

Original Article

방사성옥소 치료환자의 환의 및 침구류에 대한 표면오염 측정에 관한 고찰

가톨릭대학교 성빈센트 병원 핵의학과

문재승 · 박대성 · 김수근 · 정희일

A Study of Measuring the Surface Contamination for Patient's Clothes and Bedclothes after Ablation Therapy

Jae Seung Moon, Dae Seong Park, Su Keun Kim, Hee Il Jeong

Department of nuclear medicine, St Vincent's Hospital, Catholic University

Purpose: Contaminated clothes and bedclothes of patients by mouth or with excrement are produced after Radioisotope ^{131}I treatment. In this paper, patient's clothes and bedclothes contaminated by radioactivity measured and radioactive waste wish to calculate optimum storage period. **Material and Methods:** The whole area of patients' clothes and bedclothes measured 70 patients, 12 males and 58 females, who had radioisotope ^{131}I therapy between August 2005 and February 2006. Assuming contamination is evenly distributed, the radioscope used to measure up to social toleration level at 7 day intervals. **Results:** Each optimum storage period of control group of 60 case and non control group of 10 case were average 44 ± 16 days and 32 ± 13 days. Decontamination effect of surface contamination for radioactive waste was average $83.66 \pm 15.15\%$. **Conclusion:** It is important that classify radioactive waste according to difference of surface contamination. Result of this research, handling radioactive waste in optimum storage period may be useful. (*Korean J Nucl Med Technol* 2008;12(1):3-12)

Key Words : Social toleration level, Surface contamination level, Optimal storage period

서 론

방사성 폐기물은 방사성동위원소를 이용하여 환자에 대한 진료 및 치료용으로 사용할 때 방사성 물질로부터 오염된 쓰레기를 의미한다. 방사성 폐기물은 원자력법의 처리규정에 의거하여 처리하도록 되어 있으며 의료기관에서 발생하는 방사성 폐기물은 반감기가 짧고 에너지가 약하여 방사성 폐기물을 취급하는 작업종사자나 일반인에 대한 피해가 거의 없을 정도이며²⁾ 방사성 폐기물의 위험수준이 다른 핵종에 비해

비교적 높지 않기 때문에 보관시설에 대한 기술적 규정이 까다롭지 않아 일반 콘크리트 건물의 구획된 공간이면 폐기물 보관시설로 사용할 수 있다.⁸⁾ 따라서 개봉선원을 사용하는 의료기관은 사용량 및 방사성 핵종에 따라 적합한 보관시설을 갖추어야 한다.

방사성 폐기물 관리는 방출된 핵종으로부터 작업종사자와 일반인의 피폭을 제한하기 위한 두 가지 형태로 나누어지며 그 형태는 희석, 분산과 농축, 역류이다. 발생된 폐기물을 수집하고 붕괴하도록 저장한 다음, 어떤 시점에서 방출하게 된다. 이때 방사성 핵종으로부터 발생된 방사성 폐기물의 처리과정 중에 어려운 문제가 방사성 붕괴에 대한 충분한 보관시기의 결정이다.⁹⁾ 방사성 폐기물에 대한 완전한 방사성 붕괴를 요구하는 것은 방사능의 본질 때문에 현실적으로 불합리하다.

방사성옥소 치료를 받은 환자로부터 다른 사람이 받게

• Received: October 15, 2007. Accepted: October 30, 2007.
• Corresponding author: **Jae Seung Moon, MT**
Department of Nuclear Medicine, St. Vincent's Hospital, The Catholic University of Korea, #93-6 Ji-dong, Paldal-gu, Suwon 442-723, Korea
Tel: +82-31-249-7580, Fax: +82-31-247-5713
E-mail: stopfil@hanmail.net

되는 선량은 주로 외부피폭의 결과이며, 여러 연구에 의하면 옥소 치료 환자의 소변과 침에 의한 접촉을 제외하면 방사성 옥소에 의한 위험이 무시될 수는 없지만, 대체적으로 낮다는 보고가 있다. 그러나 Horner, Smith 등⁸⁾의 연구에서 방사성 옥소 치료 이후 환자의 배설물(침, 소변)로 인하여 투석하는 과정 중에 1회용 도관, 폐기물주머니, 필터 등에 경미한 오염이 발생되어 8주 동안 보관한 후 처리했다는 보고가 있었다. 이와 같이 방사성옥소 치료환자의 배설물로 인해 치료병실, 사용기기 및 침구류에 표면오염 가능성이 있으나 국제 방사선방호위원회(ICRP Publication 94)에서는 엄격히 관리되는 환경으로부터 환자의 퇴원과 관련된 문제들에 주목을 하고 옥소 치료시 환자로부터 발생하는 방사성 폐기물에 대해서 구체적인 제안을 제시하고 있지 않다. 다만 선량한도와 선량 제약 그리고 최적화를 수행하는 과정들이 필요하다고 언급하고 있다.

갑상선 암으로 인하여 외과적 수술을 시행한 후 남아 있는 잔여조직 및 전이 부위를 치료하기 위해 방사성옥소 치료가 시행되는^{1,5,7)} 환자들을 대상으로 환자가 사용한 환의 및 침구류에 환자의 배설물(침, 소변)로부터 소량의 방사성 물질이 묻어 통상적인 처리 개념으로 방사성 핵종의 1/10 반감기를 적용하여 사회적 용인수준에 도달할 때까지 자체보관 이후 세탁과정을 거쳐서 재사용되고 있다. 따라서 본 연구는 방사성 물질로 인해 표면 오염된 환자의 환의 및 침구류를 방사선 측정기로 측정한 후 자체처분에 대한 적정보관기간을 산출하고자 함이다.

1. 용어 정의

1) 방사능(放射能, Radioactivity)

방사성물질 자체의 단위 시간당 핵붕괴 변환수를 말하며, 사용단위는 dps, Ci (μCi , mCi), Bq 등이 있다.

2) 방사성 폐기물(放射性 廢棄物, radioactivity waste)

방사성 물질 또는 그에 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질(사용 후 핵연료를 포함한다)을 말한다.

3) 자체 처분

원자력법 제 86조의 규정에 의한 원자력 관계사업자(이하 '원자력 관계사업자'라 한다)가 발생시킨 방사성 폐기물 중에 과학기술부 장관이 정하는 값 미만의 방사성폐기물을 당해

원자력관계사업자가 소각·매립 또는 재활용 등의 방법으로 처분하는 것을 말한다.

4) 자체처분 기준

과학기술부고시 제 2001-30호 '방사성 폐기물의 자체처분에 관한 규정'에 의거 반감기 100일 이하의 방사성 핵종(^3H , ^{14}C 는 제외)에 대하여 100 Bq/g 이하의 농도를 제한값으로 규정하고 있다.

5) 표면 오염도

운반물의 외부표면과 덧포장, 화물 컨테이너 및 탱크의 내, 외부 표면의 제거성 표면오염도는 임의의 표면 300 cm^2 이상에 대하여 측정한 평균이 $\beta \cdot \gamma$ 방출체 및 저독성 α 방출체는 0.4 Bq/cm^2 , 그 이외의 모든 α 방출체는 0.4 Bq/cm^2 를 초과해서는 안 된다.

6) 표면오염 감시

방사선 관리구역의 표면오염도는 과학기술부 고시 제2002-23호 제 5조에서 규정한 다음의 허용 표면오염도를 초과하지 않도록 해야 한다.

(1) α 선을 방출하는 방사성 물질

[방사선 구역으로부터 반출 할 수 있는 허용 표면오염도의 1/10] : 0.4 Bq/cm^2

(2) α 선을 방출하지 않는 방사성 물질

[제거할 수 있는 표면오염에 대한 허용 표면오염도] : 4 Bq/cm^2

7) 방사성 오염 측정

(1) 표면오염

방사성 물질이 표면에 오염된 경우는 고착성(固着性)상태와 유동성(流動性)상태의 오염으로 볼 수 있으며 이는 방사성 물질이 표면 바닥에 붙어 있는 정도로 구분한다. 따라서 표면오염의 측정방법은 오염의 종류에 따라 다음과 같이 구분된다.

① 직접법

고착성 오염으로 시료채취가 불가능한 경우에는 휴대용 방사선 측정기(pancake probe survey meter)를 이용하여 직접

측정하는 방법이 있으며, 단위는 mR/h, cpm 등으로 나타낸다.

② 간접법

유동성 오염으로 시료채취가 가능한 경우 100 cm² 면적을 여과지로 문질러 방사능을 측정하여 단위면적당 방사능 양인 μCi/cm²로 나타낸다.

(2) 환경오염

환경 방사능은 정상일 때 일정한 수준을 유지하게 되거나 방사성 물질이 사용되는 핵폭발의 방사능 낙진 등 외부지역에서 방사성물질의 유입으로 인해 주변 환경이 크게 변화된 경우 방사능으로 인한 환경오염이 발생되며 정상적인 기준에서 큰 변화를 나타내게 된다. 그러나 환경 방사능은 장소, 기상 등에 따라 어떤 곳도 항상 같은 수준을 유지하지 않는다. 따라서 환경 방사능의 극소변화로 환경오염을 평가하는 것은 결코 쉬운 것이 아니다. 환경오염 측정단위는 측정시료의 단위체적당 방사능 또는 단위무게 당 방사능량으로 나타낸다.

① 연속 모니터링

환경의 일정한 장소에 환경 모니터를 설치하여 연속적으로 환경 방사선 준위를 측정함으로써 정상시와 변화치를 직접 비교 판단할 수 있다.

② 환경 시료채취

환경 시료로서는 빗물, 토양, 솔잎, 방사능 낙진, Gummed paper 등이 사용되며 정상 상태시 또는 표준상태시의 측정치와 비교하여 그 오염정도를 판단할 수 있으나, 정상상태가 장소, 기상 등에 따라 변화하고 있어 실제적으로 정확한 오염의 평가는 쉬운 것이 아니다.

8) 방사성 물질의 오염제거

개봉선원을 취급하는 기기, 장치, 실험대, 바닥, 의복, 신체 등 정도의 차이는 있지만 방사성 오염은 필연적으로 수반되어지고 있다. 아무리 작은 방사성 오염일지라도 그 처치가 적절하지 않으면 작업환경 또는 시설주변의 환경으로 오염이 확산되어 작업자나 주변사람들에게 체내피폭 등 영향을 주게 된다. 따라서 작업자들은 모두 오염의 방호에 대한 적절한 대책을 강구함은 물론 방사성 오염과 제거에 대한 지식을 가지고 있어야 한다.⁴⁾

방사성 오염은 오염된 작업환경에서 일하는 작업종사자에

게 방사선 장애를 일으키는 것을 방지하기 위하여 ‘방사선량 등을 정하는 기준’에 정해진 표면오염도인 1×10⁻⁴ μCi/cm²(α 선을 방출하지 않는 방사성동위원소)를 초과하지 않도록 유지하고 또 환경을 항상 오염기준치 이하의 백그라운드와 비슷한 상태로 유지하는 것이 중요하다.

9) 방사성 오염 제거

방사성 오염은 일반적인 오염과는 달리 몇 가지의 특수성을 갖고 있어 방사성 오염의 제거는 다음과 같은 이유로 통상적인 청소나 세탁 등과 같은 다른 취급이 필요하다.

- ① 극미량의 오염이라도 문제가 된다.
- ② 오염원 핵종의 반감기, 방사성 특성 등의 성질과 화학적 상태의 파악이 필요하다.
- ③ 제염에 있어서는 방사선 방호 조치가 필요하다.
- ④ 제염에 따라 발생하는 폐기물 대책이 필요하다.

(1) 오염제거에 대한 일반적 주의사항

방사성 오염의 제거란 화학적, 물리적 방법에 의하여 오염 원인 방사 핵종을 제거하는 것이다. 제염제로 물, 중성세제, 킬레이트(chelate) 형성제, 산, 무기염, 유기용매 등이 사용되며, 적당한 보조제도 병용된다. 그 외에도 표면오염의 기계적 박리나 용해 제거법, 분말오염 등의 초음파에 의한 세정제거법 등이 있다. 또한 제염에 있어서 오염 경과 시간이 짧을수록 높은 제염률을 얻을 수 있지만 제염까지의 경과시간이 길면 제염성은 일반적으로 낮아지는 경향이 있다는 것을 잊어서는 안 된다.

(2) 의복 제염

반감기가 긴 방사성 핵종 또는 위험도가 큰 방사성 핵종으로 오염되었을 때에는 제염할 것 없이 그대로 방사성 폐기물로서 취급하거나, 오염부위를 잘라내는 조치를 실시한다. 방사성 오염수준이 낮거나, 단기간의 감쇠로 오염준위가 낮게 되는 경우, 충분히 감쇠시킨 다음 관리구역내의 방사성 오염물 전용세탁기를 이용하여 중성세제, 킬레이트 형성제 등으로 세탁하고, 제염이 충분히 된 것을 확인한 다음 착용한다. 이때 세탁배수는 방사성 동위원소의 농도에 따라 방사성 폐액으로 처리한다.

대상 및 방법

1) 조사대상

방사성옥소(¹³¹I)는 진단 및 치료에 사용되며 이때 발생하는 폐기물은 방사성옥소를 담은 병과 종이컵뿐만 아니라, 진단 및 치료 시 환자가 입고 있는 환의 및 침구류에 직, 간접적으로 오염되고 있다.²⁾ 2005년 8월부터 2006년 4월까지 본원에서 갑상선 암으로 인해 외과적 수술을 받고 남아있는 잔여 조직 및 기타 전이된 부위를 치료하고자 방사성옥소 치료(¹³¹I, 150-200 mCi)를 받은 환자 70명(남자:12명, 여자: 58명)이 사용한 환의 및 침구류를 대상으로 하였다.

2) 조사방법

방사성옥소 치료 후 환자가 사용한 환의(상의, 하의) 및 침구류(이불커버, 베개커버, 큰시트)전체 표면부위가 균일하게 오염되었다고 가정하고 방사선 측정기를 이용하여 측정하였다. 방사선 측정기는 Inspector EXP (External probe only) RAP-RS1 Probe을 사용하였으며 측정단위는 CPM (count per minute)이며 검출기의 직경은 4.5 cm이고 검출기의 측정 가능한 유효면적은 15.79 cm²이다. 방사선 검출기의 검출효율은 38%이며, 검출기의 정확성(accuracy)은 ±15%이고 표면 오염 검출기의 검 교정은 2004년 2월 26일이다. 표면 오염된 물질에 대한 영향이 미치지 않는 곳의 자연 방사능 값(Unit: cpm)을 먼저 측정하고, 방사성 물질로 인하여 발생된 표면오염이므로 검출기와 측정 대상물질의 측정거리에 대한 오차를 줄이기 위해 측정거리를 2 cm로 설정하였다. 방사선 측정기를 이용하여 표면 오염된 부위를 5 cm/sec 이하의 속도로 천천히 이동하면서 측정하였다.

3) 조사내용

방사성옥소 치료 후 수거된 방사성 폐기물인 환의 및 침구류는 각각 상의와 하의로 분류하고 침구류는 베개 커버, 담요 커버, 큰 시트로 분류하고 방사선 측정기를 이용하여 최대

오염지점을 중심으로 전체부위가 균일하게 오염되었다고 가정하고 사회적 용인수준에 도달할 때까지 7일 간격으로 측정하였다. 측정 대상물질의 표면오염도 측정시 사회적 용인수준 값은 115-155 cpm으로 정하였으며, 이 기준 값은 방사선 측정기의 유효면적과 검출효율, 정확성에 대한 오차를 적용하여 cpm 단위로 산출한 값이다.³⁾ 이 기준 값이 자체보관시설에서 관리구역 밖으로 불출되며, 세탁과정을 거쳐 재사용이 이루어지는 시점으로 설정하였다(Table 1).

표면 오염된 환의 및 침구류 측정시 측정된 값에 대한 오차범위를 최소화하고 정확한 산출방법을 적용하기 위해 측정 장소의 사방 1미터를 측정하여 평균 백그라운드 값으로 정하였으며, 측정기의 유효직경을 감안하여 환의 및 침구류 전체 면적 값을 보정하였고, 30초 동안 측정하였다. 30초 동안 측정하여 얻어진 최대오염 지점을 기준으로 균등하게 오염되었다고 가정하고 얻어진 값에 대해 평균 백그라운드 값을 감산하고 검출기 유효직경과 전체면적의 값을 보정하였다.

당일 수거된 방사성 폐기물인 환의 및 침구류는 자체보관 시설에서 충분히 감쇄된 후 관리구역 밖으로 불출하게 된다. 수거직후 방사성 폐기물을 세탁하지 않고 자체보관시설에 보관한 대조군 60 case와 방사성 제염효과를 조사하기 위해 가정용 세탁기로 45분간 세탁하여 자체보관시설에 보관한 비대조군 10 case의 적정보관시점을 산출하고 대조군 60 case와 비대조군 10 case의 표면오염도에 따른 차이를 비교하였다.

사회적 용인수준에서 불출하지 않고 그 이전 시점에서 불출할 경우, 표면 오염된 환의 및 침구류와 오염되지 않은 일반 세탁물과 혼합되어 세탁할 가능성과 다른 일반 세탁물과 혼합되어 오랜 시간 동안 함께 보관되어 방치될 가능성이 있으므로 임의의 표면 오염된 환의 및 침구류 4 case를 선택하여 세탁과정 중에 발생하는 방사성 세탁폐액의 일부를 채취하여 오염도를 측정하였으며, 표면 오염된 환의 및 침구류 7 case에 오염되지 않은 환의를 각각 혼합하여 4주 동안 보관하

Table 1. Production Basis for Social Toleration Level Data

a. 1 Bq = 1 dps, 4 Bq = 4 dps, 4dps = 240 dpm
b. 검출기 유효면적 : 15.79 cm ²
c. 검출기의 검출효율 : 0.38% = 91.2 cpm
d. 표면 오염된 환의 및 침구류와 방사선 측정기와의 측정거리 : 2 cm
e. 측정 장소의 백그라운드 값 : 85 cpm
f. 측정시 백그라운드 값을 제외한 표면오염도 범위 : 1355.048 cpm
g. 장비의 정확성 : f값(1355.048 cpm)의 ±15% = 203.25 cpm
h. 허용 표면오염도의 적용범위 : 최소 1151.79 cpm, 최대 1558.30 cpm
i. 허용 표면오염도의 적용범위의 1/10 [사회적 용인수준] : 최소 115.17 cpm, 최대 155.83 cpm

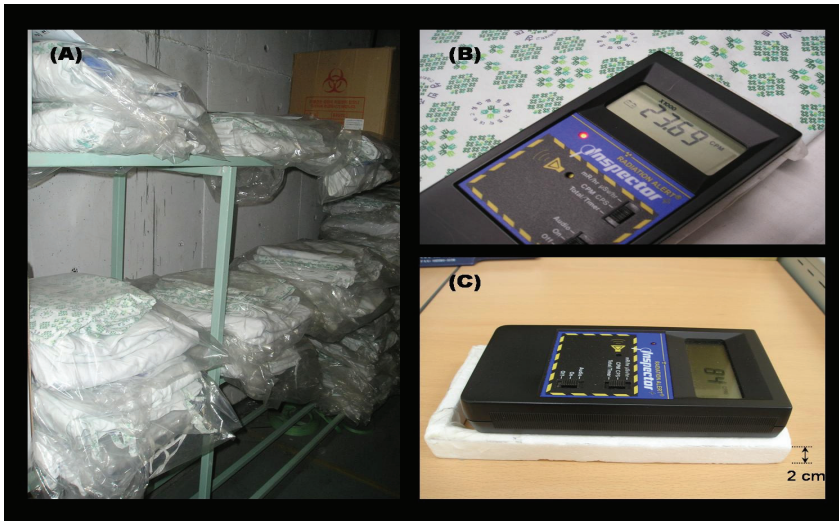


Fig. 1. Waste Storage place which Patient's Clothes and Bedclothes is Kept (A) and Waste Measurement Using Radioscope (B) and Measurement Distance Decided by 2 cm to Reduce Error of Surface Contamination Level (C).

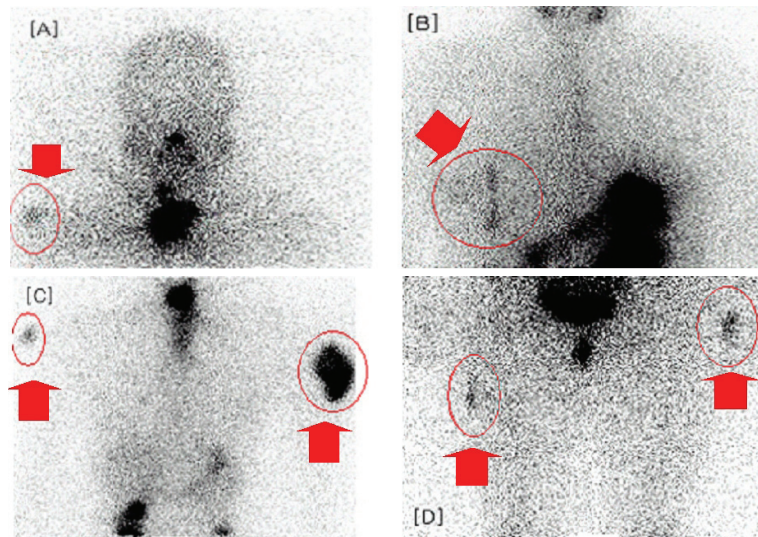


Fig. 2. The Surface of Patient's Upper & Lower Clothes Contaminated by Vomiting and Urine Among Radioactivity Iodine Treatment Process (A), (B), (C), (D).

여 7일 간격으로 오염되지 않은 환의를 방사선 측정기를 이용하여 측정하였다.

방사성 폐기물로 인하여 다른 일반 세탁물의 오염 확산 여부를 조사하기 위해 당일 수거된 환의 및 침구류 6 case를 임의로 선택하여 표면 오염되지 않은 환의와 혼합하여 중성세제를 사용하여 45분간 세탁한 후 표면 오염도를 측정하였다. 또한 표면 오염된 임의의 방사성 폐기물 4 case를 선택하여 표면 오염되지 않은 세탁물과 혼합하여 세탁하고 난후 방사성 세탁폐액의 일부를 채취하여 오염되지 않은 시료(생리 식염수)와의 방사성 오염도 차이를 측정하였다.

모든 자료는 윈도우용 SPSS 소프트웨어(Version 12, SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA)를 이용하여 Independent-Sample

T-Test와 Man-Whitney Test를 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 대조군과 비대조군의 보관기간

허용 표면오염도 4 Bq 이하가 될 때까지의 평균 보관기간은 대조군 24.57±16.70일, 비대조군 13.20±12.79일이었으며, 허용 표면오염도 0.4 Bq 이하가 될 때까지의 평균 보관기간은 대조군 44.02±16.68일, 비대조군 32.14±13.91일이었다(Table 2,3,4,5, Fig. 3). 대조군과 비대조군의 사회적 용인수준의 적정 보관기간은 제염과정을 거쳐 보관된 비대조군의 보관기간이

Table 2. Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Control Group

	N	Minimum (day)	Maximum (day)	Mean (day)	S.D (day)
Upper uniform	60	14	84	35.46	15.88
Lower uniform	60	14	91	40.48	18.50
Pillow sheet	60	2	77	19.36	20.94
Blanket sheet	60	2	70	16.16	14.88
Bed sheet	60	2	56	11.41	13.32
Mean	60	6.80	75.60	24.57	16.70

Table 3. 1/10 of Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Control Group

	N	Minimum (day)	Maximum (day)	Mean (day)	S.D (day)
Upper uniform	60	28	99	55.93	15.60
Lower uniform	60	14	99	56.38	16.04
Pillow sheet	60	7	92	39.26	20.50
Blanket sheet	60	7	77	36.28	16.27
Bed sheet	60	2	70	32.26	15.01
Mean	60	11.60	87.40	44.02	16.68

Table 4. Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Non Control Group

	N	Minimum (day)	Maximum (day)	Mean (day)	S.D (day)
Upper uniform	10	2	56	23.7	20.68
Lower uniform	10	2	35	17.9	13.15
Pillow sheet	10	2	28	7.77	11.46
Blanket sheet	10	2	28	9.9	9.71
Bed sheet	10	2	28	7.5	9.33
Mean	10	2	35.00	13.35	12.87

Table 5. 1/10 of Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Non Control Group

	N	Minimum (day)	Maximum (day)	Mean (day)	S.D (day)
Upper uniform	10	28	77	44.8	16.89
Lower uniform	10	14	63	37.1	14.01
Pillow sheet	10	14	63	27.3	17.60
Blanket sheet	10	14	42	27.3	7.70
Bed sheet	10	2	42	24.2	13.33
Mean	10	14.40	57.40	32.14	13.91

Table 6. Optimal Retention Period of Control Group and Non Control Group Using Independent Samples Test

	N	Mean (day)	S.D (day)	t
Control group	60	44.02	16.68	4.103*
Non control group	10	32.14	13.91	

* $p < 0.001$

제염과정을 거치지 않고 보관된 대조군의 보관기간보다 짧은 것으로 나타났으며, 대조군과 비대조군의 보관기간은

통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$, Table 6).

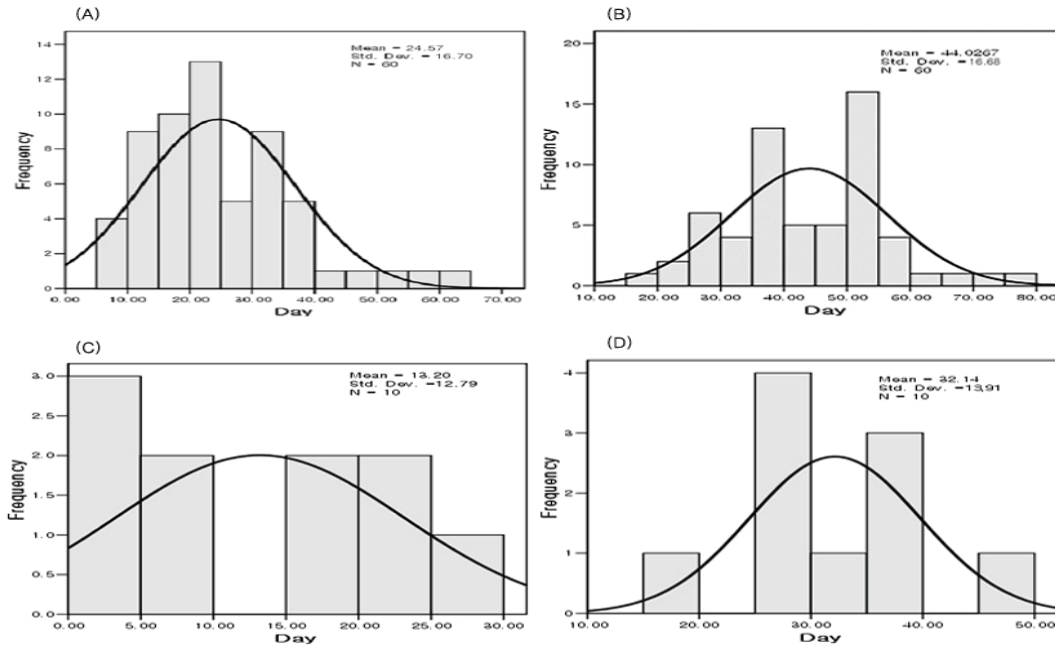


Fig. 3. This Picture is Distribution about Control Group and Non Control Group's Results of Measurement. Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Control Group (A) and 1/10 of Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Control Group (B) and Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Non Control Group (C) and 1/10 of Storage Period of Allowable Surface Contamination Level of Non Control Group (D).

Table 7. Surface Contamination Level before Washing Process

	N	Minimum (cpm)	Maximum (cpm)	Mean (cpm)	S.D (cpm)
Upper uniform	10	1420	1557393	334106.1	610524.35
Lower uniform	10	9179	179875	70298.3	56564.52
Pillow sheet	10	468	40236	8557.77	13125.04
Blanket sheet	10	688	60714	12085.4	17723.50
Bed sheet	10	600	279842	37671.1	87310.63

Table 8. Surface Contamination Level after Washing Process

	N	Minimum (cpm)	Maximum (cpm)	Mean (cpm)	S.D (cpm)
Upper uniform	10	279	206891	26437.1	63689.52
Lower uniform	10	455	65985	10754	19700.29
Pillow sheet	10	34	7306	1907.88	3066.31
Blanket sheet	10	133	6302	1488	1868.51
Bed sheet	10	51	1344	573.5	486.027

Table 9. Decontamination Effect about Patient's Clothes and Bedclothes

	N	Minimum (%)	Maximum (%)	Mean (%)	S.D (%)
Upper uniform	10	80.35	98.96	89.65	5.76
Lower uniform	10	58.35	98.66	85.57	13.99
Pillow sheet	10	59.34	88.98	72.78	26.94
Blanket sheet	10	26.74	96.58	81.84	20.49
Bed sheet	10	76.6	99.51	88.48	8.58
Mean	10	60.28	96.54	83.66	15.15

Table 10. Washing Process of Uncontaminated Clothes and Contaminated Clothes- Measurement of Uncontaminated Clothes to Confirm Spread Possibility of Contamination

	N	Minimum (cpm)	Maximum (cpm)	Mean (cpm)	S.D (cpm)
Upper uniform	6	1420	1557393	518121.16	753679.04
Lower uniform	6	13891	116962	66577	42337.88
Pillow sheet	6	468	17971	6246	6972.58
Blanket sheet	6	1844	60714	17256	21811.06
Bed sheet	6	600	279842	60369.83	110333.41
U.C	6	168	240	250	87.50
background	1	110	110	110	

*U.C; uncontaminated clothes.

Table 11. Surface Contamination Level about Collected Patient's Clothes and Bed Clothes

	N	Minimum (cpm)	Maximum (cpm)	Mean (cpm)	S.D (cpm)
Upper uniform	7	3234	206891	52385	72406.86
Lower uniform	7	810	224758	47659.14	83221.34
Pillow sheet	7	250	16361	4919	6050.05
Blanket sheet	7	439	6302	1689.42	2110.06
Bed sheet	7	24	4317	1302.28	1475.12

Table 12. Measurement of Uncontaminated Clothes to Confirm Spread Possibility of Contamination

	1 th measurement	2 th measurement	3 th measurement	4 th measurement
Case-1	124	120	108	114
Case-2	125	125	108	104
Case-3	122	140	103	91
Case-4	138	114	105	133
Case-5	123	130	103	113
Case-6	142	124	103	100
Case-7	140	102	133	100
Mean±SD (cpm)	130.57±8.94	122.14±12.03	109±10.81	107.85±13.65
Background (cpm)	110	110	102	102

2. 세탁전후의 표면오염도와 제염효과

비대조군의 환의 및 침구류에 대한 세탁전후의 표면오염도 평균은 각각 92372.56 cpm, 8193.94 cpm이었다. 표면오염의 제염효과는 평균 83.66±15.15% (Table 7,8,9)으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

3. 오염 확산 가능성에 대한 비교측정

표면 오염된 환의 및 침구류 6 case를 오염되지 않은 환의와 혼합하여 가정용 세탁기로 45분간 세탁한 결과, 세탁하기 전의 표면 오염된 환의의 오염도의 평균값은 518121 cpm,

66577 cpm, 6246 cpm, 17256 cpm, 60369 cpm이었고, 오염되지 않았던 환의의 세탁 후 표면오염도 평균값은 250±87 cpm이었으며, 백그라운드는 110 cpm이었다(Table 10).

표면 오염된 환의 및 침구류 7 case에 오염되지 않은 환의를 혼합하여 4주 동안 7일 간격으로 측정된 최초 환의 및 침구류 표면오염도의 평균값은 52385 cpm, 47659.14 cpm, 4919 cpm, 1689.42 cpm, 1302 cpm이었으며(Table 11) 오염되지 않았던 환의의 표면오염도는 각각 130.57 cpm/1주, 122.14 cpm/2주, 109 cpm/3주, 107.8 5 cpm/4주, 백그라운드값은 평균 106 cpm으로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p<0.05$, Table 12, Fig. 4).

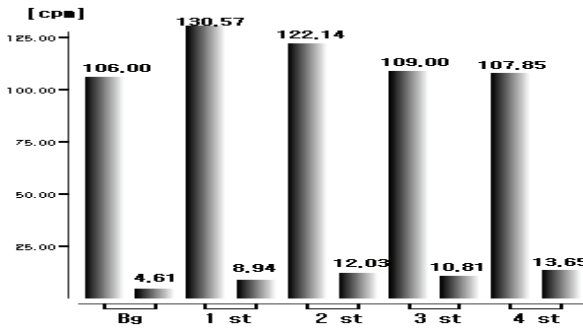


Fig. 4. This Graph Compares Bg with Surface Contamination Level about Upper Clothes That was Measurement During 4 weeks. When Background Catch Standard Data, Possibility about Contamination Spread is Very Small ($p < 0.05$).

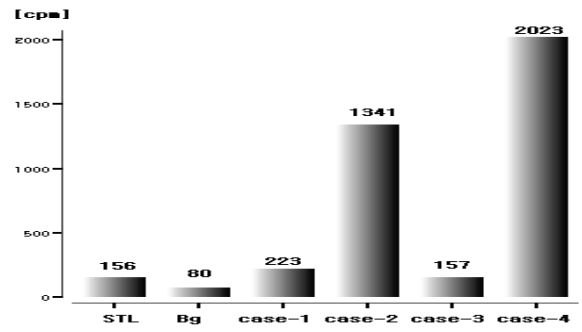


Fig. 5. This Graph Compares Contamination Level of Radioactivity Wash Effluent with Bg. STL is Carrying Out Standard That Apply in This Research. Generally, Contamination Level about Case-1 to Case-4 was Very High. *STL, Social toleration level.

Table 13. Comparison of Patient's Clothes & Bedclothes, Radioactivity Wash Effluent and Background Sample

	N	Minimum	Maximum	Mean	S.D	CLRWE
Case-1	4	468	32405	12324.0	13109.64	222.73
Case-2	4	1394	97084	26087.2	41367.90	1340.6
Case-3	4	1201	34018	8695.6	14204.32	157.06
Case-4	4	10870	1420902	369309.4	597797.64	2023.02
BSNS	2	79	80	79.5	0.70	

*BSNS; Background sample of normal saline, †CLRWE; Contamination level of radioactivity wash effluent.

4. 방사성 세탁폐액의 오염도 측정

방사성옥소 치료 이후 임의로 수집된 환의 및 침구류 전체의 평균 표면오염도는 각각 12324 cpm, 26287.2 cpm, 8695 cpm, 369309.4 cpm이었으며, 수집된 환의 및 침구류를 세탁 후 decay correction을 적용한 방사성 세탁폐액에 대한 오염도는 각각 222.73 cpm, 1340.6 cpm, 157.06 cpm, 2023.02 cpm 이었고 백그라운드 시료는 79 cpm, 80.9 cpm이었다(Table 13, Fig. 5).

고찰

표면 오염된 방사성 폐기물(환의 및 침구류)의 자체 처분 시 적정보관기간이 대조군 44.02±16.68일, 비대조군 32.16±13.91일로 나타났으며, 대조군과 비대조군의 보관기간을 비교한 결과, 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 비대조군은 제염효과 능력을 측정하기 위하여 세탁과정 이후 보관시설에 보관된 방사성 폐기물이었으므로 비록 보관기간이 대조군과 비교하여 단축된 결과 값으로 산출되었을지라도 방사성 폐기물을 취급하는 작업 종사자의 내, 외부 피폭을 고

려해 볼 때, 비대조군의 적정보관기간을 의료기관에 적용하기에는 적절하지 못할 것이다.

본 연구를 수행하면서 방사성 폐기물로 간주하여 측정환의 및 침구류의 최대 보관기간이 '10 반감기'에 준하는 대상도 있었으나 정규분포 및 빈도분석에서 알 수 있듯이 측정환의 및 하의의 보관기간에서 80-90일에 해당되는 비율은 각각 3.2%, 5.7%에 불과한 것으로 나타났다. 재활용 목적으로 시행되는 높은 방사성 제염효과(세탁과정)를 감안해 볼 때, 본 연구에서 제시된 적정보관기간에 방사성 물질로 인해 표면 오염된 방사성 폐기물을 불출하여도 작업환경 및 시설 주변에 대한 환경오염의 확산 가능성은 매우 낮을 것이다.

또한 표면 오염된 환의 및 침구류의 전체부분이 과다하게 오염되었을지라도 오염제거방법의 일환인 세탁과정에서 83.66±5.76%의 높은 제염효과를 보였으며, 표면 오염된 환의 및 침구류로부터의 오염 확산여부를 측정된 결과, 오염 정도의 차이는 측정된 백그라운드 값을 기준으로 볼 때 큰 차이가 없었으나($p < 0.05$), 방사성옥소 치료 시 환자의 침샘 분비 및 구토증상으로 인하여 환자들이 사용한 환의 및 침구류에 과다한 표면오염이 발생되었고 표면오염 정도에 따라 표준편차의 범위가 크게 나타났다(Table 7,8,10,11,13). 표면 오염

된 환의 및 침구류의 세탁폐액에 대한 방사성 오염의 정도가 허용 표면오염도의 기준 범위를 초과하였으나 방사성 폐기물이 충분히 감쇄되지 않은 상태에서 세탁폐액의 오염정도를 방사성 물질로 인해 오염되지 않은 물과 비교하기 위해 조사하였기 때문에 실제로 적정보관기간 이후 재활용과정의 일환으로 실시되는 세탁과정 중에서 발생하는 방사성 폐액이 환경에 미치는 영향은 미비할 것으로 사료된다.

방사성 핵종을 취급하는 과정 중에 기기, 바닥, 의복, 신체 등 정도의 차이는 있지만 방사성 오염은 필수적으로 수반되어지고 있다. 아무리 작은 방사성 물질일지라도 그 처치가 적절하지 않으면 작업환경 또는 시설주변의 환경오염으로 확산되어 작업자나 주변사람들에게 체내 피폭 등 영향을 받게 된다. 그러므로 방사성 물질의 사용으로 인하여 표면 오염된 방사성 폐기물(환의 및 침구류)을 비닐봉지에 넣어 비산을 방지하고 비닐이 찢어져 누설되지 않도록 유의해야 한다⁶⁾. 또한 선입선출이 원활할 수 있도록 발생일자를 기재하여 사회적 용인수준에 도달할 때까지 보관시설에 보관하여 충분히 감쇄된 이후, 관리구역 밖으로 불출해야 한다.

방사성 오염을 제염할 때는 오염물질과 오염상태 그리고 오염형상을 파악하여 합당한 제염방법을 사용해야 오염범위를 확대시키지 않으면서 효율적으로 제염을 할 수 있어야 하며 의복에 관련된 제염방법으로 중성세제를 이용한 제염방법으로서 30~50°의 물에 약 20분간 세탁한 다음 5분간 3회 행구는 방법이 있다.⁶⁾ 이러한 표면 오염된 물질들을 처리하는 과정에서 작업종사자의 신체오염 또는 체내섭취의 가능성이 충분히 있으므로 플라스틱판, 일회용 장갑 및 기타 오염 확대방지용 자재 및 손쉬운 제염제제를 적절하게 사용해야 하며 작업 중에 발생한 폐기물은 정해진 절차에 따라 처리해야 한다. 그리고 방사성 물질로 인해 표면 오염된 물질을 처리하는 작업을 시행한 이후 작업장 및 작업장 부근의 바닥표면에 대한 오염검사를 실시하여야 한다.

결 론

통상적인 보관개념으로서 방사성 핵종의 '10 반감기'의 개념을 의료기관에서 적용하였으나 방사성 핵종으로부터 표면 오염된 환의 및 침구류를 방사선 측정기로 측정 후 표면오염의 정도에 따라 분류하고 본 연구에서 제시된 적정보관기간[44±16일]이후 관리구역 밖으로 불출하는 것이 유용할 것이며 향후, 방사성 핵종(¹³¹I)으로 인하여 표면 오염된 방사성

폐기물 처리에 대한 심도 있는 논의와 연구가 필요할 것이다.

요 약

목적 : 방사성옥소 치료시 환자의 배설물(침, 소변)을 통해 표면 오염된 환의 및 침구류를 방사선 측정기로 측정하여 방사성 폐기물의 적정보관기간을 산출하고자 하였다. 대상 및 **방법 :** 2005년도 8월부터 2006년 2월까지 방사성옥소 치료를 받은 환자 70명(남자: 12명, 여자: 58명)이 사용한 환의 및 침구류를 대조군(60 case)과 비대조군(10 case)으로 나누어 측정하였다.

결과 : 세탁하지 않고 자체보관한 대조군과 세탁 후 자체 보관한 비대조군의 적정보관기간은 대조군 44±16일, 비대조군 32±13일로 대조군과 비대조군의 보관기간에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 환의 및 침구류에 대한 세탁전후의 표면오염도 제염효과는 평균 83.66±15.15%로 나타났으며, 오염 확산여부를 측정하기 위해 실시된 결과에서 최초 표면오염 되지 않았던 환의에 미치는 영향은 미비하였다($p < 0.05$). 그러나 세탁과정 중에 발생된 세탁폐액에 대한 오염도는 최초 표면오염의 정도에 따라 허용표면오염도 수준을 벗어난 것도 있었다.

결론 : 표면 오염된 환의 및 침구류 전체를 방사선 측정기로 측정 후 표면오염도의 정도에 따라 분류하고 적정 보관기간이후 관리구역 밖으로 불출하는 것이 유용할 것이다.

참고문헌

1. 고창순. 핵의학. *고려의학*. 1997;772-788.
2. 서일택. 의료기관의 방사성 폐기물 자체처분에 대한 제안. *핵의학기술학회*. 1996;1:1:22-34.
3. 신규설. 방사성옥소(I-131) 온반용기의 표면오염에 관한 연구. *핵의학기술학회*. 2003;8:1:23-27.
4. 최창운. 외부오염의 평가 및 치료. *대한핵의학회*. 2000;0:30-35.
5. 홍성운. 분화성 갑상선암의 방사성옥소치료. *대한핵의학회*. 2000;34:4:265-267.
6. 방사성 동위원소협회. 작업종사자를 위한 방사선 안전교육. 2006;120-132.
7. Bladet L, Manderscheid JC, Glinier D, Jaffiol C, Coste Seignovert B, Percheron C. The management of differentiated thyroid cancer in europe in 1988. Results of an international survey acta endocrinol (Copenhagen). 1989;20:5:47-58.
8. Horner L, Smith AH. Radiation protection issues of treating hyperthyroidism with 131I in haemodialysis. *Nucl Med Comm*. 2002;23:261-264.
9. Meck RA. Complete decay of radionuclides: implications for low-level waste disposal in municipal landfills. *Health Phys*. 1996;70:706-711.