2-2-7>	갑상선기능항진 치료(I-131)를 받은 환자로부터 다양한 거리에서 투여 후 여러 시간에 측정된 평균 선량률(μ sv/h/MBq-투여방사능)	30
<표2-2-8>	갑상선암으로 절제치료를 받은 환자로부터 거리와 투여 후 시간에 따라 측정된 선량률(μ sv/h/MBq-투여방사능)	30
<표2-2-9>	갑상선암 후속치료를 받은 환자로부터 거리와 투여 후 시간에 따라 측정된 선량률(μ sv/h/MBq-투여방사능)	31
<표2-2-10>	ICRP에서 권고한 선량한도	36
<표2-3-1>	Activities and Dose Rates for Authorizing Patient Release	38

<표2-3-2>	Activities and Dose Rates Above Which Instructions Should be Given When Authorizing Patient Release	40
<표3-1-1>	저용량방사성옥소 치료환자	46
<표3-1-2>	고용량으로 충분한 수분섭취를 교육한 그룹	47
<표3-1-3>	고용량으로 충분한 수분섭취 + 수액공급한 그룹	48
<표4-1-1>	저용량 방사성옥소 치료환자 선량율조사 결과	53
<표4-2-1>	고용량 치료환자(충분한 수분섭취)의 조사결과	54
<표4-3-1>	고용량 치료환자(수분섭취+수액공급) 조사결과	56

그림 목차

[그림3-3-1] 측정평면도	50
[그림3-3-2] 측정측면도	51
[그림 4-2-1] 감쇄곡선(그룹: 가, 나, 다)	55
[그림 4-3-1] 감쇄곡선(그룹: I, II, III, IV)	57

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 필요성

방사성동위원소를 이용한 질병의 치료는 핵의학분야에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 국내의 방사성동위원소 치료의 통계자료는 1964년부터 확인할 수 있는데 2005년 말까지 총 방사성동위원소치료는 78,688건으로서 이 중 방사성옥소(I-131)를 이용한 갑상선 질환 치료가 96.5%인 75,905건을 차지하고 있으며, 나머지 여러 방사성동위원소 치료를 모두 합쳐서 2,783건이다. 또 치료의 대부분을 차지하는 방사성옥소(I-131)는 2000년에 들어서면서 가파르게 상승세를 나타낸다. [<http://ksnm.or.kr>]

방사성옥소(I-131)를 이용하여 치료하는 갑상선 질환은 대표적으로 저용량 방사성옥소를 치료에 이용하는 갑상선 기능항진증 (Graves's disease, Toxic nodule, Goiter 등)과 고용량 방사성옥소(I-131)를 치료에 이용하는 질환으로 유두암종(papillary carcinoma)과 소포암종(follicular carcinoma)과 같은 분화된 갑상선암이 내분비종양 가운데 가장 흔한 질환이며, 초음파검사가 진단에 널리 이용되면서 발생빈도가 더욱 증가하고 있다. 분화된 갑상선암은 적절한 치료를 받으면 10년 생존율이 90%이상으로 좋은 예후를 보인다.[Mazzaferrri EL, 1994] 또 방사성옥소(I-131)를 이용한 치료는 부작용이 거의 없이 매우 효율적인 치료이며 안전하고 유효하면서 경제적이다.

한편 방사성동위원소를 이용한 치료에 따르는 방사선 피폭선량의 논점은 의료진, 간병인, 일반인 등의 선량에 대한 권고를 참고하게 된다. 일반적인 진단 핵의학검사 후에 일반인에게 고려해야 할 주의는 거의 필요하지 않으나, 방사성동위원소 치료 후에는 일반인, 환자의 친척 및 다른 사람들에게 대한 선량을 제한할 필요가 있다.

방사성동위원소 치료에 사용되는 핵종 중 Sr-89, Y-90, P-32 등은 사용량도 적을 뿐 아니라 통상 위험이 훨씬 적은 단순 베타선 방출체이다.

그러나 방사성옥소(I-131)은 자주, 많이 사용하는 7고에너지 감마선 방출체이면서 베타선 방출체이고, 반감기가 8일이기 때문에 투약 치료 후 의료진이나 일반인 및 친지들에게 가장 많은 선량을 야기하게 된다.

이때 관리가 필요한 주요 관점은 다른 사람이 받는 방사선피폭이다. 방사성옥소로 치료받은 환자로부터 다른 사람이 받는 피폭의 중요도가 큰 순서를 보면 외부피폭과 그 다음이 오염으로 초래되는 피폭, 그리고 일반적인 환경 경로이다.

제 2 절 연구의 목적 및 내용

방사성옥소(I-131)를 이용한 갑상선 질환치료는 꾸준히 증가할 것이며, 현재 각 병원별로 환자 적체를 해소하기 위해 치료병실을 증설하고 있는 실정이다. 그러나 치료받는 환자들은 퇴원 후 가족 및 주변 사람에게 미칠 방사선피폭을 걱정하게 된다. 방사성옥소(I-131)를 투여하여 갑상선질환을 치료하는 환자는 일반인이 받는 방사선 피폭량을 선량한도 이내로 제한하기 위하여 외래치료에서는 투여량(저용량 투여)을 제한하거나, 고용량의 경우 일정기간 동안 입원시켜 일반인과 격리하게 된다.

격리되었던 환자가 퇴원할 때, 대부분의 환자들이 퇴원 후 가족 및 주변 사람에게 미칠 방사선피폭을 걱정한다. 특히 갑상선질환 치료 환자들은 사소한 일에도 예민한 반응을 나타내는 것이 통상적인 일이다. 환자의 심적인 부담과 환자 주변의 일반인에 대한 방사선 피폭을 최대한 줄이기 위해 퇴원시 방사선량을 낮추고자 노력하였다.

이에 본 연구는 방사성옥소(I-131)를 투여한 환자가 일반인과 접촉하는 단계인 퇴원시점에서부터 방사선량을 낮추기 위하여 외래치료 환자의

방사선량을 측정과 입원치료 환자의 퇴원 시 방사선량을 측정하여 비교하였다. 또 입원환자의 경우 퇴원 시 방사선량을 충분히 낮추기 위해 충분한 수분섭취(입원 중 하루5000ml이상 섭취할 것을 교육)와 수액세트(입원 중 하루 1000ml 공급)를 병행하여 그 차이를 확인하고, 퇴원시 방사선량을 최대한 낮추는 방법을 찾고자 하였다.

제 3 절 연구의 방법 및 논문의 구성

1차 연구로는 저용량 방사성옥소로 치료하는 환자의 대하여 2003년 5월 21일~2006년 9월12일까지 외래에서 저용량 방사성옥소를 경구로 복용한 환자에 대하여 조사하고, 투여직후에 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였다. 2차 연구로는 고용량(100mCi이상)투여로 격리가 필요한 입원환자에 대하여 2006년 10월 2일 ~ 10월 30일까지 2개 치료병실에 입원한 환자를 대상으로 입원기간 동안 수분섭취(5000ml이상)를 충분히 할 수 있게 교육시키고, 투여직후의 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였다. 그리고 3차 연구로 고용량(100mCi이상)투여로 격리가 필요한 입원환자에 대하여 2006년 8월 14일 ~ 9월 30일까지 2개 치료병실에 입원한 환자를 대상으로 입원기간 동안 충분한 수분섭취(5000ml이상)를 할 수 있게 교육시키고, 수액 공급을 병행하여 (1일 1000ml를 기준으로) 입원기간 동안 계속 유지하도록 하였다. 그리고 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였다. 매 측정시마다 수분섭취량을 확인 기록하고, 수액공급의 이상 유무를 확인하였다. 이렇게 얻어진 자료를 통계적으로 정리하고, 각 군별로 비교 분석하여 결론을 얻고자 하였다.

제 2 장 방사성옥소치료(I-131)와 피폭선량

제 1 절 방사성옥소치료

1. 방사성핵종 치료의 일반적인 개념.

방사성핵종을 병소에 집적시키는 치료법은 정상조직의 손상을 최소화 할 수 있다. 즉 방사성핵종에 의한 내부조사는 표지화합물의 생리적, 생화학적 기능을 이용하여 표적부위에 정상조직보다 훨씬 많은 에너지를 선택적으로 조사하는 것이다.[고창순 편저, 1997] [ICRP, 2004]

일반적으로 작은 용적의 병소에서 방사성핵종 치료가 더 효과적이어서 큰 종양을 가능한 한 수술로 제거한 후 남은 병소를 방사성핵종으로 치료하는 것이 좋으며, 단 한 번의 종양 치사량의 투여로는 완치가 어려워 반복치료가 필요하다.

방사성핵종 치료 시 조직의 축적 흡수선량은 조직에 섭취된 방사능 양과 체류시간에 의해 결정된다. 방사성핵종 치료를 계획할 때 조직 내에서 생물학적 반감기를 고려하여 적당한 반감기의 핵종을 선택하여야 한다. 반감기가 너무 짧으면 조직 내 체류시간을 충분히 이용하지 못하게 되고, 너무 길면 정상조직에 불필요하게 긴 피폭을 초래한다. 따라서 치료용 방사성핵종의 선택에는 방사성핵종의 물리적 성질(방출입자의 종류, 에너지, 방출속도, 물리적반감기 등)과 표적 내 집적에 관련된 화학적 성질(안정성, 비방사능, pH등)이 고려되어야 한다.[ICRP, 2004][배상균, 2006]

2. 방사성옥소(I-131) 치료요법

방사성옥소는 1941년 갑상선기능항진증 환자에서 처음으로 치료목적으로 사용되었다. 방사성옥소 I-131(반감기=8.04일 베타에너지=0.61Mev, 감마선

에너지=0.36Mev)이 갑상선암 치료에도 사용되기 시작하면서 그 이용이 크게 확대되었고 안정성과 유효성이 입증되었다. 옥소는 갑상선호르몬의 전구물질이며, 갑상선세포에 능동적으로 섭취된다. 방사성옥소(I-131)의 베타선은 체내에서 평균 0.8~1 mm내에만 영향을 주어 세포독성을 갑상선 조직에만 미치고 주위 장기는 대체로 안전하다. 방사성옥소(I-131)의 정상적인 분포는 침샘, 코의 점막, 위, 신장, 방광 등으로 이들 장기는 방사성옥소(I-131) 치료 시 방사능의 영향을 받을 수 있다.[Goldsmith SJ. 2001] [Harbert JC. 1987] [Kaplan MM, 1998]

⊙ I-131이 갑상선 치료에 쓰이는 이유는

- ① 표적장기인 갑상선의 옥소 섭취율이 타 장기에 비해 4,000~ 5,000배로 높고,
- ② 투여된 옥소가 모든 갑상선조직에 균등하게 분포되고,
- ③ 베타선의 치료효과가 0.8mm이내에 국한되어 주위조직에 거의 영향을 미치지 않고,
- ④ 갑상선에 섭취되지 않은 옥소는 대부분 신장을 통하여 요로 배설되고,
- ⑤ 붕괴산물은 해가 없는 Xenon가스이기 때문이다. 정상적으로 침샘, 위, 신장 및 방광에 옥소가 분포하여 방사선의 피폭이 있고, 타액 및 소변의 배출을 촉진시켜 피폭선량을 감소시켜야 한다. [Price DC. 1997]

⊙ 방사성옥소의 임상적인 주 적응증은

- ① 갑상선 기능항진증,
- ② 갑상선중독증의 심부전증에서 갑상선 제거법,
- ③ 갑상선암의 수술 후 치료법,
- ④ 독성 갑상선결절 등이며,
- ⑤ 정상기능의 갑상선종에서도 반복적 수술을 피하기 위하여 크기를 줄일 목적으로 쓰이기도 한다.

가. 갑상선 기능항진증

갑상선 기능항진증에 대한 방사성옥소 치료는 1941년 Massachusetts General Hospital에서 처음 시도되었다. 처음에는 I- 130이 이용되었으나 비교적 값이 싸고 반감기가 적당한 I - 131이 널리 이용되고 있다. 많은 환자가 방사성옥소를 투여 받았으나 초창기에 우려하였던 백혈병, 갑상선암의 발생 또는 유전자 변이와 같은 합병증은 현재까지 문제가 없는 것으로 알려져 있으며, 방사성옥소의 치료효과도 우수한 것으로 인정되고 있다. 갑상선 기능항진증을 일으키는 원인 중 그레이브스병(Graves disease), 중독성 자율기능성 결절, 중독성 다 결절성 갑상선종이 방사성옥소 치료에 적응이 되며, 낮은 방사성옥소 섭취율(RAIU)을 보이는 질환은 적응이 되지 않는다. [Harbert JC. 1987] [Sweeney DC, 1995]

갑상선 기능항진증의 치료로 항갑상선제, 수술, 방사성옥소 등이 있으며 이들의 선택은 임상적 요소, 임상외사의 선호도, 환자의 결정에 달려있다. 우리나라 갑상선 전문의들은 중등도의 갑상선기능 항진증상을 보이며 중등도의 갑상선종이 있는 40대의 그레이브스병 환자의 경우 초기 치료로써 81%가 항갑상선제, 11%가 방사성옥소 치료, 8%가 수술요법을 선호하는 경향이며, 이는 유럽이나 일본의 치료방침과 비슷하나 미국의 갑상선 전문의들은 30%에서 항갑상선제, 69%에서 방사성옥소 치료를 선호하고 있다(표2-1-1). [Nusynowitz ML. 1997] [Goldsmith SJ. 2001]

임신 중이거나 수유 중이라면 방사성옥소 치료는 절대 금기이다. 따라서 방사성옥소 치료를 하려는 여성에서 임신여부를 확인하는 것이 필수적이다. [배상균, 2006]

表2-1-1. Comparison of Treatment Modalities for Hyperthyroidism

Treatment	Advantage	Disadvantage	Particularly suitable for
I-131	Definite, safe, simple; predictable outcome	Lifelong T4 treatment usually needed; Unsuitable in pregnant patients and nursing mothers	Most patients
Anti thyroid drugs	May avoid need for lifelong medication	Side effects; Low long-term remission rate; More frequent visits needed	Pretreatment before RAI; Pregnant patients; Patients afraid of radiation exposure; Young patients with mild disease and small goiter
Surgery	Definitive, rapid; Eliminates large nodular goiters	Expensive; Requires general anesthesia and hospitalization; Risk of recurrent nerve or parathyroid damage; Outcome dependent on surgeon's expertise; Lifelong T4 treatment usually needed	Young patients with toxic autonomous nodules; Pregnant patients not controlled by, or allergic to, ATD; Large multinodular goiters with low RAI uptake; Patients with coexistent suspicious nodules; Patients who refuse other treatments

1). 방사성옥소 치료 전 처치

방사성옥소 치료는 방사선 갑상선염, 여포세포의 파괴를 일으켜 혈액으로 갑상선호르몬을 방출할 수 있다. 치료 후 10~14일에 절정에 달하는데, 일부의 환자에서 기능항진증 증상이 악화될 수 있다. 따라서 노인이나 심장질환, 심한 전신질환, 발열이 있는 환자에서는 항갑상선제로 전처치하여야 한다. 하지만 항갑상선제는 방사성옥소 치료 최소 3일전에는 중단하여야 한다. 투여 전에 2주정도 옥소섭취를 제한하지만 급한 경우에는 1주 정도라도 좋다. [Nusynowitz ML. 1997]

2). 투여량의 산출

50년 이상의 경험에도 불구하고 방사성옥소의 적정용량을 정하는 방법에는 논란이 있다. 대체로 다음과 같은 방법들이 제시되고 있다(표2-1-2)

- ① small doses repeated as necessary
- ② a large ablative dose
- ③ a "sliding scale" based on thyroid size
- ④ a standard formula for administered dose based on estimated thyroid size
- ⑤ precise dosimetry for the administered dose
- ⑥ a method based on radiation dose delivered to the thyroid in grays or rads

$$MBq = \frac{kBq(desired)/g \times gland\ weight(g)}{\% uptake\ at\ 24\ hours \times 10}$$

$$mCi = \frac{\mu Ci(desired)/g \times gland\ weight(g)}{\% uptake\ at\ 24\ hours \times 10}$$

표2-1-2. Recommended I-131 Dosage Schedules for Hyperthyroidism

	Desired I-131 Dose/g	
	kBq	μCi
Cooper	2960-4440	80-120
Becker and Hurley		
Usual patient	2040-2960	55-80
Severely hyperthyroid or cardiac patient	5920-7400	160-200
Kaplan		
Thyroid size		
50 g or less	3700-4440	100-120
50 to 80 g	5550-6480	150-175
More than 80 g	7400	200

갑상선 신티그라피, 초음파검사, 컴퓨터 단층촬영을 이용하여 갑상선 중량을 계측하기도 하지만 이러한 방법들도 만족할 만한 결과를 얻을 수 없으며, 일반적으로 임상에서는 촉진에 의해 갑상선 무게를 추정하여 이용하고 있다. [배상균, 2006]

중독성 다결절성 갑상선종과 자율기능성 갑상선 종을 가진 환자는 그레이브스병과는 다르게 접근해야한다. 방사성옥소가 자율기능성 결절에만 섭취되며 억제되어 있는 정상 갑상선 조직에는 매우 적은 방사능 영향을 준다. 방사성옥소 치료후 TSH가 정상화되면, 억제되어 있던 갑상선 조직도 정상 기능을 되찾는다. 이들 중독성 결절질환의 치료에는 대개 더 많은 양의 방사성옥소를 필요로 한다. 기능항진증이 심한 경우, 방사성옥소 투여전 항갑상선제를 복용한 경우, 심장질환을 동반한 노인환자 등에서는 같이 신속하고 확실히 갑상선기능항진증을 소실시킬 필요가 있는 경우에는 용량을 증가하여 투여한다.

3). 방사성 옥소 투여 후 처치

미국 NRC의 권고는 1.1 GBq (30 mCi)이상의 방사성옥소를 투여받는 환자는 적절한 시설을 갖춘 입원실에 입원하도록 하고 있으며, 국내에서도 이 규정을 사용하고 있다. 하지만 1997년 개정된 NRC 권고에는 주위사람에게 미치는 유효선량당량(total effective dose equivalent)이 5 mSv (0.5 rem)가 넘지 않는다면 환자를 퇴원시킬 수 있다. 환자에게는 다른 사람에게 미치는 유효선량당량이 1 mSv (0.1rem)이 넘을 우려가 있다면 ALARA 개념하에서 다른 사람에게 피폭을 줄일 수 있는 방안에 대한 설명을 기록해서 제공해야 한다. [배상균, 2006]

- ① 최소한 첫 2일은 소아나 임신부와 밀접한 접촉을 하지 않는다.
- ② 최소한 첫 2일은 다른 사람과 거리(두 팔을 벌린 거리 혹은 6 ft)를 둔다.
- ③ 최소한 첫날은 혼자 잔다.
- ④ 최소한 첫날은 대중교통을 사용하지 않는다.
- ⑤ 최소한 첫 2일은 다른 사람과 2시간 이상 자동차를 같이 타지 않는다.
- ⑥ 최소한 첫 2일은 화장실을 혼자 사용한다. 불가능하다면 사용한 후 변기를 깨끗이 씻는다.
- ⑦ 최소한 첫 2일은 변기를 사용한 후 세 번 물을 내린다.
- ⑧ 첫 3일은 일회용 식기를 사용하거나 다른 사람의 식기와 분리하여 세척한다.
- ⑨ 구강접촉을 삼가고, 3일간 입에 닿는 물건(치솔, 잔)을 다른 사람과 같이 사용하지 않는다.
- ⑩ 첫 3일간은 피부에 직접 닿는 옷은 다른 사람의 옷과 분리하여 세탁한다.

4). 방사성옥소 치료 후 경과

방사성옥소를 투여받은 초기에는 갑상선 세포가 파괴되면서 저장되어 있던 호르몬이 방출되어 일시적으로 갑상선기능항진증이 악화될 수 있다. 치료효과의 판정 지표로서 갑상선 크기, 자각증상, 체중의 변화와 혈중 갑상선 호르몬치를 이용하며, 치료 후 3~6개월이 경과한 후에도 호전되지 않으면 다시 방사성옥소를 투여한다. 대부분의 환자에서는 갑상선 기능이 완전히 정상화될 때까지 베타차단제만 사용하여 증상을 조절할 수 있다. 항갑상선제를 이용하여 재치료를 요하는 환자의 경우에는 수개월 후 약을 끊은 후 재검사하여야 한다.

나. 갑상선암

여포상 및 유두상 갑상선암과 같은 잘 분화된 갑상선암(well-differentiated thyroid cancer)은 장기 생존율이 다른 암에 비해 매우 높으나, 환자에 따라서는 매우 다양한 결과를 보인다. 약 30%의 환자에서 재발을 하며, 이는 초기 치료에 따라 주로 결정된다. 갑상선암에 대해 방사성옥소 치료를 포함하여 여러 가지 치료법들이 제시되고 있다. 하지만, 갑상선암의 빈도가 상대적으로 드물고 나타나는 양상이 다양하여 무작위 대조 연구를 통해 치료 프로토콜이 비교되어 있지는 않다. 따라서 갑상선암의 치료를 담당하는 의료진 사이에 의견이 다를 수 있다.

갑상선암의 주요한 치료방법은 수술이나, 수술의 범위에 대해서도 많은 이견이 존재하고 있다. 여러 연구결과를 종합해 보면 가능한 한 갑상선을 완전 제거하는 것이 치료와 경과 추적에 도움이 된다. 모든 여포상 암과 1 ~ 1.5 cm 이상의 유두상 암은 전전 갑상선절제술 (near-total thyroidectomy)을 통해 수술로 인한 합병증 없이 할 수 있는 한 많은 갑상선 조직을 제거해야 하고 방사성옥소를 이용한 갑상선 제거술을 시행하

여야 한다.[Nusynowitz ML. 1997] [Goldsmith SJ. 2001] [Harbert JC. 1987]

표2-1-3. Comparison of Staging Systems for Differentiated Thyroid Cancer

Staging System	Stage				
	I		II	III	IV
American Joint Committee on Cancer	< 45 y M0 (any T or N)	≥ 45 y T1N0M0 (tumor < 1cm)	M1 (any T or N) T2N0M0 (tumor 1-4 cm) T4N0M0 (tumor > 4cm)	T4N0M0 (Invasive tumor) TN1M0	TNM1
Mazzaferri and Jhiang	Tumor < 1.5 cm or involving one lobe		Tumor 1.5 - 4.4 cm or involving two lobes	Tumor ≥ 4.5 cm or entire gland or loval invasion	Distant metastasis
DeGroot et al (papillary ca)	Intrathyroidal tumor only		Cervical node metastasis	Local invasion	Distant metastasis
MACIS score (papillary ca)	< 6.00		6.00 - 6.99	7.00 - 7.99	8.00 +
AIM (follicular ca)	Low- risk : none or only one of the following risk factors: age>50 y; invasion vessel, metastatic disease			Hgh risk : two or more of the AIM risk factors	
AMES	Low- risk: A. Younger patients 1. Men < 41 y; women < 51 y old 2. No distant metastasis B. Older patients 1. Papillary, intrathyroidal; follicular; minor capsular involvement 2. Primary tumor < 5 cm 3. No distant metastasis			High- risk: A. All with distant metastasis B. Older patients with 1. Papillary, extrathyroidal; follicular; major capsular involvement 2. Primary>5cm, regardless of extent	
EORTC score	Risk Group 1 Score < 50	2 50 - 65	3 66-83	4 84-108	5 ≥ 109

표 2-1-3의 MACIS score 와 EORTC score 등의 식은 다음과 같이 표시된다.

MACIS score = 3.1 (if age $\leq$ 39) or $0.08 \times$ age (if age $\geq$ 40) + 0.3
(tumor diameter in centimeter) + 1 (for incomplete
resection) + 1 (for local invasion) + 3 (for distant
metastasis)

EORTC score = age at diagnosis + 12 (for male) + 10 (for follicular
or less differentiated) + 10 (for invasion) + 15 (for 1
distant metastasis) + 15 (for $>$ 1 distant metastasis)

AIM = age, invasion, and metastasis

AMES = age, metastasis, extent, and size

EORTC = European Organization for Research and Treatment of
Cancer

MACIS = metastasis, age, completion of resection, invasion and size

1). 병기분류에 따른 예후

분화된 갑상선암의 적절한 치료법 선택은 여러가지 예후 인자들, 즉 병리소견, 종양의 크기, 진단 당시의 연령, 암의 침범 범위 등을 고려해서 결정하게 된다. 이를 위한 병기 분류가 여러 가지 보고되고 있다. (표 2-1-3) .

가) Lahey Clinic의 AMES score

연령(Age), 원격전이(Metastasis) , 종양의 침습정도(Extent), 크기(Size)를 기준으로 저위험군과 고위험군으로 분류하였다.

● 저위험군(Stage I, II 해당)은

- ① 원격전이가 없는 모든 젊은 환자 (남자는 41세, 여자는 51세 미만),
- ② 고연령 환자 중 종양의 크기가 5cm 미만, 유두상암은 갑상선내에 국한되거나, 여포상암은 피막 침습이 극소량이며 원격전이가 없는 경우이고,

● 고위험군(Stage III, IV 해당)은

- ① 원격전이가 있는 모든 환자,
- ② 주위 조직 내 침입이 있는 유두상암이나 피막을 침범한 여포상암,
- ③ 종양의 크기가 5cm 이상인 경우로 분류하였다.

나) Mayo Clinic의 MACIS score

원격전이(Metastasis), 연령(Age), 종양의 완전제거 여부(Completeness of resection), 종양의 침윤 (Invasion), 크기(Size)를 기준으로 점수를 다음과 같이 산출하였다.

● MACIS score = 3.1(39세 이하) 또는 $0.08 \times \text{연령}(40\text{세 이상}) + 0.3 \times \text{크기(cm)}$, +1(불완전 제거인 경우), +1 (주위 조직내 침윤이 있는 경우), +3 (원격전이가 있는 경우).

● MACIS 점수가 6 이하, 6~6.99, 7~7.99, 8 이상인 군들의 20년 사망률은 각각 1%, 11%, 44%, 76%이었다. [Goldsmith SJ. 2001][Harbert JC. 1987]

다) EORTC (Europe a n Organizatio n for Research and Treatment of Cancer) score

● EORTC score = 연령 + 12 (남성) + 10 (여포암 혹은 분화도가 떨어지는 경우) + 10 (침습) + 15 (전이병소) + 15 (하나 이상의 전이병소)

● EORTC 점수가 미만이면 risk 그룹 1, 50-65 이면 risk 그룹 2, 66-83 이면 risk 그룹 3, 80-108 이면 risk 그룹 4, 108이상이면 risk 그룹 5이다.

2) 수술 후 방사성옥소를 이용하여 남아 있는 조직을 제거 하는 이유

① 갑상선암은 대개 다초점성 다중심성이며 현미경적인 병소를 나타낸다.

② 남아 있는 갑상선 조직은 I-131 전신검사 시에 재발병소나 전이병소의 영상을 방해한다. 정상조직으로의 옥소섭취가 암조직의 섭취에 비해 매우 높아 진단을 방해한다.

③ 남아 있는 갑상선 조직은 상당량의 갑상선호르몬을 합성하여 갑상선자극호르몬을(TSH)을 억제하여 역시 I-131전신검사를 방해한다.

④ 남아 있는 조직에서 갑상선 글로브린을 생성하여 종양 표지자로서의 특이성을 낮춘다.

④ 지금까지의 여러 연구결과를 종합하면 저위험군 및 고위험군의 모두에서 수술 후 방사성옥소(I-131)로 남아 있는 갑상선조직을 제거한 경우가 방사성옥소(I-131) 치료를 하지 않은 경우보다 재발을 및 사망률이 유의하게 낮았다.

방사성옥소(I-131) 투여 전 혈청 내 갑상선자극호르몬(TSH)치가 최소한 30uU/ml이상으로 충분히 상승되어 있어야 한다. 이에 필요한 기간이 수술 후 4-6주이며, 갑상선호르몬(T4제제)를 복용 중단 후 4주이상이라고 알려져 있다.

3). 방사성옥소 제거용량의 결정 및 처치

방사성옥소를 이용한 갑상선 제거의 방법에는 외래에서 저용량(1,110 MBq 이내)의 방사성옥소를 투여하는 것과 입원 하에서 고용량(3.7~5.5 GBq)의 방사성옥소를 투여하는 방법이 있다. 1,110 MBq의 저용량으로 갑상선을 제거하는 방법은 외래에서 투여할 수 있는 장점이 있고 좋은 결과를 보고하기도 하나 대체로 고용량을 사용한 경우에 비해 성공률이 낮고 이후에 방사성옥소 치료를 할 때 갑상선암은 남아 있으나 방사성옥소를 섭취하는 능력을 떨어뜨릴 우려가 있다.

이상적인 방법은 방사선량을 정량적으로 계산하여 방사성옥소의 용량을 정하는 방법이 제시되고 있다. Maxon 등은 남아있는 갑상선 조직에 30,000rad, 전이 림프절에 8,500 rad 이상의 방사선량이 되도록 한 경우에 80% 이상의 제거율을 보였다. 이런 정량적인 프로토콜에서는 혈액으로의 방사선량이 200 rad, 48시간에 전신에 4.44 GBq (120 mCi) 혹은 폐전이 있을 때 폐에 3 GBq (80 mCi)이하가 남아 있도록 용량을 정한다. 하지만 방사선량을 측정하는 것은 간단하지 않다. 남아있는 조직의 양을 측정해야 하고, 유효반감기를 측정하기 위해 여러 날에 걸쳐 조직에서의 방사성옥소 섭취를 연속적으로 측정해야 하고, 조직의 기하학적 위치에 대해 가정이 필요하다. [배상균, 2006]

또 다른 방법으로 경험적으로 30, 75, 100, 150 mCi의 방사성옥소를 사용하는 것이다. 남아있는 갑상선 조직이 적을 때는 2.8~4.7 GBq (75~125 mCi), 많을 때는 3.7~5.6 GBq (100~ 150 mCi)를 투여한다. 경부 림프절에 전이가 있거나 국소 침습이 있을 때는 5.6~6.5 GBq (150~175 mCi)를 사용하고 원격전이가 있을 때는 7.4 GBq (200 mCi) 혹은 그 이상 사용한다. 잔류 갑상선조직을 제거하기 위해 대개 1.110 -3.700 MBq 을 사용하며 50 ~ 70%에서 60 ~ 90%의 성공률을 보고하고 있

다.[Maxon HR, 1983] [Maxon HR. 1999] 잔류 갑상선암 여부가 확실하지 않거나 가능성이 큰 경우는 더 많은 용량의 I-131을 이용한다.

투여한 방사성옥소의 갑상선내 섭취는 혈청내 갑상선자극호르몬(TSH)에 의해 좌우된다. 따라서 충분한 양의 방사성옥소가 섭취되어 치료효과를 나타내기 위해서는 혈청 TSH치가 적어도 30 μ IU/ml 이상 되어야 한다. 수술후 갑상선호르몬을 주지 않고 약 6주간 기다린 후 혈청 TSH의 상승을 확인한 후 방사성옥소를 투여한다. T4를 복용중인 환자에서는 약을 4~6주 끊거나, 갑상선 기능저하증의 불편을 줄이기 위해 T4를 T3로 바꾸어 3-4주 복용한 후 2주간 끊고 방사성옥소를 투여한다.

최근에는 유전자 재조합 갑상선자극호르몬(recombinant human TSH, rhTSH)이 합성되어 임상에 사용되고 있다. rhTSH 0.9 mg을 이틀에 걸쳐 2회 주사하고, 3일째 방사성옥소를 투여하고, 4, 5일째 영상을 얻을 수 있다. 이 방법을 사용하면 갑상선호르몬을 끊은 것과 같이 혈청 갑상선자극호르몬을 상승시켜 갑상선 기능저하증의 불편 없이 방사성옥소를 진단 및 치료에 사용할 수 있게 되었다. 하지만 국내에는 아직 본격적으로 도입되지 않았고, 극히 일부에서 간헐적으로 시행하나 높은 가격이 문제가 될 것으로 보인다.

투여한 방사성옥소의 섭취를 높이기 위해 적어도 1주일간 옥소가 포함된 음식이나 약제를 금해야 한다. 리튬(litium)은 방사성옥소의 조직 내 정체를 증가시켜 방사성옥소의 생물학적 반감기를 연장시킨다. 방사성옥소를 투여한 후 1~2일째부터 갑상선호르몬을 유지용량으로 주어 혈청 갑상선자극 호르몬치를 억제하여 혹시 있을지 모르는 미세전이 병소의 자극을 가능한 한 빨리 차단한다. 6~12개월 간격으로 재검사를 시행하고 재치료 여부를 결정한다.

4). 고용량방사성옥소 치료

갑상선암이 남아있거나 재발한 경우에 방사성옥소 치료를 행하게 된다. 치료용량의 결정에는 정량적 선량측정법을 통해 계산하는 방법과 경험적으로 표준화된 용량을 사용하는 방법이 있다. 흔히 사용하는 표준화된 용량은 갑상선상에만 국한된 경우 5.5 GBq (150 mCi), 림프절 전이가 있을 때 6.5GBq (175 mCi), 원격전이가 있을 때 7.4 GBq (200 mCi)를 투여하는 것이다. Harbert는 선량측정법을 통한 치료가 표준화된 용량을 사용하는 것에 비해 더 효과적이라고 할 증거는 없었다고 하고 표준화된 용량을 사용하는 것이 시간이 많이 소요되는 측정법을 피하고 치료의 비용을 줄인다고 하였다.

치료 용량의 방사성옥소 투여 후 5-8일에 스캔을 얻는다. 치료후 스캔에서 10 ~ 26%의 환자에서 추가적인 전이 병소를 발견한다고 보고하고 있다. 새로운 병소는 대개 경부, 폐, 종격이며, 약 10%의 환자에서 병기가 바뀌고 9 ~ 15%의 환자에서 치료원칙에 변화가 있다.[Fatourech V, 2000] [Souza 2004]

폐전이암은 병소의 크기, 방사성옥소 섭취 능력 등이 치료효과를 예측하는 중요한 인자이다. 미세 전이암은 방사성옥소로 치료하여야하며, 반응이 있는 한 6 ~12개월마다 재 치료한다. 큰 결절로 이루어진 폐전이암도 방사성옥소 섭취능력이 있으면 방사성옥소로 치료할 수 있다. 방사성옥소를 어느 용량으로 얼마나 자주 투여할 지는 치료에 대한 반응, 질병의 진행 정도, 환자의 병소의 크기, 다른 전이암의 유무 등을 고려하여 결정하여야 한다.[Ronga G, 2004]

단독 뼈 전이암은 수술로 제거하면 생존율을 향상시킬 수 있다. 방사성옥소를 섭취하는 뼈 전이가 있으면 방사성옥소 치료로 생존율을 향상시킬 수 있다.[Bemier MO, 2001] 방사성옥소 용량은 경험적 용량(5.55 ~ 11.1

GBq mCi)을 투여하거나 방사선량측정을 통해 투여한다.

다른 방법으로 최대 허용용량을 계산하는 방법이 있다. 즉, 혈액으로의 방사선량이 200 rad, 48시간에 전신에 4.4 GBq (120 mCi) 혹은 폐전이 있을 때 폐에 3 GBq (80 mCi)이하가 남아 있도록 용량을 정한다.

5). I-131 신티그라피에서 음성인 환자의 치료

혈청 갑상선글로불린은 상승되어 있으나 I-131 신티그라피가 음성인 환자는 과거에는 방사성옥소로 치료하지 않았었다. Pineda 등, Pacini 등은 이런 환자에서 고용량(100~ 150 mCi)의 방사성옥소를 투여한 후 결과를 보고하였다. 약 절반의 환자에서 혈청 갑상선글로불린치가 감소하였으며, 치료 후 신티그라피에서 방사성옥소 섭취를 보이는 병소를 확인 할 수 있었다. 따라서 이런 환자에서는 가능한 한 허용되는 최대 용량의 방사성옥소 치료를 고려할 수 있다.

최근 양전자 방출 단층 촬영술이 I-131 신티그라피 음성인 환자에서 사용되어 좋은 결과를 보고하고 있다. I-131과 F-18 FDG 신티그라피를 동시에 얻은 경우에 일치하는 경우도 있으나, I-131 단독 혹은 F-18 FDG 영상에 단독으로 보이는 경우도 있었다. F-18 FDG 섭취는 갑상선암의 예후와 밀접한 관련이 있으며 종양의 악성도와 관련이 있다.

다. 방사성옥소 치료의 합병증

1). 저용량 방사성옥소 치료 후

갑상선 기능저하증이 발생할 수 있는데 기능저하증의 빈도는 120 μ Ci/g의 방사성옥소를 사용한 경우 2년째 약 20%이며, 매년 2~3%씩 증가하기 때문에 방사성옥소에 의한 암의 발생 가능성에 대한 우려가 늘 제기되고 있다. 그러나 현재까지는 50년 이상의 경험에서 암의 원인이 된다는

뚜렷한 증거는 없다.

갑상선 기능항진증에 대한 방사성옥소 치료시에는 방사선 갑상선염 등 국소적인 부작용은 거의 없다. 투여 받은 첫 1~2주 사이에 갑상선 세포가 파괴되면서 저장되어 있던 호르몬이 방출되어 일시적으로 갑상선기능항진증이 악화될 수 있으며, 드물게 갑상선 위기(thyroid crisis)에 빠질 수 있다.[Nusynowitz ML. 1997] [Goldsmith SJ. 2001] [Harbert JC. 1987]

비록 성선의 방사선 노출량에 근거한 실험 자료는 없지만, 방사성옥소 치료 후 최소 4 ~ 6개월간 피임을 권한다. 태아 갑상선은 10 ~ 12주에 옥소를 섭취하기 시작한다.

2). 고용량 방사성옥소 치료 후

일시적으로 수 시간 내지 수일에 걸쳐 식욕부진, 오심, 구토, 맛을 느끼는 감각의 소실, 침샘염 등이 생길 수 있다. 침샘의 손상을 예방하기 위해 amifostine, 수분섭취, 신맛을 내는 사탕, 콜린성제제, 항구토제 등을 사용하며 치료 전 환자에게 미리 설명을 통해 안심을 시켜야 한다. 하지만 이들 예방법의 효능에 대해서는 자료가 아직 불충분하다. 방사성요오드 복용 후 1시간 내에 신맛을 내는 사탕을 먹으면 오히려 침샘의 손상을 증가시킬 수 있다는 보고도 있다. 구강건조가 있으면 치아우식의 위험이 커지므로 예방을 위해 치과 진료를 받도록 한다.[Harbert JC. 1987] [Sweeney DC, 1995]

장기간의 추적관찰 연구에서 발암(이차 암) 발생의 가능성에 우려가 있다. 하지만 방사성옥소 치료 후 이차적인 암이 더 많이 발생했다는 증거는 없다. 또한 갑상선암을 가진 여성에서 유방암의 위험이 높다는 보고도 있다. 하지만 일반인에 비해 더 철저한 선별검사를 하는 것에 대한 뚜렷한 이득의 증거가 없어 일반적으로 환자의 나이에 맞는 암의 선별검사를

하는 것이 추천된다.

골수독성으로 경한 빈혈, 백혈구감소증, 혈소판감소증이 일시적으로 나타날 수 있으며 대개 3개월 내에 정상으로 회복된다. 방사성옥소 치료를 수 차례 받은 환자에게서 백혈구, 혈소판 수가 약간 감소되어 지속될 수 있다.

I-131치료 후 여성에서 일시적인 난소기능장애로 무월경 혹은 성선자극호르몬의 상승이 관찰된다는 보고가 있다. 하지만 불임, 유산, 태아의 기형이 증가하지는 않는다. 방사성옥소 치료를 받는 여성은 6-12개월간 피임하도록 하여야 한다.

라. 방사성옥소(I-131) 치료의 현황

방사성옥소 I-131을 이용한 치료용량을 결정할 때 옥소전신스캔을 시행하여 남아있는 갑상선조직의 정도, PET/CT 영상검사와 각 장기나 림프절 전이 여부, 혈중 Thyroglobulin값에 따라 I-131의 치료용량을 결정한다. [Sweeney DC, 1995] [Goldsmith SJ. 2001]

일반적으로 외래 치료용량은 33 mCi 이하로 제한하고, 격리 치료용량은 33mCi이상으로 통상 100mCi, 150mCi, 200mCi, 300mC를 capsule형태로 투여하고 있다. 국내에서 치료병실은 구비하여 고용량의 방사성옥소치료를 하는 병원은 치료용량이나 개인 차이에 상관없이 방사성옥소 투여 후 1박2일에서 3박4일째 퇴원을 시키고 있다. 이것은 국내 관련법규에 퇴원기준에 대한 명확한 기준이 제시되지 않고 있기 때문이며, 병원별로 ICRP pub25, NCRP 1996년 권고(퇴원기준으로 1m 거리에서 5mR/h 이하 또는 몸속에 남아 있는 방사능 1,110MBq(30mCi) 이하로 한다), IAEA 1994년 권고(몸속에 남아 있는 방사능 1,110MBq(30mCi) 이하로 한다), U.S. NRC 1997 guide에 따라 병원실정에 맞게 적용하여 실시하고 있다.

본 연구는 이들 규정안에서 허용하는 외래치료용량에 대한 방사선량을 측정하고, 입원치료환자의 방사선량을 비교하였으며, 특히 투여환자의 방사선 배출은 촉진하기 위해 수액공급과 충분한 수분섭취를 권장하여 방사선량을 측정하고 수액 공급 없이 충분한 수분섭취만을 교육하여 방사선량을 측정하고 비교하였다.

제 2 절 피폭선량

1. 의료진의 직업상 선량

환자가 병원에 억류되어 있을 때 직업상피폭의 주요 선원은 외부 방사선이다[Castronovo 등, 1986] [Ho 와 Shearer, 1992]. [Barrington 등 1996a]은 갑상선 암의 제거와 후속추적을 위해 I-131을 투여한 환자를 돌보는 7일 동안 간호진의 직업상 선량을 계산했는데 그 결과를 표2-2-1에 보였다. 실측은 Barrington등에 의해 수행된 평가가 매우 보수적이라는 것을 말해준다. 예를 들어 [Denman과 Martin 2001]은 800MBq의 방사성 옥소를 투약 받은 말기 암 환자 간병인의 실제 값을 보고했는데 여기에서 간호사가 최대 250 μ sv의 유효선량을 받은 것으로 나타났다.

표2-2-1. I-131을 이용한 갑상선 절제치료 후
7일 동안 환자로 부터 받는 간호요원의 계산된 누적선량(mSv)

방사성(MBq)	간호 없음	부분적 간호	병상환자	준 보행환자	보행환자
1850	6.2	2.4	1.0-1.1	0.2	0.08
3700	12.6	4.8	2.1	0.4	0.16
5550	19.0	7.1	3.1	0.6	0.25
7400	25.3	9.5	4.2	0.8	0.33

출처 : [Barrington 등 1996a].

* 갑상선 절제 후 암 추적 환자의 값은 이 값들의 10%이내이다.

예를 들면 심장질환이 있는 전이 갑상선암 또는 갑상선항진 환자처럼 일부 환자들은 의료상 불안정하여 비 밀봉 방사성핵종을 이용한 치료 후 퇴원할 수 없다. 이러한 환자들은 일반적으로 격리 병실에 입원되지만 수술이나 의식회복 절차를 요구하는 긴급한 상황이 생길 수 있다. [Griffiths 등 2000]은 이러한 한 경우에서 직업상 방사선 피폭과 오염에 대해 보고했다. 환자가 3011MBq의 NaI-131을 투여 받은 6일 후에 수술이 필요했다. 환자는 결국 사망했고, 부검을 거쳐 화장되었다. 외과의사는 $20\mu\text{Sv}$ 의 선량을 받았고, 중환자실 담당 간호사는 $40\mu\text{Sv}$ 를, 그리고 영안실 관리자는 $14\mu\text{Sv}$ 를 받았다. 만일 외과수술이 다급한 상황이 I-131을 투약한 직후에 발생되었다면 의료진의 선량은 0.8mSv 까지 높아질 수 있다고 평가되었다. 중환자실의 채액 용기와 세탁실에 상당한 오염(대략 6MBq)이 있었다. 병원에 격리되어 있는 환자들은 접촉하는 표면, 특히 화장실 주변 지역의 표면을 오염시킨다. 이러한 지역은 종종 다른 환자들이 사용하기 전에 제염을 필요로 할 것이다.

I-131은 침 속에서도 발견된다. 따라서 간호사들은 구토, 기침 또는 콧물을 흘리는 환자를 다룰 때 주의해야한다. I-131로 치료받은 환자는 호흡을 통해 방한 공기로 얼마정도를 배출한다. 하나 이상의 보고서에서 갑상선 암 환자는 치료 후 최초 하루 동안은 최대 허용농도를 넘기기에 충분한 방사능을 내뿜다고 했다.[Ibis 등, 1992]. 때로는 방사성옥소로 치료 받은 환자가 그들의 혈액과 관련된 절차(특히 혈액투석 hemodialysis)를 필요로 한다. I-131로 치료받은 환자가 혈액투석을 받는 뒤, 투석 장치에 유의한 방사능 오염은 보고되지 않았다. 이는 Tc- 99m 같은 다른 방사성핵종을 투여 받은 환자에서도 확인되었다. I-131로 치료받은 환자 투석 후, 1회용 도관, 폐기물 주머니와 필터에 경미한 오염이 있어 폐기에 앞서 대략 8주 정도 보관하여 붕괴시킬 필요가 있었다. 투석을 하는 갑상

선험진 환자에서 I-131의 평균 유효반감기는 약 7일로 나타났는데 이는 투석을 하지 않는 갑상선항진 환자에서 보다 길다.[Homer와 Smith, 2002]

2. 환자여행으로 받는 타인의 선량

투여방사능이 800MBq 미만인 갑상선항진 환자에 대한 최근 영국의 연구에서, 퇴원하여 집으로 가는 중 여행 선량률은 $49\mu\text{Sv/h}$ ($4\sim 252\mu\text{Sv/h}$ 범위)로 평균된다. 이 평가와 다른 측정들에 근거하여 일부 저자는 자가용 여행에 대한 시간제약은 필요하지 않고, 제약은 단지 대중교통 이동에 대해서만 가끔 필요하다고 지적했다 [Barrington 등, 1996b] [Gunesequera 등, 1996]. [O'Doherty 등 1993]은 방사성옥소로 치료받은 갑상선항진 환자의 여행에 대한 지침을 제안했는데, 이를 표2-2-2에 보였다.

표2-2-2. 일반인 선량을 5와 1mSv/y로 제한하기 위한 성인
갑상선항진 환자에 대한 제안되는 일일 여행시간(단위 : h/일)

방사능(MBq)	자가용 여행		대중교통 여행	
	첫 주	둘째 주	첫 주	둘째 주
200	24(24)	24(24)	24(3.5)	24(24)
400	24(24)	24(24)	12(1.5)	24(14)
600	24(24)	24(24)	7(1.0)	24(9)
800	24(24)	24(24)	4(0.5)	24(7)

자가용 여행은 파트너 외 사람과 1m에서 있고, 대중교통 여행은 파트너 외 사람과 0.1m에서 접촉하는 것으로 가정하였다.

출처 : [O'Doherty 등 1993].

* 괄호 안의 값은 일반인 선량을 1mSv/y로 제한하기 위해 제안된 시간이다.

실측 선량률에 근거해서 [Barringtonemd 1996a]은 절제를 위해서나 후속 추적에 위해 I-131로 치료받은 갑상선암 환자가 주는 일반인 선량을 1mSv/y로 제한하기 위한 여행 지침을 계산했다. 표2-2-3.은 그 결과이며, 표2-2-4.는 제안된 제약들을 비교하고 있다.

표2-2-3. 일반인 선량을 1mSv로 제한하기 위한
갑상선암환자에 대한 자가용 여행시간(단위:h)

방사능 (MBq)	투여 후 24시간까지	투여 후 24시간까지 이후	투여 48시간 이후
1850	8	20.5	24
3700	4	10	18.5,(24)
5550	2.5	6.5	12.5,(17)
7400	2	5	9,(13)

출처 : [Barrington 등 1996a].

* 위값은 절제 환자에 대한 것이고, 괄호 안 값은 후속추적 환자에 대한 값이다.

표2-2-4. I-131투여환자의 접촉하는 사람의 피폭을 1mSv/y로
제한하는 여행제약을 상이한 모델로 도출한 결과의 비교

방사능 (MBq)	1일 자가용 여행 시간(h)	1일 대중교통 여행 시간(h)
200	24(24)	8.0(3.5)
400	"	4.0(1.5)
600	"	2.5(1.0)
800	"	2.0(0.5)

출처 : [Leslie 등 2002] 및 [O'Doherty 등1993].

괄호 안의 값이 [O'Doherty 등 1993]의 값이다.

3. 치료용 방사성의약품 사용 후의 방사선방호

치료 목적으로 이용되는 방사성의약품들은 방사선방호 주의에 대한 요구가 광범위하다. 일부 방사성의약품은 상대적으로 배설이 거의 없이 인체 내부에 고착되고 본질적으로 환자의 조직에 모두 흡수되는 베타선을 위주로 방출한다. 이런 경우는 환경이나 다른 사람에 대한 위험이 거의 없다. 이런 종류의 방사성 핵종의 예로 Sr-89, P-32, Re-186, Y-90, Sm-153 및 Au-189이 있다. 200MBq 이하의 베타 방출체(P-32, Re-186, Y-90)로 치료받은 환자들은 다른 사람의 피폭과 관련해서 특별히 주의해야 할 필요는 없다. 예외라면 뼈 전이암 통증치료를 위해 P-32, Sr-89 또는 Sm-153 lexidronam을 받는 환자의 경우다. 이들 화합물의 대략 60 ~ 70%가 뼈에 집중되지만 일부는 투여 후 소변을 통해 배출되므로(대략 초기 시간 이내에 배출 가능량의 35%, 초기 48시간 이내에 80 ~ 90%) 소변으로부터 오염을 피하기 위해 주의 깊은 위생관리가 필요하다.

일부 방사성핵종은 그들이 붕괴되기 전에 인체 외부로 배출되는 다양한 경로가 있고 베타 외에도 감마선을 방출하는 핵종도 있다. 예방조치를 강구하지 않으면 이러한 종류의 방사성의약품은 바람직하지 않은 방사선이나 오염으로 다른 사람이나 환경을 피폭시킬 수 있다. 이런 종류로 가장 대표적인 방사성핵종은 I-131이다.

갑상선항진증을 치료받는 환자에 투여되는 I-131 방사능은 대략 100MBq에서 1000MBq정도 된다. 갑상선암 치료를 위해 투여하는 방사능은 대략 4000MBq에서 8000MBq 사이이다. I-131 투여에 따라 공중의 구성원이나 하수계통 근로자에 대한 주된 피폭원은 외부피폭이다. 의료진이나 친척 및 간병인에 대해서도 주요 피폭원은 외부피폭이지만 이들은 환자로부터 오염에 의해 피폭될 가능성도 있다.

4. I-131의 주요 피폭경로

방사성옥소로 치료받은 환자로부터 다른 사람이 받는 피폭은 중요도가 큰 순으로 외부피폭, 오염으로 초래되는 내부피폭, 그리고 일반 환경경로이다.

방사성옥소 치료 후 초기 며칠 동안 치료받은 환자의 침에 의한 유아와 아동의 오염은 아이의 갑상선에 상당한 선량을 야기하고 이후 방사선유발 갑상선암 위험을 잠재적으로 증가시킬 수 있다.

일반적으로 사용되는 다른 비 밀봉 치료용 방사성핵종들에 의한 선량은 방사성핵종이나 고려하는 환경경로에 관계없이 일반인 선량한도와 간병인에게 적용되는 선량제약보다 충분히 낮다.

친지, 간병인 및 일반인의 피폭은 다음과 같은 여러 경로로 발생할 수 있다.

- (i) 환자에게 근접한 사람들의 외부 피폭
- (ii) 배설되거나 내설 방사성옥소에 의해 환자에 근접한 사람들의 체내 오염
- (iii) 하수, 수계 방출, 소각 슬러지, 사체 화장을 포함하는 환경경로를 통한 피폭

NaI-131은 흡입, 피부를 통한 흡수 혹은 경구섭취를 통해 인체로 들어갈 수 있다. 갑상선항진증이나 갑상선암 치료를 위해 통상 액체나 캡슐 형태로 경구를 통해 이를 투여한다. 옥화물은 소화관에서 혈류로 빠르게 흡수되고, 기능갑상선조직에 포착되어 유기화 된다. 방사성옥소 표지 갑상선 호르몬은 간과 근육에 의해 신진 대사되는 혈장결합 단백질로 순환한다. 일부 방사성옥소는 간에서 결합되어 담즙을 통해 창자내강으로 배출된다.

침샘, 위 및 수유 유방은 혈장의 수준보다 대략1520배 정도로 무기옥화

물의 농도구배를 유지할 수 있는 피막조직 epithelia을 포함하고 있다.
방사성옥소는 주로 소변으로 배출되나 침, 땀 및 변에도 소량 포함된다.
작은 양이 날숨으로도 나온다.

하수 계통으로 배출되는 방사능 비율을 다양한 방사성핵종에 대해 표 2-2-5에 보였다. [Driver와 Parker 2001]은 갑상선암 종으로 방사성옥소 치료를 받는 174명의 환자로부터 측정된 방사능에 배출을 보고했다. 그들은 투여된 방사능의 대략 55%가 치료기간 초기 24시간 이내에, 그 다음 24시간에 22%, 셋째 24시간에는 6%가 배출되는 것을 밝혔다. 전체 85%가 최기 5일간 하수계통으로 배출되었다. 규제 목적으로 종래에는 투여된 방사능의 100%가 배출된다고 가정해왔었다. 그러한 가정치 사용은 약간 보수적이고 잠재적 환경 영향을 대략 15%정도 과대평가할 수 있다.

표2-2-5. 하수로 배출된 투여 방사능 비율

핵종 및 형태	치료 대상 질병	하수설비로 배출된 비율(%)
Au-198 colloid	악성 질환	0
Iodine-131	갑상선항진	54
Iodine-131	갑상선암	84~90
I-131 MIBG	크롬친화성세포종 Pheochromocytoma	89
P-32 phosphate	진성적혈구종다증	42
Sr-89 chloride	뼈 전이암	92
Y-90 colloid	관절염	0
Y-90 antibody	암	12
Er-169 colloid	관절염	0

* 완전 소멸할 때까지 총 배출량 기준.

5. 환자로부터 외부선량을

방사성 환자로부터 타인에 대한 흡수선량을 계산하는 많은 경우에 방사능 분포는 무 감쇠 점 선원으로 가정한다. 인근 사람에 대한 외부선량 평가는 보통 역자승의 법칙을 이용한다. 이는 갑상선항진 환자나 국부전이 있는 갑상선암 환자에서 옥소가 집중해 있는 경우에는 본질적으로 틀어맞는다.

하지만 방사능이 환자 체내에 넓게 분포되어 있다면 무감쇠 점선원(point source) 모델 사용은 근접해있는 사람들의 선량을 과대평가할 것이다. 선형선원(linear source) 감쇠보정 모델이 더 정확하고 일상적으로 적용될 수 있다. 이 모델은 뼈 전이암(osseous metastasis)의 통증치료나 방사선면역치료를 받은 환자에 대해서 보다 적합할 것이다.[Lubin, 2002] [Siegel 등, 2002a].

I-131방사능을 투여 받은 환자로부터 누적 외부피폭은 환자가 정상 갑상선기능인지, 갑상선중독증인지 혹은 갑상선암 치료를 받았는지에 따라 2 ~ 3배 달라질 것이다. 그 때문에 많은 저자들이 다른 유형의 환자에 대해 시간별로 선량률을 측정해왔다. [Culver와 Dworkin 1991]은 갑상선항진 치료를 위해 I-131투여 후 811일까지 여러 거리에서 선량률을 측정했다. (표2-2-6.)

표2-2-6. 갑상선항진 치료(I-131)를 받은 환자로부터 다양한 거리에서 투여 후 여러 시간에 측정된 선량률($\mu\text{Sv/h/MBq}$ -투여방사능)

거리(m)	0일	24일	57일	811일
0.6		0.059	0.034	0.024
1.0	0.046	0.022	0.014	-

출처 : [미국 NCRP(1995).]

[O' Doherty 등 1993]도 갑상선항진에 대해 방사성옥소를 투여 받은 환자로부터 선량률에 대한 연구를 수행했다. 그 결과는 대체로 유사하며 표 2-2-7. 에 나타나 있다.

표2-2-7. 갑상선기능항진 치료(I-131)를 받은 환자로부터 다양한 거리에서 투여 후 여러 시간에 측정된 평균 선량률($\mu\text{Sv/h/MBq}$ -투여방사능)

거리(m)	0일	1일	3일	6일	8일	10일
0.1	1.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.10.5
0.5	0.2	0.1	0.1	0.07	0.05	0.04
1.0	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02

출처 : [O' Doherty 등 1993.]

[Barrington 등 1996a]도 갑상선암에 대해 절제나 후속 I-131 치료를 받았던 환자로부터 실제 외부선량률을 측정했다. 결과는 표2-2-8.와 표 2-2-9.에 나타나 있다.

표2-2-8. 갑상선암으로 절제치료를 받은 환자로부터 거리와 투여 후 시간에 따라 측정된 선량률($\mu\text{Sv/h/MBq}$ -투여방사능)

거리(m)	0일	1일	2일	3일	4일	7일
0.1	0.665	0.187	0.088	0.069	0.053	0.016
0.5	0.114	0.049	0.025	0.019	0.014	0.007
1.0	0.046	0.019	0.009	0.007	0.007	0.004

출처 : [Barrington 등 1996a].

표2-2-9. 갑상선암 후속치료를 받은 환자로부터 거리와
투여 후 시간에 따라 측정된 선량률($\mu\text{sv/h/MBq}$ -투여방사능)

거리(m)	0일	1일	2일	3일	4일	7일
0.1	0.746	0.274	0.085	0.030	0.026	0.001
0.5	0.126	0.051	0.017	0.006	0.002	0.0003
1.0	0.046	0.019	0.007	0.003	0.002	0.004

출처 : [Barrington 등 1996a.]

표2-2-8.와 표2-2-9. 는 투여된 방사능 단위 당 외부 선량률이 갑상선암 환자에서는 시간에 따라 매우 급속하게 감소함을 보여준다. 갑상선암 환자에게서 갑상선이 제거되었기 때문에 방사성옥소가 역류되지 않는다. 그 결과 대부분의 투여 방사성옥소가 치료 후 초기 2일 안에 소변으로 배설된다. 일부 저자는 기하학적 영향을 최소화하기 위해서는 외부선량측정이 환자로부터 2~3m 거리에서 이루어져야 한다고 제안했다. 환자가 상당량의 방사성의약품을 축적하는 종양의 잔여병소들을 갖고 있다면 사정이 다르다.

6. 다른 사람의 오염

성인에게서 오염은 외부피폭 관리보다 덜 중요하다. 그러나 태아와 아동 갑상선의 갑상선암 유발 민감도 때문에 아동이나 임부의 오염을 피하는 것은 매우 중요하다. 방사성옥소 치료를 받는 어머니의 모유수유는 즉시 중단되어야 한다.

일반적 경험 규칙은 다루고 있는 방사능의 백만분의 1을 초과하지 않는 양이 그 방사성물질을 취급하는 개인에게 섭취될 것으로 가정한다. 이는

작업장의 일상적 활동과 사고 피폭에서 작업자들의 섭취는 물론 사고 시 시설로부터 공기 중으로 유출된 방사능에 의한 대중의 섭취에 대하여 개발되었다. 적어도 두 연구[(Buchan과 Brindle, 1970) [Jacobson 등, 1978]에서 환자에게 노출된 개인 섭취가 이와 같은 규모로 나타났다. 몇몇 나라에서는 훨씬 더 보수적인 값들이 사용되고 있는데, 예를 들면 네덜란드에서는 다루는 양의 1%가 내부 섭취된다고 가정하고 있다. 환자 소변에 접촉함을 제외하면 많은 연구에서 방사성옥소에 의한 오염 위험이 무시할 정도는 아니지만 대체적으로 낮게 나타났다. 성인인 친지들에게 오염에 의한 내부선량은 보통 외부선량의 10%미만이다. 날숨, 침, 땀, 소변 혹은 모유를 통해 환자로부터 방출되는 방사성옥소는 친지 및 간병인에게 피폭을 줄수 있다. 피부와 갑상선 선량을 측정한 한 연구에서 외부피폭은 내부피폭 갑상선 선량당량을 100배 이상이었다[Jacobson 등, 1978]]

200-600 MBq의 I-131로 치료받은 갑상선항진 환자의 다양한 체액에서 방사능도 측정하였다[O'Doherty 등, 1993]. 치료후 초기 24시간동안 모은 침의 평균 방사능은 86.7 [Bq/g/MBq-투여방사능] 이었다. (변동범위 0.6 ~208 [Bq/g/MBq-투여방사능]). 치료 후 3일에는 이 값은 대략 27Bq/g/MBq로 감소했다. 침의 최대 방사능은 대략 치료 후 24시경에 발생한다. 몇몇 저자들은 치료 후 초기 48시간 동안은 환자와 친지 사이에 구강-대-구강 접촉을 말도록 권하고 있다.

치료 후 초기 24시간 동안 손바닥의 땀을 통한 방사능 분비는 170Bq/cm²(변동범위 13~1027Bq/cm²)이고, 손바닥의 평균 분비는 24시간 이내에 45kBq이었고, 투여된 방사능이나 신체 크기와는 관련성이 작았다. 따라서 땀의 I-131오염에 의한 위험은 적다.

[Nishizawa 등 1980]은 많은 수의 갑상선항진 환자들로부터 옥소 분비를 관찰하여 몇 가지 흥미 있는 결과를 얻었다. 925MBq을 투여 받은 환

자에서, 투여 후 초기 수 시간을 제외하고는 침의 ml 당 방사능이 가장 높았다(대략 370kBq/ml). 혈액에서는 이보다 1/20 정도로 작았고(대략 18kBq/ml), 땀에서는 1/1000정도로 작았다(대략 0.37kBq/ml). 또, 환자 침의 방사능은 매우 급격하게 감소하는데 치료 후 3일째에는 초기 최대치의 약 1%정도이다.

[Lassmann 등 1998]은 방사성옥소 치료의 경우 투여된 I-131 방사능의 0.1%까지 치료실 공기 중으로 방출됨을 보였다. 방사성옥소 치료 후 이틀 동안 입원한 환자의 친지들 중 2/3은 그들의 갑상선에 갑상선측정으로 검지될만한 방사능을 갖고 있을 것이다. 이 방사능이 날숨의 방사성옥소에 의한 것인지 다른 오염에 의한 것인지는 분명치 않다. 최대 방사능은 전신에서 4kBq, 갑상선에서 0.2kBq로 측정되었는데 이는 2mSv의 갑상선 선량을 야기할 것이다. 평균 갑상선 선량은 0.2mGy이다. 최대로 노출된 친지의 내부 오염에 의한 유효선량은 1mSv인 일반인 선량한도 미만이다.

[Hanscheid 등 2003]은 핵의학 치료병실 직원에 대한 일일 갑상선 I-131모니터링을 수행했다. 갑상선 선량은 구하여 평균한 값은 0.35mGy/월이었었는데 실내공기 교환이 충분할 경우 섭취위험이 낮음을 나타내고 있다.

[Schomaecker 등 2000]은 갑상선항진증과 갑상선암에 대해 치료 받은 환자들을 연구했는데[Lassmann 등 1998]에 의해 보고된 값보다 낮은 값을 보여, 내선 방사성옥소의 양이 투여된 방사능의 0.008%에서 0.03% 범위에 분포함을 발견했다. 내선 방사성옥소의 백분율 값은 갑상선암 환자보다 갑상선항진 환자 경우가 더 컸다. 내선 방사성옥소의 대부분은 유기 결합형이었다.

[Wellner 등 1998]은 갑상선항진 환자에 의한 방사성옥소 내섭과 그에 따른 친지들의 섭취를 연구했다, 그들은 만일 환자가 3일 동안 입원한다

면 친지 중 0.1mSv를 초과한 유효선량을 받는 사람은 아무도 없을 것으로 결론지었다. 그들의 가정과 모형에 근거하면, 환자가 통원치료를 받을 경우 친지에게 예상되는 유효선량은 6.5mSv에 이르러 1mSv인 일반인 선량한도를 초과할 것이다.

갑상선암 환자로부터 오염은 방사성옥소 투여 후 대략 24시간이 경과한 시점에서 가장 크고, 갑상선항진 환자에 의한 오염보다도 크다. [Ibis 등 1992]은 이러한 환자들에 의한 오염패턴을 연구했다. 피부에서 유리성오염을 투여 후 4, 24, 48시간이 경과한 시점에서 측정한 결과 방사능은 10Bq/cm²에서부터 250Bq/cm²이상까지의 범위에 있었다. 유리성오염과 투여된 방사능 사이에는 상관 관계가 있었다.

자주 씻는 환자는 유리성오염이 상당히 낮았다. 환자가 접촉한 표면의 유리성 오염은 매우 변동이 심하여 1미만에서 190Bq/cm²까지 범위를 가졌다. 치료 후 초기 48시간동안 좌변기 테 가장자리의 유리성 방사능은 여자환자(약 20Bq/cm²)보다 남자 환자(약 1000Bq/cm²)가 훨씬 컸다. 침의 방사능은 투여된 방사능에 비례하고 치료 후 24시간 경과 시점에서 가장 높았다. 11GBq의 방사능을 받은 환자의 경우, 24시간 경과 시 침의 방사능은 대략 4MBq/ml이었다.

치료 후 초기 이틀 동안 내원 I-131 방사능과 평균 공기농도도 측정되었다. 날숨 방사능 20~190Bq/l의 분포를 가졌다. 치료 후 첫날 동안 시간 당 평균 내원 방사능은 1.5×10^{-6} [Bq/h/Ba-투여방사능] 이었다. 4명의 갑상선암 환자의 경우 공기 중으로 내원 총 방사능은 2.2~4.9MBq이었고 평균 실내 공기 농도는 0.08~0.44Bq/l이었다. 측정이 이루어진 실내의 공기는 하루에 190 교환이 이루어졌다. 미국의 경우 관리구역에서 최대허용 농도는 0.33Bq/l이다.

7. 선량한도와 선량제약에 관한 최근의 국제 권고

선량한도와 선량제약에 관한 ICRP 권고가 나라마다 매우 다르게 해석되어왔다. 일부 나라에서는 선량제약을 엄격한 연간선량한도로 이해했다. ICRP 권고는 환자가 핵의학 치료 후에 입원해야 한다고 명시적으로 언급하고 있지 않다.

이 문서는 직접적으로 간병에 종사하지 않는 방문객은 물론 아동과 유아는 공중의 구성원(즉, 일반인 선량한도의 적용을 받는)으로 간주해야 한다고 권고한다.

1991년, ICRP는 선량한도와 선량제약에 관련한 권고를 발표했다. 선량한도는 표2-2-10에 요약되어있다.

ICRP 1990권고는 “직업상피폭이나 일반인피폭에 적용하는 선량한도 부합을 고려할 때 진단검사나 치료 과정에서 환자가 피폭한 선량을 포함하는 것은 적절치 않다.”고 밝힌다. 또한 “의료상 피폭은 자신에 대한 진료의 일부로서 받는 피폭과 진료를 받는 환자를 도우는 사람이 알면서 기꺼이 받는 피폭(직업상피폭제외)에 한정한다.”고 설명한다[ICRP, 1991]

선량제약에 관한 기존 권고는 환자와 동거하는 유아나 아동을 포괄한다. 유아나 아동은 인지동의를 구할 수 없고, 통상 환자를 보살피거나 평안하게 함에 관련되지 않으며, 방사선 유발 갑상선암 민감하게 때문에, 이제 그들은 환자를 돌보거나 위안함에 핵심이 아닌 방문자처럼 공중의 구성원으로 간주해야 할 것으로 본다. 즉, 이들 그룹은 1mSv/y 인 일반인 선량한도의 적용을 받아야 한다.

선량제약은 개인 피폭을 관리하는 선원중심 체계이며 그 아래서 최적화가 수행됨을 강조할 필요가 있다. 최적화는 선량제약을 충족한 후에 시행된다. 공식적 비용편익분석이 사용될 때 최적화는 본질적으로 선량의 크기, 피폭하는 사람의 수, 비정상 상태에서 피폭이 발생할 가능성을 포함하

는 판단 절차이다. 핵의학 치료를 받은 환자의 퇴원에 관련하여 최적화와 필요한 행동제한에 미치는 최적화 영향은 개인별로 다를 수 있다.

표2-2-10. ICRP에서 권고한 선량한도

적 용	직 업 상 피 폭	일 반 인 피 폭
유 효 선 량	지정된 5년간 평균하여 20mSv/yb	1mSv/yc
연간등가선량		
눈의 수정체	150mSv	15mSv
피부d	500mSv	50mSv
손 과 발	500mSv	

출처 : ICRP 1990년 권(1991).

- 선량한도는 지정된 기간 동안 외부피폭으로 인한 선량과 같은 기간에 섭취로 인한 50년(아동은 70년까지) 예탁선량의 합을 적용한다.
- 보충 조항으로 유효선량은 어느 단일 년도에 50mSv를 초과해서는 안 된다. 임부의 직업상피폭에는 추가 제약이 적용된다.
- 만일 5년 평균선량이 1mSv/y를 초과하지 않는다면 특별한 상황에서는 1년에 보다 높은 유효선량이 허용될 수 있다.
- 유효선량 한도는 확률적 영향에 대해 피부를 충분히 방호한다. 보충 한도는 국소피폭에 대해 결정적 영향을 방지하기 위해 필요하다.

국제원자력기구 [IAEA, 2002a])는 기본안전기준(BSS)Ⅱ-9항에서 환자도우미와 방문자에 대한 선량제약과 선량한도에 대한 실질 값을 권고하면서 “이 절에서 설정한 선량한도는 환자의 위안자, 예를 들어 방사선 피폭

을 알고도 의료 진단이나 치료를 받는 환자의 간병, 보조 및 위안을 위해 자발적으로 돕는 사람이나 방문자에게는 적용되지 않는다.”라고 밝히고 있다. 그러나 어떤 위안자나 방문자의 선량은 그 환자가 진단검사나 치료 기간 동안 5mSv를 초과하는 일이 일어나지 않도록 제약되어야 한다. 마찬가지로 방사성물질을 섭취한 환자를 방문하는 아동의 선량도 1mSv 이하로 제약되어야 한다.

IAEA 요건은 섭취된 방사성물질을 언급하지만 유추에 의해 이는 방사성물질을 정맥투여 받은 환자에게도 적용되어야 한다. 그러므로 IAEA 요건이 비록 직업 형태로 다수의 방사선치료 환자를 위안하거나 보살피는 개인이 과다한 선량을 피하도록 명시하지는 않으나 IAEA 요건이 기본적으로 ICRP 권고와 일치한다.

제 3 절. 퇴원기준의 국제 또는 국가지침.

표2-3-1은 미국의 Nuclear Regulatory Commission에서 1997년에 중요한 핵종에 대하여 치료병실과 관련하여 투여용량과 방사선량을 작성한 표 중에서 국내에서 사용빈도가 많은 핵종만 정리한 것이다.[US NRC, 1997]

표2-3-1에 의하면 베타선만 배출하는 핵종은 특별한 제한치가 정해져 있지 않다. 이들 핵종은 투과력이 약하고 그 선량이 감마선에 비하여 훨씬 낮을 것으로 판단하기 때문이다. 핵의학에서 가장 많이 사용하는 Tc-99m의 경우 760mCi를 투여할 경우 입원시켜야하고, Tl-201은 130mCi, Re-188은 790mCi I-123은 160mCi이상을 투여할 경우 입원을 시켜야 한다. 그런데 I-131은 33mCi이상 투여시 입원을 시켜야 하는데 이때 1m 거리에서 방사선량이 0.07mSv/hr이하가 되도록 요구하고 있다.

표2-3-1. Activities and Dose Rates for authorizing Patient Release

Radionuclide	COLUMN1 Activity at or Blow Which Patients May Be Released		COLUMN2 Dose Rate at 1 Meter, at or Blow Which Patients May Be Released	
	(GBq)	(mCi)	(mSv/hr)	(mrem/hr)
Cr-51	4.8	130	0.02	2
Ga-67	8.7	240	0.18	18
I-123	6.0	160	0.26	26
I-125	0.25	7	0.01	1
I-131	1.2	33	0.07	7
In-111	2.4	64	0.2	20
P-32	**	**	**	**
Re-186	28	770	0.15	15
Re-188	29	790	0.20	20
Sr-89	**	**	**	**
Tc-99m	28	760	0.58	58
Tl-201	16	430	0.19	19
Y-90	**	**	**	**

표2-3-1은 방사성핵종의 유효반감기보다 물리적반감기에 기반을 두었기 때문에 방사능과 선량률은 보수적이다. 이는 친지와 간병인은 물론 일반인에 대한 선량을 과대평가한다. 환자 고유선량계산을 이용하면 선량평가가 더 현실적이고 적절해져, 더 높은 방사능에서도 환자는 퇴원할 수 있다. 실제로 이제 미국에서는 건전하고 협력적인 환자는 무려 8000MBq 되는 높은 I-131 방사능을 가지고도 일상 퇴원하고 있다는 보고가 있다.

표2-3-2는 표2-3-1에 의하여 퇴원하더라도 주변사람에게 1mSv이상의 유효선량을 피폭시킬 수 있는 경우를 대비하여 환자에게 주의사항을 제공해야하는 용량과 방사선량을 작성한 표이다.

표2-3-2는 표2-3-1에 의하여 퇴원을 하더라도 표2-3-2 이상의 값에서는 주변사람들에게 피폭을 최소화하도록 주의사항을 적은 용지를 주고 잘 설명을 한 다음 퇴원 시켜야 한다. 표2-3-2에 의하면 다른 핵종은 모두 실제 사용량보다 수치가 훨씬 높아 문제가 없는데 I-131은 7mCi이상을 투여할 경우 주의사항을 주어야 되고 이때 1m 거리에서 방사선량이 0.02mSv/hr이상 이고, 실제로는 대부분의 I-131 치료환자에게는 주의사항을 주어야 되는 것이다. 상기 표2-3-1, 표2-3-2는 1997년에 USNRC는 방사성물질을 이용한 치료를 받은 환자의 퇴원에 관한 규정을 방사능에 근거한 한도에서 선량에 근거한 한도로 수정했다. 이 새로운 규정은 최대로 피폭할 것으로 보이는 개인이 유효선량당량 5mSv를 초과하지 않음에 기반을 두었다.

§2-3-2. Activities and Dose Rates Above
Which Instructions Could be Given When Authorizing Patient Release

Radionuclide	COLUMN1 Activity Above Which Instructions Are Required		COLUMN2 Dose Rate at 1 Meter Above Which Instructions Are Required	
	(GBq)	(mCi)	(mSv/hr)	(mrem/hr)
Cr-51	0.96	26	0.004	0.4
Ga-67	1.7	47	0.04	4
I-123	1.2	33	0.05	5
I-125	0.05	1	0.002	0.2
I-131	0.24	7	0.02	2
In-111	0.47	13	0.04	4
P-32	**	**	**	**
Re-186	5.7	150	0.03	3
Re-188	5.8	160	0.04	4
Sr-89	**	**	**	**
Tc-99m	5.6	150	0.12	12
Tl-201	3.1	85	0.04	4
Y-90	**	**	**	**

유럽의 국가들은 유럽BSS(European Union, 1996)와 의료상 피폭기준(European Union, 1996)을 채택했거나 채택하는 과정에 있다. I-131 치료 후 방사선방호에 대한 EURATOM(1997) 지침은 매우 통제적이어서 400MBq 방사능을 투여 받은 환자 가족에 아동이 있으면 통제가 2-3주에 이를 수 있다. 유럽연합 회원국들은 95MBq에서 800MBq에 이르는 유도 잔여 방사능제약을 적용하고 있지만 대부분 회원국에서는 400 ~ 600MBq에 설정되어 있다. 현재 유럽갑상선협회는 환자들이 약간의 제약을 준수한다면 I-131을 800MBq까지 투여하는 환자를 외래환자 방식으로 치료함에 호의적이다.(European Thyroid Association, 1996). 1mSv/yr로 유효선량을 제한하는 EURATOM BSS 96/29는 ‘의학적 진료를 받는 입원환자나 외래환자를 돌보고 위안함에 있어서 직업으로서가 아니고 알면서 기꺼이 돕는 사람의 피폭’에는 적용되지 않는다[European Union,1996].

유럽위원회(European Commission, 1998)는 “일반 법칙으로 방사성옥소를 사용하는 갑상선암 환자의 치료는 환자의 입원과 연계되어 시행되어야만 한다”라고 언급하고 있다. 많은 유럽간행물에서 제안되었던 선량제약은 아동 및 태아: 1mSv, 60세까지 성인: 3mSv, 60세이상 성인: 15mSv, 제삼자/일반인: 0.3mSv ((European Commission, 1998). 이는 스웨덴 규제와 동일하다. 스웨덴에서는 환자 체내방사능이 I-131은 600MBq, P-32는 1200MBq 그리고 Y-90은 1200MBq 미만이라면 입원이 필요하지 않다.(Swedish Radiation Protection Institute, 2000).

독일에서는 기본적으로 방사성옥소치료를 받은 모든 환자는 최소 48시간은 입원해야 한다. 퇴원기준은 일반인에 대해 1mSv로서 이는 2m 거리에서 측정값으로 3.5 μ Sv/h에 상응한다. I-131 유효반감기 7일을 고려할 때 환자 퇴원 방사능 한계량은 250MBq에 해당한다. 1mSv를 초과되지 않는다면 생물역동학로 다른 환자에 대해서, 또는 어려운 심리상태에 있

는 환자에 대해서는 이 방사능이 더 높아 질 수 있다.

일본에서는 I-131을 투여 받은 환자는 체내 방사능이 500MBq 미만 혹은 환자 표면으로부터 1m 거리에서 30 μ Sv/h미만이라면 퇴원할 수 있다. Sr -89를 받은 환자는 체내 방사능이 200MBq미만이면 퇴원할 수 있다. 현재 러시아의 환자 퇴원기준은 일반인에 대해 1mSv의 선량을 초과하지 않음을 근거로 하고 있다

호주와 뉴질랜드의 여러 그룹이 치료용 비 밀봉 방사성핵종으로 치료받은 환자와 관련된 방사선방호와 안전 문제를 연구하고 있다. 이들 그룹은 호주 뉴질랜드 핵의학회 (Australian and New Zealand Society of Nuclear Medicine)를 비롯하여 South Australian 병원과 대학 방사선 안전 관리자 그룹 (University Radiation Safety Officers Group)을 포함하고 있다. 현재 퇴원 권고의 초안은 본질적으로 일반인, 아동 및 임부에 대한 1mSv/yr의 한도와 환자를 돌보는 일에 동의한 친구와 친척에 대해서 5mSv/yr의 한도에 기반을 두고 있다. 선량한도에 추가로 ALARA 원리가 적용된다. 1m 거리에서 외부 선량률이 25 μ Gy/h를 초과하면 관리지역에서 관리되지 않는 지역으로 환자를 퇴원시켜서는 안 된다는 규정이 있다. (ARPANSA,2002). 나아가 예상되는 방사능 배설량을 특정 방사성의약품에 대한 연간섭취한도와 비교하여 퇴원시키자는 제안도 있다.

영국에서는 자문위원회가 최근 국내 권고 또는 국제 권고에 기반을 둔 지침을 제공하고 있다. 이 지침은 본질적으로 모범 임상관행으로 연계되지만 환자 퇴원에 관한 어떠한 지침도 포함하고 있지 않다. [Administration of Radioactive Substances Advisory Committee, 2000].

이는 의학물리공학연구소 Institute of Physics and Engineering in Medicine이 “ 의료 및 치의료 지침”에서 찾을 수 있다. [NRPB, 2000]. 다양한 그룹에 대한 잠재적 선량을 기초로 하여 환자를 퇴원시킬 수 있다.

간병인(comforters and carers)에 대해 권고된 절차당 선량제한은 5mSv이며 선량한도는 없다. 기타 선량 제약과 선량한도는 가족 구성원에 대해서 각각 연간 1mSv와 5년에 5mSv, 일반인에 대해서는 각각 연간 0.3mSv와 5년에 5mSv이다.

제 3 장 연구방법

제 1 절 연구대상

1. 1차 연구대상 (저용량 방사성옥소 치료환자)

1차 연구대상자는 저용량 방사성옥소로 치료하는 환자의 대하여 2003년 5월 21일~2006년 9월12일까지 외래에서 저용량 방사성옥소를 경구로 복용한 환자에 대하여 투여직후의 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였고, 환자의 키와 몸무게를 확인하고, 그 결과를 분석하였다. 1차 대상자의 일반적 특성은 아래 표3-1-1와 같다.

2. 2차 연구대상 (고용량 방사성옥소 치료환자)

2차 연구대상자는 고용량(100mCi이상)투여로 격리가 필요한 입원환자(부록 양식1 - 양식5 참조)에 대하여 2006년 10월 2일 ~ 10월 30일까지 2개 치료병실에 입원한 환자를 대상으로 입원기간 동안 수분섭취(5000ml이상)를 충분히 할 수 있게 교육시키고, 환자의 키와 몸무게를 확인하고, 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였고, 매 측정시마다 수분 섭취량을 확인 기록하고, 퇴원 시에 낮은 방사선량이 되는 것을 확인하였다. 2차 대상자의 일반적 특성은 아래 표3-1-2와 같다.

3. 3차 연구대상 (고용량 방사성옥소 치료환자)

3차 연구대상자는 고용량(100mCi이상)투여로 격리가 필요한 입원환자(부록 양식1 - 양식5 참조)에 대하여 2006년 8월 14일 ~ 9월 30일까지 2개 치료병실에 입원한 환자를 대상으로 환자의 키와 몸무게를 확인하고, 입원기간 동안 충분한 수분섭취(5000ml이상)를 할 수 있게 교육시키고, 수액 공급을 병행하여 (1일 1000ml를 기준으로) 입원기간 동안 계속 유지하도록 하였다. 그리고 환자의 상복부로 부터 1m에서의 방사선량을 측정하였다. 매 측정시마다 수분 섭취량을 확인 기록하고, 수액공급의 이상 유무를 확인하였다.

또 수액을 금지한 경우는

- ① 나이가 60세 이상인 환자.
- ② 심장기능 이상(문진과 심전도 확인)이 의심되는 환자.
- ③ 신장기능 이상(문진과 Cr. & BUN 수치 확인)이 의심되는 환자.
- ④ 수액과 관련된 질환의 경력이 있는 경우의 환자들로 반드시 환자차트를 확인하도록 하였다.

3차 대상자의 일반적 특성은 아래 표3-1-3. 와 같다.

표3-1-1. 저용량 방사성옥소 치료환자

그 룹	A	B	C	D	E
환자수(n)	22	1	128	142	28
성별(남)	4	-	21	22	2
성별(여)	18	1	107	120	26
연령(20-29)	6	-	13	19	6
연령(30-39)	3	-	17	23	4
연령(40-49)	9	1	39	33	4
연령(50-59)	2	-	41	45	9
연령(60이상)	2	-	18	22	5
키(최고)	171	160	178	178	175
키(최저)	148	160	144	144	148
평균키	158	160	161	160	161
몸무게(최고)	79	54	87	85	77
몸무게(최저)	40	54	43	40	44
몸무게(평균)	59	54	62	61	58
병명Cancer	7	1	117	134	27
병명Goiter	4	-	9	8	1
병명Grave	3	-	-	-	-
병명Toxicosis	8	-	-	-	-
내과	21	1	88	80	6
외과	1	-	40	62	22

표3-1-2. 고용량으로 충분한 수분섭취를 교육한 그룹

그 룹	가	나	다	비 고
환자수(n)	6	23	1	
성별(남)	-	2	1	
성별(여)	6	21	-	
연령(20-29)	-	2	-	
연령(30-39)	2	7	-	
연령(40-49)	2	8	1	
연령(50-59)	1	5	-	
연령(60이상)	1	1	-	
키(최고)	160	170	174	
키(최저)	147	150	174	
평균키	156	161	174	
몸무게(최고)	64	88	79	
몸무게(최저)	45	44	79	
몸무게(평균)	55	57	79	
병명Cancer	6	23	1	
핵의학과	-	5	-	외부수탁
내과	3	6	-	
외과	3	12	1	

표3-1-3. 고용량으로 충분한 수분섭취 + 수액공급한 그룹

그 룹	I	II	III	IV	비고
환자수(n)	9	33	1	1	
성별(남)	-	5	-	1	
성별(여)	9	28	1	-	
연령(20-29)	-	3	-	-	
연령(30-39)	3	8	-	-	
연령(40-49)	5	7	-	-	
연령(50-59)	1	12	-	1	
연령(60이상)	-	3	1	-	
키(최고)	164	181	150	172	
키(최저)	150	147	150	172	
평균키	156	156	150	172	
몸무게(최고)	67	92	40	61	
몸무게(최저)	49	45	40	61	
평균몸무게	60	60	40	61	
병명Cancer	9	33	1	1	
핵의학과	2	4	-	-	외부수탁
내과	2	13	1	-	
외과	5	16	-	1	

제 2 절 측정장비 및 측정변수

1. 측정장비

가. Survey meter(모델: FH 40F4, ThermoEberline ESM, Germany)

- * 방사선의 세기를 알수있고, 방사선량을 측정하는 전용장비이다.
- * 방사선량의 측정범위는 1uR/hr - 999mR/hr이다.
- * 측정 방사선에너지의 범위는 45Kev - 1.3Mev 이다.

나. Dose Calibrator (모델: CRC-15Beta, Capintec, 기기번호:510125)

- * KFDA 방사능측정에 관련된 불확도는 0.64%
(1 Standard Deviation)의 방사능 측정 전용장비이다.
- * 방사선을 방출하는 능력을 측정할 수 있는 전용장비이다.
- * 측정단위는 uCi, mCi, Ci로 표시된다.

2. 측정변수

가. 방사선량은 환자가 똑바로 선 상태에서 상복부를 기준으로 1m 거리에서 Survey meter로 측정한 값 중에 최고치와 최저치를 평균한 값으로 하였다. 측정단위는 mR/hr 이다.

나. 방사성옥소의 투여용량은 Dose Calibrator로 측정하고 소수점이하는 반올림하였다. 측정단위는 mCi 이다.

다. 방사선량은 자연붕괴비를 가지므로 온도 기압에 대한 변수값은 같은 검출기로 측정하므로 1로 하였다.

라. 환자와 측정 장비 사이에 Geomatric factor을 없애기 위해 병실 바닥에 발자국 모양을 그리고, 발가락 끝에서 부터 측정자의 발까지 줄자로 1m를 표시하였다.

마. 환자와 측정자가 병실바닥에 표시한 위치에 서서 측정자는 환자의

상복부 높이에 측정기를 고정시키고, 환자몸의 상복부와 측정기가 직각이 되게 하여 측정하였다.

제 3 절 측정방법

1. 측정도면

그림 3-3-1에는 환자와 측정장비 간의 측정 환경을 나타내주는 그림이다. 그림에서 보이는 바와 같이 환자와 측정장비 간의 거리는 1m의 간격을 유지하여야 한다. 따라서 각 병실바닥에 그림 3-3-1과 같이 환자의 발자국을 표시하고, 거기서부터 1m 거리에 측정자의 위치를 표시하고, 항상 같은 자리에서 측정하도록 하였다.

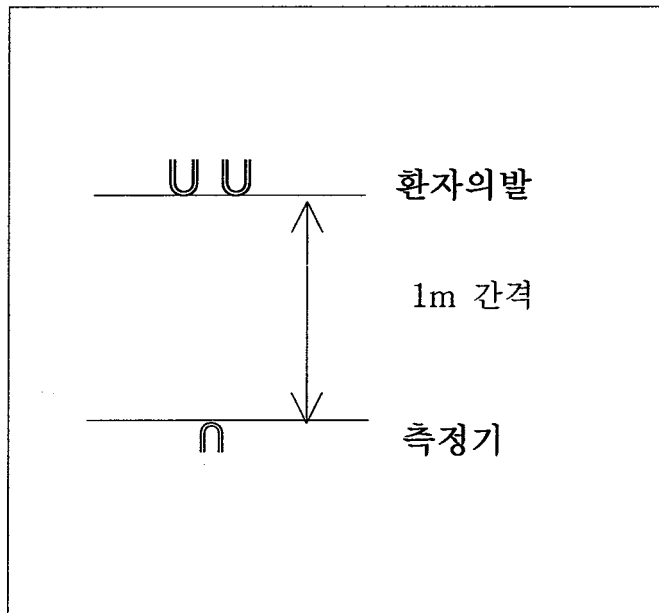


그림3-3-1. 측정평면도

그림3-3-2는 환자와 측정장비간의 측정 측면도를 나타낸 그림이다.
 그림에서 보는 바와 같이 환자의 상복부와 측정기높이를 같게 맞추고 환자의 몸과 직각(90도)을 이루도록 위치를 잡아 측정한다. 물론 평면도의 위치를 잡은 상태에서 측면도 위치가 되어야 한다.

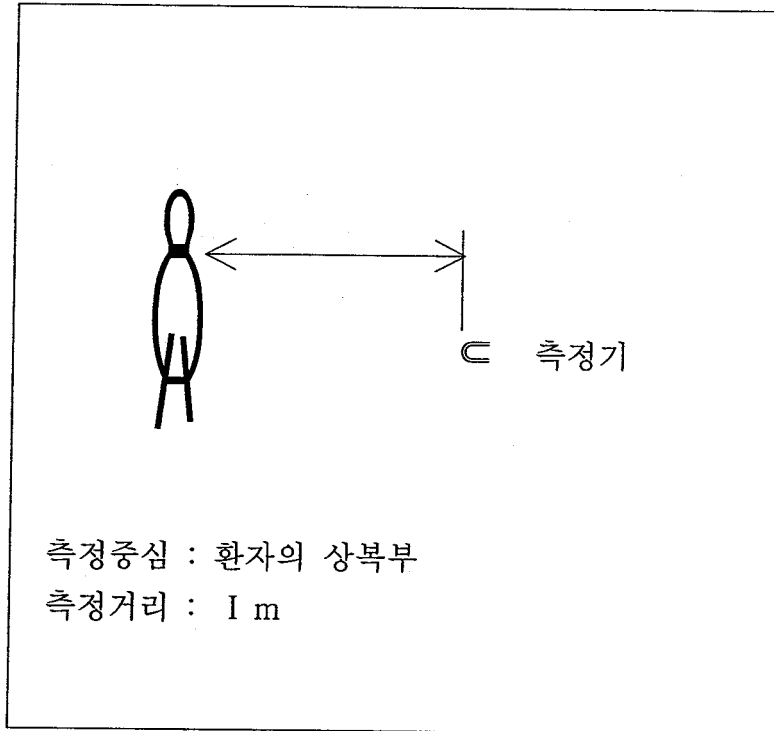


그림3-3-2. 측정 측면도

2. 외래환자의 경우

- 가) 환자에게 투여할 방사성옥소를 Dose Calibrator로 측정하여 방사능 양을 확인한다. 측정단위는 mCi로 표시된다.
- 나) 환자에게 방사성옥소에 대하여 일반적인 사항을 충분히 설명한다.
- 다) 방사성옥소는 캡슐 형태로 만들어져 있고 물과 함께 환자가 먹기

쉬우며, 투여 전, 후의 주의사항과 그 방법을 설명한다.

- 라) 환자에게 방사성옥소를 먹도록 지시한다. 환자 투여한 직후,
- 마) 환자로부터 1m 떨어진 거리에서 환자 상복부 Survey meter로 방사선량을 측정한다. 측정단위는 mR/h로 표시된다.

3. 병실환자의 경우

- 가) 환자에게 투여할 방사성옥소를 Dose Calibrator로 측정하여 방사능량을 확인한다. 측정단위는 mCi로 표시된다.
- 나) 측정한 방사성옥소를 투여할 병실로 이동 시킨다.
- 다) 환자에게 방사성옥소에 대하여 일반적인 사항을 충분히 설명한다.
- 라) 방사성옥소는 캡슐 형태로 만들어져 있고 물과 함께 환자가 먹기 쉬우며, 투여 전, 후의 주의사항과 그 방법을 설명한다.
- 마) 측정자는 차폐체 뒤로 이동하고, 환자에게 방사성옥소를 먹도록 지시한다.
- 바) 환자로부터 1m 떨어진 거리에서 환자 상복부에 Survey meter로 방사선량을 측정한다. 측정단위는 mR/h로 표시된다.
- 사) 같은 방법으로 8시간 $\pm$ 0.5, 16시간 $\pm$ 1, 24시간 $\pm$ 1, 42시간 $\pm$ 1(퇴원 직전)에 각각 측정한다.

제 4 장 결 과

제 1 절 저용량 방사성옥소 치료환자의 방사선량을 조사결과

표4-1-1에서 저용량 방사성옥소의 투여용량을 기준으로 5그룹으로 분류한 결과, 투여용량에 따른 평균 선량율이 비례하여 나타나는 것이 확인되었다. 그러나 C,D그룹의 최대 선량율이 E그룹보다 높게 나타난 것은 환자의 상태(신체적인 상태 키, 몸무게 등)에 따른 것으로 판단된다. 따라서 저용량 방사성옥소 치료에서는 평균적으로 방사선량율이 4.0mR/hr 이하이고, 사람에 따라서는 최대 방사선량율이 6.8mR/hr(=4+4*0.688)이 될 수 있다. (환자의 상복부로 부터 1m 에서 방사선량율 : mR/h)

표4-1-1. 저용량 방사성옥소 치료환자 선량율조사 결과

그 룹	A (10±20%)	B (20±20%)	C (30±20%)	D (40±20%)	E (50±20%)
투여용량간(mCi)	8-12	16-24	24-36	32-48	40-60
환자수(n)	22	1	128	142	28
평균투여용량(mCi)	9.9	24	32.7	36.1	43
최대선량율(mR/h)	2.6	2.4	5.4	5.5	5.1
최소선량율(mR/h)	0.9	2.4	1.7	2.4	3.3
평균선량율(mR/h)	1.5	2.4	3.2	3.5	4.0

제 2 절 고용량 치료환자(충분한 수분섭취)의 조사결과

표4-2-1 에서 각군(가,나,다)은 모두 방사성옥소의 일반적인 감쇄곡선을 아래와 같이 나타내고 있다. (충분한 음료수 섭취에 대한 교육 후 환자의 상복부로 부터 1m 에서 측정한 방사선량을)

표4-2-1. 고용량 치료환자(충분한 수분섭취)의 조사결과

그 룹	가		나		다
투여용량 구간(mCi)	100 - 120		130 - 190		200-210
환자수(n)	6		23		1
	3	3	4	19	
입원기간	1박	2박	1박	2박	3박
옥소 평균투여용량(mCi/인)	108	109	164	157	204
수분 평균섭취량 (ml/인)	6833	7667	5525	5642	7000
수분 최대섭취량 (ml/인)	7500	9500	8200	9700	7000
수분 최소섭취량 (ml/인)	6000	6000	2700	2200	7000
투여직후 평균선량율(mR/h)	16.6	11.9	29.0	26.0	33.2
8hr±0.5 평균선량율(mR/h)	8.9	8.4	12.6	12.5	19.8
24hr±1 평균선량율(mR/h)	3.1	3.1	4.7	4.6	11.2
42hr±1 평균선량율(mR/h)	-	0.9	-	1.9	6.4
48hr 후 선량율(mR/h)	-		-		4.9
64hr 후 선량율(mR/h)	-		-		2.1

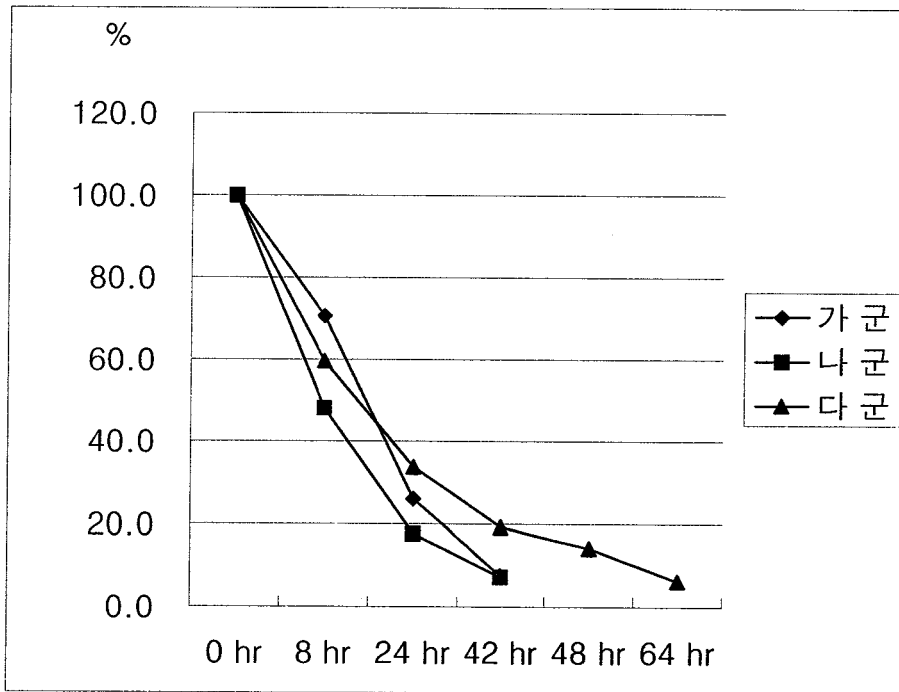


그림4-2-1. 감쇄곡선(그룹가,나,다)

가군은 투여용량이 100mCi에서 120mCi사이 환자들로 24hr에서 방사선
 량율이 3.1 mR/hr으로 측정되었고,, 나군은 투여용량이 130mCi에서
 190mCi 사이 환자들로 42hr에서 방사선량율이 1.9mR/hr로 측정되었으며,
 다군은 투여용량이 204mCi 인 환자로 64hr 에서 2.1 mR/hr을 나타내고
 있다. 이것은 저용량 방사성옥소 치료환자와 비교시 가군은 24hr, 나군은
 42hr, 다군은 64hr에서 국제적으로 퇴원권고 기준인 5mR/hr보다 낮고, 외
 래치료환자(저용량치료환자)의 평균방사선량인 4.0mR/hr 이하로 되었기
 때문에 각각의 시간에 퇴원 시키는 것이 바람직하게 보인다.

제 3 절 고용량 치료환자(수분섭취+수액공급)의 조사결과

표4-3-1에서 각군(I,II,III,IV)은 모두 방사성옥소의 전형적인 감쇄곡선을 아래와 같이 나타내고 있다.(충분한 수분섭취 교육과 수액 공급을 병행한 경우)

표4-3-1. 고용량 치료환자(수분섭취+수액공급) 조사결과

그 룹	I		II		III	IV
투여용량 구간(mCi)	100-120		130 - 190		200-210	290-310
환자수(n)	9		33		1	1
	4	5	8	25		
입원기간	1박	2박	1박	2박	2박	3박
옥소 평균투여용량(mCi/인)	107	106	157	159	215	299
수분 평균섭취량 (ml/인)	4625	7100	5125	6094	5500	7000
수분 최대섭취량 (ml/인)	7000	11000	10500	10900	5500	7000
수분 최소섭취량 (ml/인)	2900	3200	2600	2800	5500	7000
수액 평균공급량 (ml/인)	700	1440	943	1344	1400	900
수액 최대공급량 (ml/인)	850	1650	1400	2050	1400	900
수액 최소공급량 (ml/인)	450	1200	640	700	1400	900
투여직후 평균선량율(mR/h)	14.9	15.5	23.9	24.6	33.7	46.8
8hr±0.5 평균선량율(mR/h)	8.3	8.1	13.4	12.2	14.2	24.8
24hr±1 평균선량율(mR/h)	2.8	3.1	4.7	4.2	3.7	10.4
42hr±1 평균선량율(mR/h)	-	1.2	-	1.5	1.3	4.4
48H 후 선량율(mR/h)	-		-		0.6	3.2
64H 후 선량율(mR/h)	-		-			0.9

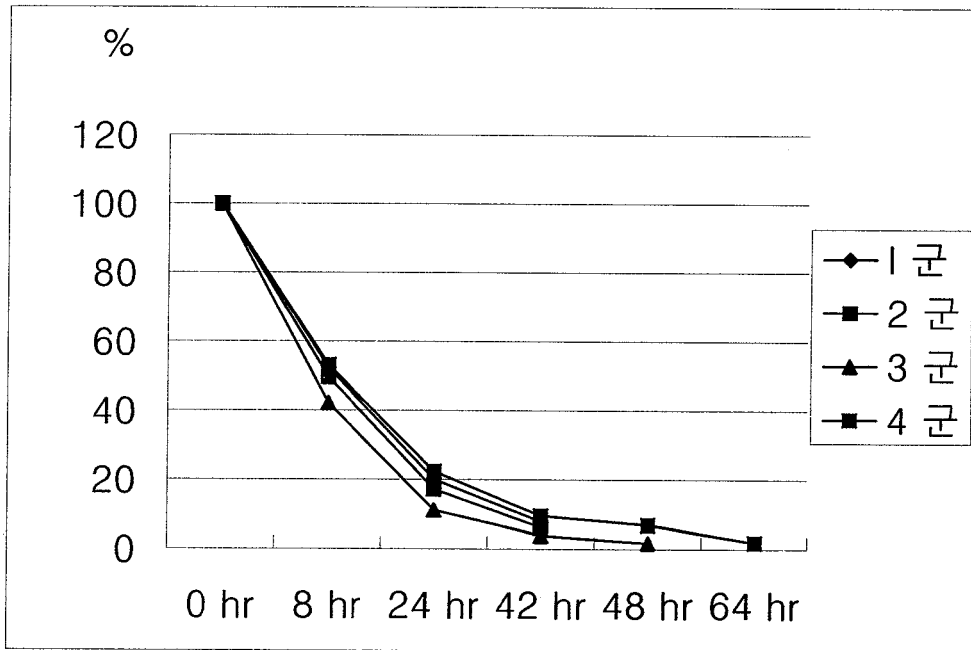


그림4-3-1. 감쇄곡선(그룹: I, II, III, IV)

I 군은 투여용량이 100mCi에서 120mCi사이 환자들로 24hr에서 2.8mR/hr과 3.1 mR/hr 42hr에는 1.2mR/hr로 각각 측정되었고, II 군은 투여용량이 130mCi에서 190mCi 사이 환자들로 24hr에서 4.7mR/hr과 4.2mR/hr 로 측정되고 42hr에서는 1.5mR/hr으로 떨어졌다. III 군은 투여용량이 215mCi로 24hr에서 3.7mR/hr이고 42hr에서는 1.3mR/hr이며, 48hr에는 0.6mR/hr 으로 아주 낮게 측정되었다. IV 군은 투여용량이 299mCi 인데 24hr에서 10.4mR/hr이고 42hr에서는 4.4mR/hr이며, 48hr에는 3.2mR/hr 으로 64hr에서 0.9mR/hr을 나타내고 있다. 국제적으로 퇴원권고 기준인 5mR/hr보다 낮게 측정되는 때가 I, II, III 군에서는 24hr이고 IV 군은 42hr이다. 그러나 저용량 방사성옥소 치료환자와 비교시 I 군은 24hr, II 군은 42hr, III 군도 42hr에, IV 군은 48hr이후에 퇴원 시키는 것이 바람직하게 보인다.

제 5 장 결론과 검토

제 1 절 연구결과의 요약

1. 표4-2-1과 표4-3-1에서 서로 비교할 때 자료분석은 SPSS 프로그램을 이용하였으며 t-test한 결과 $p=0.114>0.05$ 로 두 그룹간의 차이가 유의하지 않았다. 결국 가군과 나군, I군과 II군은 각각 투여용량이 같으면서 수액공급의 유무차이가 각군의 비교대상으로 그 결과가 약간의 차이는 있지만 통계적인 의미가 없는 것으로 여겨진다. 따라서 통상적으로 많이 사용하는 고용량 방사성옥소치료(100mCi-200mCi미만)에서는 적절하고 충분한 수분섭취만으로 방사선량을 낮출 수 있다는 결론과 수액공급에 따른 효과는 없으나 제한적으로 환자의 상태(음료수 섭취가 힘든 환자의 경우 등)에 따라 적절하게 수액공급을 함으로서 다른 환자와 같은 효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다..

2. 표4-2-1 감쇄곡선과 표4-3-1의 감쇄곡선을 비교하면 표4-3-1의 감쇄곡선이 표4-2-1의 감쇄곡선보다 감쇄곡선간의 편차가 거의 없이 균일하게 곡선을 형성하고 있음을 알 수 있다. 이것은 환자들에게 제공되는 수액공급이 수분섭취와 함께 균일하게 환자의 배설물로 빠지면서 방사선량을 감쇄에 영향을 주고 있음을 감쇄곡선을 통하여 상대적으로 나타내고 있는 것이다.

3. 다군(투여용량204mCi)과 III군(투여용량215mC)은 투여용량이 다군보다 III군이 같은그룹에 속하면서 24hr에서 방사선량이 다군이 11.2mR/hr 인데 III군은 3.7mR/hr으로 나타나고, 48hr에서도 다군이 4.9mR/hr이고 III군은 0.6mR/hr로 측정되어 현저한 차이가 있다. 다만 비교할 수 있는

환자수가 너무 적어 통계적인 의미는 약하다. 한편 IV군의 경우 투여용량이 299mCi 으로 그 차이가 다군(투여용량204mCi)보다 현저히 많음에도 불구하고 다군의 64시간의 값(2.1mR/hr)과 IV군의 48시간의 값(3.2mR/hr)과 비슷하게 나타나면서 IV군의 64시간 값이 0.9mR/hr로 아주 낮은 값을 보여준다. 이것은 투여용량이 클 경우 수액 공급량에 영향을 받을 수 있다는 가능성을 강하게 나타내고 있다, 200mCi 이상의 고용량 투여 환자를 대상으로 많은 환자를 각군 별로 관찰하게 되면 그 효과를 확인할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구의 의의

이상의 결과들을 종합적으로 분석해보면 환자의 상태에 따라 충분하고 적절한 수분섭취에 대한 교육과 실행을 통하여, 일반적으로 같은 격리기간에도 퇴원시의 방사선량을 크게 낮출 수 있으며, 경우에 따라서는 격리기간을 단축할 수도 있다는 것을 확인할 수 있었다. 통상적으로 많이 사용하는 고용량 방사성옥소치료(100mCi-200mCi미만)에서는 수액공급에 따른 효과는 없으나 제한적으로 환자의 상태(음료수 섭취가 힘든 환자의 경우 등)에 따라 적절하게 수액공급을 하므로써 다른 환자와 같은 효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 또 200mCi 이상의 고용량 투여 환자의 경우 수액 공급량에 영향을 받을 수 있다는 가능성을 강하게 나타내고 있었다, 한편으로 치료환자의 퇴원은 주변에 있는 사람의 피폭이 선량당량의 한도를 초과하지 않는 수준까지, 환자의 몸 속에 방사능이 감쇄하거나, 환자 체내의 잔류방사능에만 연계해서 안 되며, 환자가 다른 사람과 접촉하는 양상, 환자의 바램, 직업상 또는 일반인 피폭, 가족고려, 비용 및 환경적 인자를 포함하는 많은 인자들을 고려한 개별근거로 결정해야 한다.

제 3 절 향후연구과제

따라서 현재까지 발표된 다양한 연구 관찰 결과를 종합하면 방사선은 충분히 경계해야 하며, 생활 속에서 방사선으로부터 자유로워야 한다.

우리나라에서 일반적으로 실무에서 적용하고 있는 치료환자의 퇴원기준으로 적용하는 방사선량을 (5mR/hr at 1m)은 부득이 한 경우 퇴원을 허용할 수 있는 한계선량의 의미를 갖는 것으로 해석해야 한다. 본 연구에서 방사선량을 낮추는데 수액의 효과는 확실히 있으며, 다양한 변수를 대하여 계속적으로 연구할 가치가 있다. 궁극적으로 가장 바람직한 것은 적절한 입원기간 중에 환자의 상태에 따라 알맞은 방법으로 최대한 낮은 방사선량을(예: 2mR/hr at 1m 이하)로 퇴원시키는 것이 최선의 방법이며, 수분섭취와 수액공급이 좋은 방법으로 선택 될 것이다.

본 연구는 실제 방사성옥소를 투여하는 환자를 대상으로 하였기 때문에 각 연구대상의 경우 수에 대한 한계를 벗어날 수 없었다. 하지만 환자상태에 맞는 충분한 수분섭취와 수액공급은 확실히 방사선량에 영향을 주고 있다고 할 수 있다. 방사성옥소 치료와 관련하여 앞으로 장기적으로 조사관찰이 필요하며, 치료용량에 따른 여러 환자군에 대한 지속적인 연구가 이루어진다면 치료환자가 일상생활 속에서 방사선으로부터 자유로와 질 수 있을 것이다.

참고문헌

<http://ksnm.or.kr>

- [고창순 편저, 1997], 핵의학 (2판), 방사성의약품 치료, 임상무 홍성운, 고려의학, p767 - 798, 1997.
- [배상균, 2006] 갑상샘의 방사성요오드 치료의 최신기전, 핵의학분자영상, 대한핵의학회, Vol. 40, No. 5, 2006.
- [Bernier MO, 2001] Leenhardt L, Hoang C, Aurengo A, Mary JY, with bone metastasis of differentiated thyroid carcinomas. J Clin Endocrinol Metab 2001; 13:265-71.
- [Barrington S.F, 1996a] Kettle, A.G., ODoherty, M.J., et al. (1996a) Radiation dose rates from patients receiving iodine-131 therapy for carcinoma of the thyroid. Eur. J. Nucl. Med. 23, 123-130.
- [Barrington S.F. 1996b] Kettle, A.G., Thompson, W.H., et al. (1996b) RCP guidelines on radiation protection following radioiodine therapy for hyperthyroidism: are they appropriate?. Nucl. Med. Commun. 17, 275.
- [Barrington S.F. 2003] Anderson, P. Kettle, A.G., et al. (2003) Does significant contamination occur in families of patients treated with 131-I for hyperthyroidism?. Eur. J. Nucl. Med. 30 (Suppl. 2), S162(Abstract 69).
- [Buchan, 1970] R.C.T., Brindle, M.A. (1970) Radioiodine therapy to out-patients -the contamination hazard. Br. J. Radiol. 43, 479-483.

- [Castronovo FP. 1986] Beh, R.A., Veilleux, N.M. (1986) Iodine-131 therapy patients: radiation dose to staff. *Radiat. Prot. Dosim.* 15, 45-49.
- [Culver, C.M 1990] Dworkin, H.J. (1990) Radiation safety considerations for post-iodine-131 hyperthyroid therapy. *J. Nucl. Med.* 32, 169-173.
- [Denman, A.R. 2001], Martin, S. (2001) Care of a terminally ill patient following a thyroid ablation dose of I-131 sodium iodide. *Br. J. Radiol.* 74, 1077-1078.
- [Dickman, P, 2003] Holm, L., Lundell, G., Boice, J., Hall, P. (2003) Thyroid cancer risk after thyroid examination with I-131: a population-based cohort study in Sweden. *Int. J. Cancer* 106, 580-587.
- [Driver, I. 2001] Packer, S. (2001) Radioactive waste discharge quantities for patients undergoing radioactive iodine therapy for thyroid carcinoma. *Nucl. Med. Commun.* 22, 1129-1132.
- [Fatourechi V, 2000] Hay ID, Mullan BP, Wiseman GA, Eghbali-Fatourechi GZ, Thorson LM, et al. Are posttherapy radioiodine scans informative and do Thyroid 2000:10:573-7.
- [Goldsmith SJ. 2001] Thyroid carcinoma. In : Khalkhali I, Maublant JC, Goldsmith SJ, eds. *Nuclear Oncology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2001. p. 197-219.
- [Goss M, 2002] D'Amico S, Mobiglia A, Sargiotto A, Deandrea M. Surgical approach to cervical lymph node metastasis in differentiated thyroid cancer. *Tumori* 2002;88:S47-8.

- [GREBE SK, 1996] Hay ID. Thyroid cancer nodal metastasis: Biologic significance and therapeutic considerations. Surg Oncol Clin N Am 1996; 5:43 -63.
- [Griffiths, P.A. 2000] Jones, G.P., Marshall, C., Powley, S.C. (2000) Radiation protection consequences of the care of a terminally ill patient having received a thyroid ablation dose of ^{131}I sodium iodide. Br. J. Radiol. 73,1209-1212.
- [Gunesekera, R. 1996] Thompson, W.H., Harding, L.K. (1996) Use of public transport by ^{131}I therapy outpatients. Nucl. Med. Commun. 17, 275.
- [Hanscheid, H, 2003] Lassmann, M., Reiners, C.H.R., Aulbach, F, (2003) Monitoring of ^{131}I incorporation in nuclear medicine personnel by self accomplished measurements. Nuklearmedizin 42, 45-49.
- [Harbert JC. 1987] Radioiodine therapy of hyperthyroidism. In : Harbert JC, ed. Nuclear Medicine Therapy. New York: Thieme Medical Publishers 1987. p. 1-36.
- [Harbert JC. 1987] Radioiodine therapy of differentiated thyroid carcinoma. In: Harbert JC, ed. Nuclear medicine therapy. New York: Thieme Medical Publishers 1987. p . 37-89.
- [Ho, S.Y. 1992], Shearer, D.R. (1992) Radioactive contamination in hospitals from nuclear medicine patients. Health Phys. 62.
- [Homer, L. 2002] Smith, A.H. (2002) Radiation protection issues of treating hyperthyroidism with ^{131}I in patients on haemodialysis. Nucl. Med. Commun. 23, 261-264.

[Hundahl SA, 2000] Cady B, Cunningham MP, Mazzaferri E, McKeerf, rosai J, et al. Initial results from a prospective cohort study of 5583 cases of thyroid carcinoma treated in the United States during 1996. U.S. And German thyroid cancer study group. An American college of surgeons commission on cancer patient care evaluation study, Cancer 2000 ; 89: 202-17.

[IAEA, 1994] International Basic Safety Standard for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources: SAFETY SERIES No, 115-1 : 1994;324-325.

[ICRP, 2004] 국제방사선방호위원회 간행물 94, 비밀봉 방사성핵종으로 치료받은 환자 의 퇴원. ICRP 승인, 2004. 3.

[Ibbs, E. 1992] Wilson, C.R. Collier, B.D., et al. (1992) Iodine-131 contamination from thyroid cancer patients. J. Nucl. Med. 33, 2110-2115.

[Jacobson, A.P. 1978] Plato, P.A., Toeroek, D. (1978) Contamination of the home environment by patients treated with iodine-131: initial results. Am. J. Public Health 68, 225-230.

[Kaplan MM, 1998] Meier DA, Dworkin HJ. Treatment of hyperthyroidism with radioactive iodine. Endocrinol and Metabol Clin North Am 27:205-23, 1998

[Kerber, R. 1993] Till, J., Simon, S., et al. (1993) A cohort study of thyroid disease in relation to fallout from nuclear weapons testing, JAMA 270, 2076.

[Larsen, P.R. 1978] Conard, R. (1978) Thyroid hypofunction appearing as

delayed manifestation of accidental exposure to radioactive fallout in a Marshallese population. Brookhaven National Laboratory Report BNL-24104.

[Lassmann, M. 1998] Hanscheid, H., Schelper, L.F., (1998) Measurement of incorporation in family members of patients with benign thyroid disease after radioiodine therapy. Nuklearmedizin 37, 120-123.

[Leslie, W.D. 2002] Havelock. H., Palser, R., Abrams, D.N. (2002) Large-body radiation doses following radioiodine therapy. Nucl. Med. Commun, 23. 1091-1097.

[Lubin, E. 2002] Definitive improvement in the approach to the treated patient as a radioactive source. J. Nucl. Med. 43, 364-365.

[Maxon HR, 1983] Thomas SR, Hertzberg VS, Keriakes 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 -41.

[Maxon HR. 1999] Quantitative radioiodine therapy in the treatment of differentiated thyroid cancer. O J Nucl Med 1999 ; 43: 313 -23.

[Mazzaferri EL, 1994] Jhiang SM. Long-term impact of initial surgical and medical therapy on papillary thyroid cancer. AM J Med 1994;97:418-28.

[NCRP: 1996] NCRP Report No.124, 1996 ; 29-53.

[Nishizawa, K.1980], Ohshima, M., et al. (1980) Monitoring of I excretions and used materials of patients treated with ¹³¹I. Health

Phys. 38, 467-481.

[Nusynowitz ML. 1997] Differentiated thyroid cancer : Current concepts and management. New Perspectives in Cancer Diagnosis Management 4:49- 57, 1997

[O' Doherty, M.J. 1993], Kettle, A.G., Eustance, C.N.P., et al. (1993) Radiation dose rates from adult patients receiving ^{131}I therapy for hyperthyroidism. Nucl. Med. Commun. 14, 160-168.

[Price DC. 1997] Radioiodine therapy of nonmalignant thyroid disease. New Perspectives in Cancer Diagnosis Management 4:39-48,

[Rallison, M.L.1974], Dobyns, B.M., Keating, F.R., et al. (1974) Thyroid disease in children: a survey of subjects potentially exposed to fallout radiation. Am. J. Med. 56, 457-463.

[Ron, E. 1995], Lubin, J.H., Shore, R.E., et al (1995) Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. Radiat. Res. 14, 259-277.

[Sherman SI. 1994] Tielens ET. Sostre S. Wharam MD. Jr. Ladenson PW. Clinical utility of posttreatment radioiodine scans in the management of patients with thyroid carcinoma. J Clin Endocrinol Metab 1994; 78:629-34.

[Siegel, J.A. 2002a] Marcus, C.S., Sparks, R.B. (2002a) Calculating the absorbed dose from radioactive patients: the line-source versus point-source model. J. Nucl. Med. 43, 1241-1244.

[Souza 2004] Rosario PW, Barroso AL, Rezende LL, Padrao DJ, Fagundes TA, Penna GC, et al. Post ^{131}I - therapy scanning in

patients with thyroid carcinoma, J Clin Endocrinol Metab 2004;29:795-8.

[Sweeney DC, 1995] Johnston GS. Radioiodine therapy for thyroid cancer . Endocrinol Metab Clin North Am 24:803-39, 1995

[US NRC, 1997] U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide, office of Nuclear Regulatory Research. Regulatory Guide 8.39. April 1997.

[Wellner, U. 1998], Eschner, W., Hillger, W., et al. (1998) The exposure of relatives to patients of anuclear medicine ward after radioiodine therapy by unhalation of ^{131}I in therr home. Nuklearmedizin 37, 113-119.

ABSTRACT

Radiation Dose of Out-Clinic and Admitted Patients Receiving Radioiodine(I-131) Therapy

Lee, Gui Won

Major in Industrial Engineering

Dept. of Industrial Engineering

Graduate School of

Hansung University

The number of thyroid diseases treated with radioiodine (I-131) is increasing steadily. The sharp increase in patients who require high dose radioiodine therapy greatly increased the need for new therapy rooms. Accordingly, interest in radiation exposure is rising as well, and is a major psychological stress factor for the patient and those who come in close contact with the patient. This study aimed to minimize the radiation exposure on discharge. Based on various previous reports with high and low dose radioiodine, the decision for discharge should be individualized depending on many factors related to the patient's living or working environment. Educating patients repeatedly on the importance of sufficient oral hydration, while the adequate amount was relative to the patient's individual condition, greatly

lowered the detected radiation measurement within the same admission period. In some cases, the period of admission could be abbreviated.

부록: 환자에게 제공되는 양식

양식1. 방사성 요오드 입원치료에 대한 안내와 주의사항

등 록 번 호: 이 름:

입원 예정일: 200 년 월 일 시 요일. 퇴원 예정일: 요일

1. 방사성 요오드 치료는 요오드에서 나오는 방사능을 이용하여 갑상선 세포를 파괴시켜, 갑상선 암의 재발 또는 전이를 치료 및 예방하는 방법입니다.
2. 입원 당일 밤까지 저요오드 식사요법을 지켜주십시오. (첨부된 제한·허용식품 목록을 참고하십시오)
3. 다량의 방사능을 사용하므로 타인에게 방사능 오염을 줄 수 있어서 입원이 필요하며, 입원 후에도 타인과의 접촉은 퇴원할 때까지 제한됩니다.
4. 1박2일 ~ 3박4일(보통2박3일) 동안의 입원 기간이 필요하고 입원 기간 중에는 혼자 계셔야 합니다. (단, 어린이 또는 거동이 불편한 환자의 경우는 미리 담당 주치의 선생님께 의논하여 주십시오).
5. 방사성 요오드 치료는 방사성 요오드가 들어 있는 캡슐을 물과 함께 한 번 먹는 간단한 방법을 사용합니다.

6. 방사성 요오드 치료 후 타액선, 위 점막, 방광에 불필요한 방사능 오염을 줄이기 위하여 많은 양(하루에 5리터 정도)의 물이나 음료(환자분이 즐겨 잘 드시는 주스, 차, 커피 등)를 준비하여 입원하시고, 너무 맹물이나 생수만 마시면 몸의 체액이 희석되어 메스꺼울 수 있으므로 다른 음료로 적당히 대체하십시오. 또한 침이 많이 나오게 껌, 신사탕 등이 필요하므로 미리 준비해 주십시오. 껌, 사탕은 입원 다음날부터 드십시오.
7. 세면도구(비누, 수건, 치약, 칫솔, 면도기, 빗, 휴지)와 수저, 컵 및 병실 생활에 필요한 물품(추위를 많이 타면 내복)을 준비하여 입원하시고 사용하신 다음에는 퇴원 시 다시 가져 가서서 1주일간은 본인만, 1주일 후부터는 가족과 같이 사용하셔도 무관합니다. 환자분이 가지고 오신 물건은 휴지를 제외하고 퇴원 시 모두 가져가십시오. (과일 껍질 포함)
8. 병실에는 TV, 비디오, 오디오와 컴퓨터가 준비되어 있어, 본인의 비디오 테이프, CD, 음악테이프, 책, 잡지를 가져와서 이용할 수 있습니다. 기타 시간 보내기 위한 소일거리(예: 뜨개질, 십자수)를 챙기셔도 좋습니다.
9. 입원당일은 입원 6시간 전부터 금식하셔야 합니다.

양식2. 방사성 요오드 입원치료 중병실에서의 주의사항

1. 다른 사람에게 불필요한 방사능 오염을 주는 것을 막기 위하여 입원 기간 동안에는 보호자가 병실에 들어갈 수 없으며, 또한 환자가 병실 밖으로 나가는 것도 금지됩니다.
2. 방사성 요오드 복용 후에는 타액선과 위 점막의 보호를 위하여 껌이나 신 사탕 등을 많이 드셔서 침이 많이 나오도록 합니다.
3. 입원 당일 밤까지는 저요오드식을 실천합니다. 입원 다음 날 아침부터는 제한 음식이 없습니다. (예: 우유는 입원 당일까지는 마시면 안되나, 입원 다음날 아침부터는 마셔도 됩니다.)
4. 방사성 요오드 복용 후에는 가만히 누워 계시지 말고 자세를 변화시키기 위하여 걷거나 몸을 움직여서 방사성 요오드의 흡수가 잘 되도록 하십시오.
5. 물이나 음료를 (하루에 약 5리터 정도) 많이 드시고, 소변을 자주 보십시오.
6. 침이나 기타 분비물을 버려야 할 경우에는 화장지로 싸서 변기에 버리며, 변기에 버리지 못할 것은 휴지통 (방사성 폐기물통)에 버리십시오.
7. 방사성 요오드를 투여한 후에는 목이 약간 부어 오르고 화끈거리며

전신이나 다른 느낌과 속이 미식거리거나 구토 등의 증세가 있을 수 있지만 대부분은 저절로 좋아집니다. 심한 경우에는 간호사에게 이야기하여 주십시오.

8. 내분비내과나 외과에서 처방 해 드린 갑상선약을 주치의 지시에 따라 드십시오.

9. 퇴원하실 때 휴지를 제외한 모든 물건은 가지고 나가십시오.

양식 3. 방사성 요오드 입원치료 후퇴원 시 주의사항

1. 음식을 섭취에 특별히 주의해야 할 사항은 없습니다.
2. 병원에서 처방 해 드린 갑상선 약을 드십시오.

<퇴원 후처음8시간>

매 시간 최소한 3 잔 이상의 물이나 음료를 마시고, 적어도 2시간마다 소변을 보도록 하십시오.

<퇴원 후2일간>

1. 대부분의 방사능이 소변을 통해 배출됩니다. 소변이 바닥에 떨어지거나 변기의자 등에 묻을 경우, 묻은 곳을 물로 씻고 휴지나 수건으로 3회 닦아 냅니다.
2. 소량의 방사능이 침이나 땀을 통해 분비될 수 있습니다. 가정에서 방사능이 다른 사람에게 가는 것을 최대한 줄이기 위해서 다음과 같은 하셔야 합니다.

- 가) 1회용 컵, 접시, 조리기구를 사용하십시오.
- 나) 세수수건과 목욕 타월을 별도로 사용하십시오.
- 다) 별도의 다른 침대나 잠자리를 사용하십시오.
- 라) 본인의 의복이나 잠옷, 속옷, 수건, 베갯잇 등은 분리해서 세탁하십시오.
- 마) 한 살이 안된 어린아이나 임산부와는 접촉을 일체 삼가십시오.

<퇴원 후 3~5일간>

갑상선에 아직도 상당량의 방사능이 남아있습니다. 외부에 대한 노출을 최대한 줄이기 위해서, 오랫동안 앉아있는 (예를 들면 공식 행사나 TV시청 등) 경우에는, 다른 사람과 1.5 미터 정도 떨어져서 앉으십시오. 그러나 짧은 시간(수 분간)동안 가깝게 있는 것은 걱정하지 않아도 됩니다. 하지만 하루에 수 분 이상 어린 아이를 안거나 임산부와 가깝게 접촉하는 일은 피해야 합니다.

<방사성 요오드 투여 1주일 후>

특별한 주의사항 없습니다.

1. 환자분의 방사성 요오드 전신 촬영일은 입원 5~6일 후입니다.
2. 접수 없이 직접 1층 핵의학과로 오시면 됩니다.

양식4. 저요오드식 (Low Iodine Diet) 안내문

시작: 아침부터 ~ 끝: 까지

- 목적: 식사 중 요오드 섭취량을 최소로 줄여 치료 약의 섭취를 높입니다. 따라서 저요오드식을 잘 하지 않으시면 치료 효과가 떨어질 수 있습니다. 지정된기간 외에는저요오드식을하실 필요없습니다.

- 용도: 방사성 요오드 검사나 치료 전에 사용됩니다.
갑상선암, 갑상선기능항진증: 치료 전 2-4주, 치료 후 1일 동안

- 식사원칙 해조류 (다시마, 김, 미역, 파래) 및 어패류 (조개, 새우, 굴, 생선), 유제품, 달걀, 요오드가 첨가된 소금, 정제되지 않은 천일염 혹은 가공식품의 섭취를 피한다.

● 유의사항

1. 식사 준비 시 반드시 요오드를 첨가하지 않은 정제된하얀소금(정제염 >90%)만 사용합니다. 굵은 소금, 죽염, 붉은 소금, 해염, 기타 첨가물이 들어가 있는 소금은 드시면 안됩니다.
2. 대부분의 채래식 염장식품 (젓갈, 장아찌, 김치), 조선간장, 된장 등은 천일염을 사용하므로 피해야 합니다.
3. 김치를 담글 때는 반드시 정제된소금을 사용하시고 파, 마늘, 생강, 고추로 양념을 하되, 젓갈이나 액젓은 사용하지 말아야 합니다.
4. 인스턴트 음식을 피하고, 외식은 하지 않도록 합니다.

5. 대부분의 종합비타민제, 영양제, 종합감기약(특히기침약), 그외 병원에
서 처방받지 않은 약은 요오드를 다량 포함하고 있으므로 복용하지 않
도록 합니다. (타이레놀은 드셔도 됩니다.)
6. 건강보조식품(상황버섯, 인삼, 한약)의 섭취는 피하시고, 체중감소에
 좋다는 약/식품 중에는 다시마가 주성분인 경우가 많으므로 드시지 않
도록 합니다.
7. 구강청정제, 질세정제, 일부 피부 소독약에도 요오드가 포함되어 있으
니 사용하지 말아야 합니다.
8. 치료 3개월 전부터 조영제를 사용한 CT, 콩팥 돌 검사 등은 하시면
안됩니다.
9. 갑상선 호르몬 끊고 계신 동안은 술을 드시면 안됩니다.

양식5. 방사선 옥소치료를 위한 저요오드 음식물

구 분	구 분허 용 식 품 (요오드가 적어 사용 가능)	제 한 식 품 (요오드 함량이 높아 금지)
곡류 및 전분류	보리, 조, 수수, 완두콩, 팥, 옥수수, 첨가물 없는 밀가루, 무소금 국수류, 마카로니 질 벗긴 감자나 고구마	라면, 콘후레이크, 팬케익, 감자나 고구마 껍질, 감자튀김, 다시마로 국물 낸 우동
고기류	소고기, 닭고기, 양고기돼지고기	생선, 조개, 새우, 굴, 베이컨, 돼지고기햄, 칠면조고기, 통조림, 모든 가공육류, 간이나 내장
계란	계란 흰자위	계란 노른자
채소류	양배추, 당근, 호박, 오이, 마늘, 콩나물, 버섯, 양파, 무, 토마토, 상추, 배추	두부, 두유, 브로컬리, 시금치, 야채 통조림, 피클, 요구르트, 아이스크림
과일류	사과, 배, 귤, 오렌지, 100% 과일 주스, 자몽, 키위, 바나나, 딸기, 포도	버찌, 과일 통조림, 가공된 올리브, 말린 과일
유 지 류	무소금 아몬드나 땅콩, 식물성 기름(참기름, 식용유, 올리브유, 콩기름) 소금 첨가되지 않은 마가린	짬 땅콩류, 땅콩버터, 마요네즈로 만든 드레싱
후식	우유나 계란 노른자가 들어가지 않은 빵, 우유가 첨가되지 않은 샤베트, 설탕, 꿀	시중에서 산 빵이나 과자, 머핀, 우유나 달걀로 만든 후식, 초코렛, 사탕, 잼, 푸딩, 물엿
기타	고추장(공장 생산), 식초(현미식초 제외), 케찹, 겨자, 후추, 원두커피, 잎을 우려낸 녹차, 사이다, 첨가제 없이 튀긴 팝콘	적색 색소 첨가된 음식(예: 콜라, 환타), 종합 비타민, 영양제, 상황 버섯, 인삼, 한약, 간장, 된장, 젓갈, 장아찌, 정제되지 않은 소금, 다시다, 미원, 인스턴트 커피나 차, 티백, 인스턴트 음식, 칠리, 피자, 카레
유제품		우유, 탈지유, 분유, 프리마, 위핑크림, 요플레, 야쿠르트, 치즈, 크림치즈,

제한식품간에 없는음식은드셔도됩니다