

고용량 방사성옥소 치료병실의 오·폐수 저감화를 위한 연구

서울아산병원 핵의학과

류재광 · 정우영 · 신상기 · 조시만

On decrease program of Radioactive Wastewater and Sewages in High Dose Radioiodine Therapy Ward

Jae Kwang Ryu, Woo Young Jung, Sang Ki Shin, Shee Man Cho

Departments of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: In general, We discharged radioactive wastewater and sewages less than 8.1×10^{-13} Ci/ml in a exclusive water-purifier tank. Our hospital operating three exclusive water-purifier tank for radioactive wastewater and sewages of 60 tons capacity respectively. In order to meet the criteria it need a enough decay more than 125 days per each exclusive tank. However, recently we fell into the serious situation that decay period was decreased remarkably, owing to the wastewater amount increased rapidly by enlarge the therapy ward. For that reason, in this article, I'd like to say the way that reducing of radioactive wastewater and sewages rationally. **Materials and Methods:** From January, 2006 to October, four hundred and two cases were analyzed. They were all hospitalized during 3 days and 2 nights. We calculated the average amount of water used (include toilet water used, shower water used, washstand water used, ...), each exclusive water-purifier tank's decay period, as well as try to search the increased factors about water-purifier tank inflow flux by re-analysis of the procedure of radioisotope therapy step by step. **Results:** We could increase each exclusive water-purifier tank's decay period from 84 days to 130 days through the improvement about following cause: ① Improvement of conventional toilet stool for excessive water waste → Replacement of water saving style toilet stool ② Prevention of unnecessary shower and wash ③ Stop the diuretics taking during hospitalization ④ Analysis of relationship between water intakes and residual dose of body ⑤ Education about outside toilet utilization before the administration ⑥ Changed each water-purifier tank's maximum level from 85% to 90% **Conclusion:** The originality of our efforts are not only software but hardware performance improvements. Incidentally the side of software's are change of therapy procedures and protocols, the side of hardware's are replacement of water saving style toilet stool and change of each water-purifier tank's maximum level. Thus even if a long lapse of time, problem such as return to the former conditions may not happen. Besides, We expect that our trials become a new reasonable model in similar situation. (**Korean J Nucl Med Technol 2008; 12(1):19-26**)

Key Words : Radioisotope therapy, Radioactive wastewater, Water-purifier tank

서 론

고용량 방사성옥소 치료는 갑상선암으로 진단을 받고 외과적인 갑상선 전절제술(total thyroidectomy) 후 잔존할 수 있는 잔여 갑상선조직의 제거 및 주변의 다른 장기로 전이된 2차적 갑상선암의 치료를 목적으로 시행되는 중요 과정이다. 평균 100 mCi 이상 고용량옥소를 일시에 투여하는 치료방법의 특성상 환자뿐만 아니라 접촉에 의한 주변의 일반인에게

- Received: October 15, 2007. Accepted: October 30, 2007.
- Corresponding author: **Woo Young Jung**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center 388-1
Pungnap-2 dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4604, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: wyjung@amc.seoul.kr

도 2차적인 방사선피폭을 유발할 수 있기 때문에 치료환자를 반드시 원자력법령에 의하여 정해진 허용선량(5 mR/hr) 이하가 될 때까지 격리하여야 한다. 현재 본원에서 방사선 차폐시설이 구비된 1인 병실에서 2~3일간의 격리 입원을 통한 치료가 시행되고 있으며 퇴원은 체내선량이 5 mR/hr 이하일 경우에 허용하고 있다. 따라서 치료를 받는 환자는 입원기간 동안 치료병실 밖으로의 이동은 물론 허가된 담당자 이외의 일반인과의 접촉이 엄격히 제한되게 된다.

2005년 10월까지 방사성옥소 치료병실을 134병동 내에 2병상 마련하여 운영해 왔으나, 치료환자의 급속한 증가로 인한 입원대기일 적체가 갈수록 심화되어 2005년 10월 말 경 새로운 2병상의 치료시설을 증설 운영하게 되었다. 신규 치료병실 운영으로 입원대기일은 증설 전 4개월 이상에서 현재 2개월 정도로 많은 단축이 이루어졌다. 하지만 늘어난 치료환자로 인하여 방사성 동위원소 치료병실 전용 정화조로 유입되는 방사성 오·폐수의 양이 빠르게 증가되었고 정화조의 보관 및 처리 능력이 현저히 짧아지는 문제가 심각하게 대두되었다.

치료병실로부터 발생한 오·폐수는 방사능이 잔류되므로 반드시 전용 정화조에 모은 다음 방사능을 충분히 자연 감쇄(decay) 시킨 후에 방류를 하여야 한다. 본원이 구비한 60 ton 용량의 정화조 3기를 사용하는 경우는 현행 법규인 수중방사능농도 8.1×10^{-13} Ci/ml를 충족시키기 위해서 최소 125일 이상 보관 후 방류하여야 한다. 그러나 2005년 11월 방류 때는 치료병실 증설 이후 단기간에 증가된 오·폐수로 인하여 보관일수가 약 84일 정도에 그쳐 충분히 감쇄를 시키지 못한 상태에서 버려진 문제가 발생되었다. 즉, 현재 사용 중인 정화조 3기로서는 증가된 환자로부터 발생하는 방사성 오·폐수량까지 모두를 보관하여 충분히 자연 감쇄시킬 만한 용량이 부족했던 상황이었다. 이에 따라 치료병실 정화조의 오·폐수 유입 유량에 기여하는 원인 및 요인들을 밝혀내어 정화조 내 수중방사능 농도치가, 오·폐수 방류 시 법적 한도 이하가 되도록 합리적으로 개선하는데 이 연구의 목적이 있으며 이는 새로운 정화조의 설치 및 운영으로 인한 엄청난 병원의 경제적 손실 방지하고 방사능 물질의 배출로 인한 사회적 문제 유발에 따른 대형 의료기관의 신뢰도 추락을 사전 예방함에 큰 의의가 있다.

대상 및 방법

1. 핵심 지표

- 1) 입원기간 동안 1인당 물 사용량(ℓ)
- 2) 물 소비량에 가장 큰 원인이 되는 변기 사용 횟수(n)
- 3) 변기 사용 횟수에 영향을 주는 인자로서 수분 섭취량(ℓ)
- 4) 정화조 만수 후 방사능 감쇄 기간(일)

2. 문제 분석

1) 개선 전의 자료 수집

- ① 수집 내용 : 정화조 만수 후 배출까지의 기간(일), 환자 1인당 평균 물 사용량(ℓ), 변기 1회 사용시 물 소모량(ℓ), 소·대변 횟수, 샤워 횟수, 샤워를 제외한 세면 횟수
- ② 수집 기간 : 2006년 1월 1일 ~ 1월 31일
- ③ 수집 방법 : 정화조 배출 기간 산출은 3기의 정화조 모두 핵의학과내 배수조절 장치가 있으므로 주기적으로 계산이 가능하며, 1인당 평균 물 사용량 산출은 2박3일 입원 환자를 기준으로 치료병실 오·폐수 가운데 가장 비중이 크며 현실적으로 측정 가능한 입원 기간 중 화장실 변기 사용횟수 및 샤워 횟수 및 샤워를 제외한 세면 횟수를 측정하였다. 이 때 변기의 1회 사용시 소모되는 물의 양은 실측하였으나, 샤워나 세면에 소모되는 물의 양은 실측이 불가능하여 2005년 환경부 자료를 참고하여 사용하였다. 또한 기타의 물 소비(세탁, 청소 등)를 고려해 50 ℓ 를 일괄적으로 가산하였다.

2) 개선 전의 자료 분석(Table 1)

- ① 2005년 11월말 기준 정화조 보관일수 : 84일(적정 보관일수인 125일 보다 41일 부족함)
- ② 입원기간 중 평균 변기 사용 횟수 : 33회(소변: 29, 대변: 4)

Table 1. Water consumption per patient during hospitalization

	사 용 량 (ℓ)	횟 수 (n)	총 사 용 량 (ℓ)
소 변	13	29	377
대 변	13	4	52
샤 워	53	2.4	127
세 면	19	5.2	99
기 타	50		50
Total			705

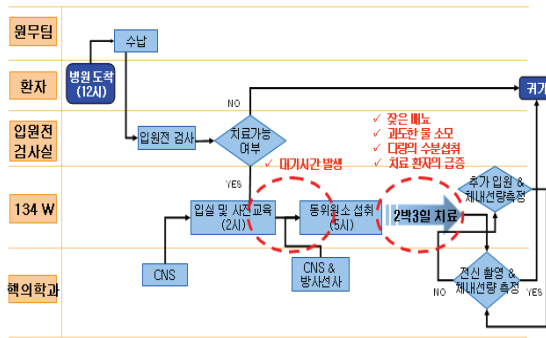


Fig. 1. Process mapping from hospitalization to discharge.

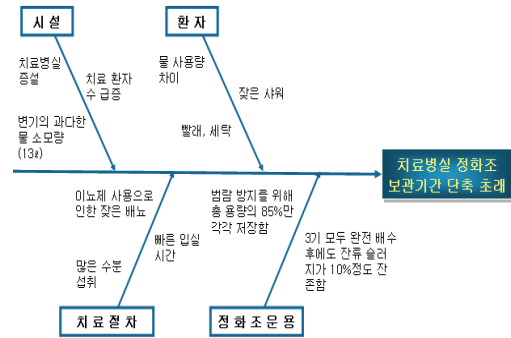


Fig. 2. Cause and effect diagram.

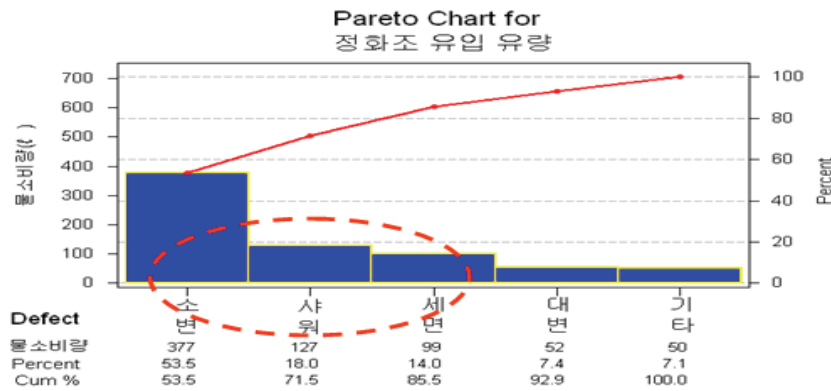


Fig. 3. Pareto chart for input factors of water-purifier tank.

- 평균 샤워 횟수 : 2.4회
- 샤워를 제외한 평균 세면 횟수 : 5.2회
- ③ 입원기간 중 변기 1회 사용시 물 소비량 : 약 13ℓ
 - 샤워 1회시 물 소비량 : 약 53ℓ
 - 세면 1회시 물 소비량 : 약 19ℓ
- ④ 입원기간 중 환자 1인당 변기 물 평균 사용량 : 13ℓ×33 = 429ℓ (소변 : 377ℓ, 대변 : 52ℓ)
 - 샤워 물 평균 사용량 : 53ℓ×2.4=127ℓ
 - 세면 물 평균 사용량 : 19ℓ×5.2=99ℓ
- ⑤ 입원기간 중 환자 1인당 총 물 사용량 : 429ℓ (변기) + 127ℓ (샤워) + 99ℓ (세면) + 50ℓ (기타) = 705ℓ 이상

3) 원인 분석

정화조 오·폐수 보관기간과 관련하여 치료 환자의 입원~퇴원까지 일련의 프로세스를 확인하여 프로세스의 구조적인 문제점을 도출하고, 상세 프로세스 분석을 통해 입원 후 실제 치료 과정상의 측면, 기타 제반사항의 문제점으로 각각 분리

하여 분석하였다.

- ① 입원~퇴원까지의 process mapping 작업을 통해 확인한 결과, 치료병실 정화조로 모여드는 오·폐수가 동위원소 치료 시작 후 정해진 환자에서만 발생하는 것이 아니라는 사실을 확인 할 수 있었다(Fig. 1). 대부분의 환자들은 수납과 입원 전 검사를 끝내고 2시 전에는 병실로 올라와 간단한 사전교육을 받고 실제 치료시간인 5시까지 기다리게 된다. 평균 3시간의 대기시간 동안 환자 및 보호자는 치료병실내의 화장실 및 세면대를 자연스럽게 사용하게 되는데 이때의 물 사용은 동위원소 치료 이전이므로 당연히 방사능 오·폐수가 아님에도 불구하고 치료병실 정화조로 유입되어 유입 유량을 증가시키는 원인이 되고 있었다.
- ② 원인-결과 모식도(cause and effect diagram)를 이용하여 치료병실 정화조의 보관 기간 단축에 영향을 주는 주된 인자를 각각 시설적 요인, 환자 요인, 치료 절차적 요인, 정화조 운용 요인으로 구분한 다음 각각의 원인 파악을 실시하였다(Fig. 2).

- ③ 현재 병실 정화조의 유입유량에 직접적으로 관여하는 인자를 구분하여 Pareto분석을 실시하였다(Fig. 3). 다량의 수분섭취를 통해 배뇨횟수의 증가에 의한 잦은 변기사용과 샤워 그리고 세면이 전체의 85% 이상 차지하고 있음을 확인할 수 있다.

3. 개선 활동

개선의 주 목적은 방사성 동위원소 치료 입원기간 중 환자의 1인당 평균 물 소모량을 개선 전의 705ℓ에서 45% 이상인 317ℓ 이상을 개선활동을 통해 줄임으로써 정화조 내 방사능 오·폐수의 자연 감쇄기간을 125일 이상 확보함에 있다.

1) 개선 방안 도출 및 활동계획

2006년 2월 6일, 핵의학팀과 134병동의 실무 담당자들이 핵의학팀 회의실에 모여 치료병실 정화조에 관한 문제에 대해서 토의를 하였다. 먼저 핵의학팀에서 현재의 상황과 앞으로의 달성 과제에 대해서 간략한 설명을 하였으며, 문제해결을 위한 brainstorming과 특성요인도 작성을 통해 원인파악 후 타 병원의 benchmarking, 참고문헌 수집, 인터넷 검색, 시설 전문가의 자문협조 등과 같은 앞으로의 계획을 수립하여 개선활동을 수행하였다.

2) 개선안 선정

여러 과정을 통해 도출된 많은 개선 방안들 중에서 최적의 개선안 선정은 multi voting 방법을 이용하였으며, 이렇게 선정된 개선안들 중에서도 실행의 우선 순위배정은 정화조 유입 유량에 직접적으로 관여하는 주요 원인들을 분석한 Pareto 분석순위에 따라 다시 조정하였다. 최종 선정된 개선안은 다음과 같다.

- ① 변기의 과다한 물 소모량 개선 → 절수형 변기로의 교체
- ② 불필요한 샤워 및 세탁 방지 → 샤워 노즐 제거 후 세면대 이용 유도
- ③ 치료기간 중 잦은 배뇨를 유발하는 이뇨제 복용 중지
- ④ 수분 섭취량과 퇴원 시 체내 잔류선량과의 상관관계 분석
- ⑤ 입실 후 치료까지의 대기시간 동안에 외부 화장실을 이용하도록 교육
- ⑥ 정화조 만수위 용량의 한계치 증대 → 넘침에 대비하여 각 정화조당 만수위의 85%까지만 저장하던 용량의

한계치를 90%까지로 증대 운용

- ⑦ 입원대기일 감소 → 적절한 치료 환자 scheduling

3) 개선 실행

실행 결정된 개선안 중 물 소비량 절감에 결정적 효과를 가져 올 수 있는 절수형 변기 사용과 샤워노즐 제거는 시급한 개선사항으로 판단되어 시설팀의 협조를 받아 즉시 개선하였다. 기존의 치료병실에 비치되었던 변기는 대·소변 물내림의 구분이 없어 무조건 13ℓ/1회 씩 소비되는 형태였지만, 새롭게 개선한 절수형 변기는 대·소변을 구분하여 사용할 수 있는 물내림 레버가 달려 있어 소변-6ℓ/1회, 대변-13ℓ/1회로 배수량의 조절이 가능하다. 이에 따라 소변으로 인한 변기 사용시(평균 29회) 환자 1인당 물 소비량은 개선 전의 377ℓ보다 약 50% 절감된 190ℓ가 될 것으로 기대하였다. 또한 샤워 노즐 제거 역시 샤워뿐 아니라 세탁이나 빨래와 같은 불필요한 물 소모 요인을 함께 줄일 수 있는 효과가 있으므로 개선 전 227ℓ의 50% 절감 효과인 113ℓ를 기대하였다. 언급된 두 가지의 개선이 예상대로만 이루어진다면 환자 1인당 평균 303ℓ (190ℓ+113ℓ)의 절수 효과가 발생되어 본 개선활동의 목적인 입원 기간 중 환자 1인당 평균 물 소모량(705ℓ) 45% 이상 (317ℓ) 절감에 거의 만족하게 될 것이라 생각되었다.

결 과

1. 개선 후의 자료 수집

수집방법, 수집내용, 수집담당자는 개선전과 동일하게 시행하여 비교하였고 수집내용에 있어서만 몇 가지 추가하였다.

① 수집 내용

정화조 만수 후 배출까지의 기간(일), 환자 1인당 평균 물 사용량(ℓ), 변기 1회 사용시 물 소모량(ℓ), -대·소변 횟수, 이뇨제 복용 유무, 퇴원 시 체내 잔류 선량(mR/hr), 치료기간 중수분 섭취량(ℓ),

- ② 수집 기간 : 2006년 2월 18일 ~ 9월 8일

2. 개선 후의 자료 분석

1) 절수형 변기 사용 및 샤워노즐 제거

절수형 변기사용 및 샤워노즐 개선을 통하여 입원기간 중 환자 1인당 평균 물 소모량이 개선 전의 705ℓ에서 개선 후에



Fig. 4. Conventional toilet stool.



Fig. 5. Water saving toilet stool.

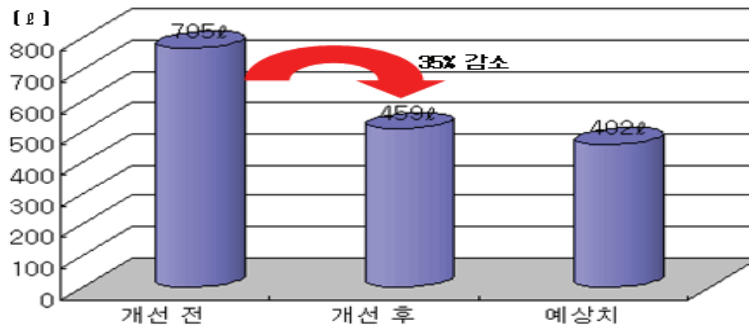


Fig. 6. Change of water consumption by water saving toilet stool use.

Table 2. Difference of no. of times for toilet use

	n	Mean	SD	SE	p-value
이노제 복용 안 함	14	29.64	7.81	2.1	0.481
이노제 복용 함	13	31.92	8.76	2.4	

는 현격히 줄어든 459ℓ가 되어 개선전과 비교시 전체의 약 35% (246ℓ)가 절수된 것으로 파악되었다(Fig. 6). 이는 개선 전 예상 목표치였던 43% (303ℓ)까지는 다소 못 미치는 양이지만 전체적으로 보면 결정적인 문제점을 조기에 파악하고 즉시 개선함으로써 얻어진 성공적인 개선의 결과라 판단된다.

2) 치료기간 중 이노제 복용중지

지금까지는 동위원소 투여 후 체내의 잔류 방사능을 체외로 조금이라도 더 빨리 배설시키기 위해 다량의 수분을 섭취시키고 이노제까지 복용하는 방법을 사용하여 소변보는 횟수를 인위적으로 증가시키려고 하였다. 따라서 이노제 복용이 변기사용 횟수를 증가시키는 요인이라 생각되었으며 이를 개선하기 위해 담당 임상 의사와의 협의를 거쳐 치료 protocol을 변경하고 이노제의 복용을 중지하였다. 그러나 개선결과는 이노제를 복용하지 않더라도 2박3일간의 전체 변기사용횟

수가 약 30회 정도로 복용전의 32회와 비교할 때 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2, Fig. 7,8).

이 부분에 대한 좀 더 정확한 원인분석은 긴 시간을 두고 변화의 정도를 지켜보며 계속적으로 지속 되어야 할 것으로 판단된다.

3) 치료선량(mCi), 수분 섭취량(ℓ), 체내 잔류선량(mR/hr)과의 상관관계

치료선량(80, 150, 200 mCi)과 수분섭취량(생수, 오렌지주스 ℓ) 변화에 따른 퇴원 시 체내 잔류선량(mR/hr)과의 다중상관분석에서 수분 섭취량이 높을 경우 잔류선량이 상대적으로 적을 것으로 기대하였지만 예상과는 달리 통계적으로 유의한 변화를 찾을 수 없었다(Fig. 9,10). 다만 치료선량과 잔류선량간 약한 양(+)의 상관성을 발견할 수 있었지만 그조차도 상관계수가 0.333 정도에 지나지 않았다. 따라서 체내

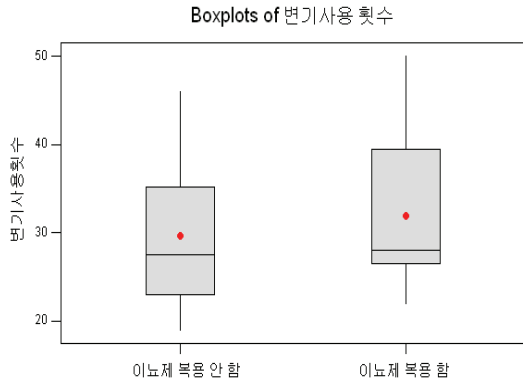


Fig. 7. Box plot for toilet use.

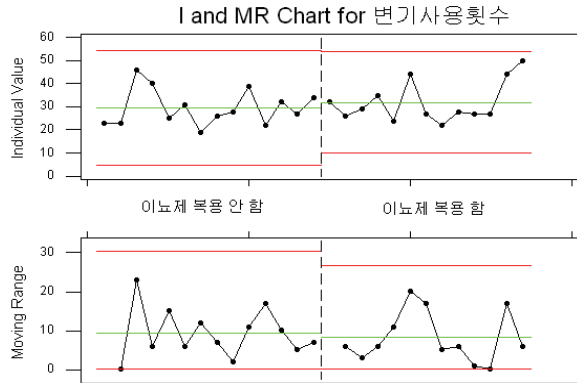


Fig. 8. I and MR chart for toilet use.

	WATER (L)	JUICE (L)	잔류선량(mR/h)	치료선량(mCi)
JUICE (L)	0.268			
	0.007			
잔류선량(mR/h)	-0.129	-0.113		
	0.206	0.264		
치료선량(mCi)	-0.088	-0.102	0.333	
	0.389	0.313	0.001	
WATER+JU	0.856	0.727	-0.155	-0.118
	0.000	0.000	0.128	0.245
Cell Contents: Pearson correlation				
P-Value				

Fig. 9. Analysis of correlation among factors.

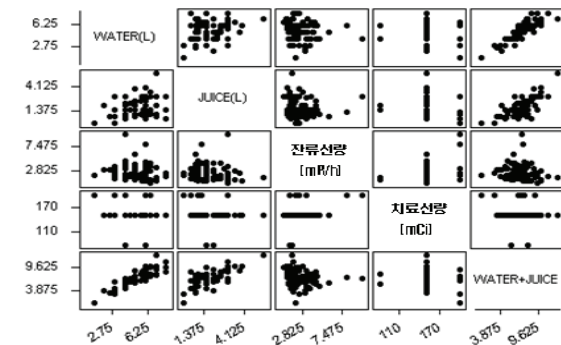


Fig. 10. Matrix plot for correlation.

잔류선량을 통한 적정한 수분섭취량 제시는 할 수 없었다. 아마도 이러한 예상 밖의 결과는 체내 잔류선량의 정도가 단순히 수분섭취량에 의해서만 좌우되는 것이 아니라 그 외의 여러 다른 중요한 인자(잔류 감상선의 여부, 암의 전이 여부, 신장의 기능 정도 등)에 영향을 많이 받고 있음을 시사하는 것으로 생각된다.

4) 입실 후 치료까지의 대기시간 동안 외부 화장실 이용 방안 개선 전에는 치료 전의 대기시간 동안 병실 내 화장실 및 세면대 사용에 관하여 특별한 교육이나 안내가 없어 환자 및 보호자들의 화장실 및 세면대 사용은 당연 하였다. 하지만 개선 후에는 134명동의 담당간호사가 입실 후 직접 일대일 교육을 통하여 치료 전까지의 화장실 사용을 병동의 외부 화장실로 변경시키고 있다. 또한 그 교육의 효과를 높이기 위하여 치료 2시간 전 다시 한 번 핵의학과 임상전문 간호사가 직접 방문하여 치료절차에 관한 교육을 재차 실시하여 강조하고 있으며 이때 화장실 내부까지 점검하게 된다. 이러한 치료 절차 개선으로 인하여 치료 전의 대기시간 동안 환자 1인당 평균 변기 사용횟수 1.7회에 해당하는 22ℓ 물과 세면대 사용

으로 인한 물소비량까지 최소 25ℓ 이상의 절수 효과가 발생하였다.

5) 정화조 만수위 용량의 한계치 증대

시설팀과의 수차례 토론회와 업무 협의를 거쳐 도달한 결과, 현재의 만수위 용량 한계치를 85%에서 그 이상인 90%까지 증가시키는 방법은 정화조 넘침이라는 중대한 위험 상황을 초래할 가능성이 있어 매우 신중히 결정 할 문제이기 때문에 현 상황에서 즉시 시행하기는 어렵다는 결론을 얻었다. 따라서 이 방법은 마지막 최후의 방법으로 여기고 당분간 보류하여 계속적으로 정화조 보관일수 변화의 추이를 지켜보면서 상황에 따라 조금씩 늘려가되 최대 90%까지만 조절하는 것으로 결정하였다. 3기의 정화조에서 최대 5%씩 한계치를 모두 증대시키게 된다면 약 9 ton 정도의 여유 용량을 추가로 확보할 수 있게 된다.

6) 치료환자의 적절한 Scheduling

단순히 절수 방법만으로는 수중방류 방사성농도의 법적 한계치를 초과할 경우 안전하게 방사성 오·폐수 발생량을

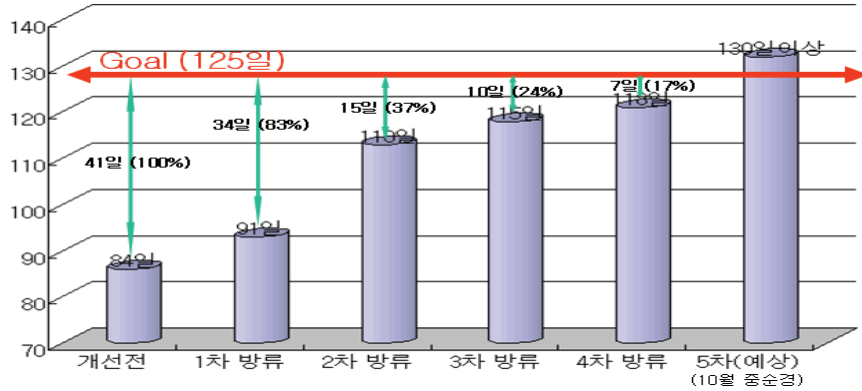


Fig. 11. Change of water-purifier tank's decay period.

줄이는 방법으로 한시적으로 150 mCi 이상 치료환자를 현재의 12명/week에서 10명/week으로 변경 조절하여 운영할 예정이다. 이와 같은 탄력적인 병실운영이 이루어진다면 물 소비량을 평균 1200 l/week 정도 줄일 수 있게 된다.

7) 개선활동에 따른 정화조 보관일 수의 변화

개선 활동 전 정화조 보관일수는 2005년 11월 기준으로 할 때 84일로 법정 수증방사능량을 충족시키기 위한 최소 보관일 125일 보다 41일 이상 부족한 상태였다. 2월 중순경 최초 개선 안이었던 절수형 변기설치 및 샤워노즐 제거를 시작으로 지속적인 개선활동의 결과 2006년 8월말경의 4차 정화조 방류시는 보관기간이 118일로 현격히 증가되었음을 알 수 있다(Fig. 11). 이 같은 변화는 개선전과 비교하여 무려 34일이나 증가된 수치였다. 지금 현재는 5차 방류(10월 중순 이후로 예정)가 이뤄지지 않았지만 무난히 본 과제의 목표였던 125일을 넘길 수 있을 것이라 기대한다.

고 찰

고용량 방사성 옥소 치료병실의 증축으로 인한 전용 정화조의 용량부족 현상을 해결하기 위하여 핵의학팀을 주축으로 134병동과 시설팀이 함께 개선활동을 시작하였다. 새로운 정화조의 건설은 방사선 차폐시설과 관련이 되어 있어 순수 공사비만 60 ton 1기를 기준으로 할 때, 현재 약 1억 원 이상이 필요하며 별도의 부지나 시설공간을 확보 후 상주 관리 인력을 필요로 하기 때문에 병원의 경영의 입장으로 본다면 상당한 수준의 손실을 감수해야 하는 중대 사안이었다. 과연 이런 중대한 사안을 개선활동으로만 해결 할 수 있을까 하는 두려움과 걱정이 있었지만 실무자들의 적극적인 개선의지가 넘쳐

났고 관련 부서장의 전폭적인 지원에 힘입어 일련의 시행착오를 겪으면서도 그 목표를 달성 할 수 있었다. 8월말 실시한 4차 방류에서는 정화조 보관일수가 목표인 125일에 아직 7일 정도 부족하지만 모든 개선안이 수정 보완되어 효과적으로 실시가 되는 9월 이후부터는 목표치를 상회할 수 있을 것으로 판단된다.

미처 본론에서의 언급은 없었지만 최초 절수형 변기 선택 과정에 있어서 주로 항공기내에 사용되어 극소량의 물과 압축공기를 이용한 절수형 포세식 변기를 적극적으로 추진했었으나, 현 치료병실의 배관 구조상 소변배출은 수월하나 대변배출 시 배수관의 막힘을 유발할 가능성이 크다는 기술적 문제점에 봉착되어 도입을 포기했었다. 앞으로 시설에 관한 기술적인 지원만 가능하다면 포세식 변기와 절수형 변기의 장·단점을 보완한 새로운 형태의 치료병실 전용변기를 제작하여 사용하는 방안도 고려하고 있으며 절수형 포세식 변기 사용에 관련 시설개선을 계속적으로 시설팀과의 협의를 통하여 추진할 예정이다. 만약 이렇게 변기를 계량·보완하여 사용하게 된다면 물 소비량을 혁신적으로 줄일 수 있게 되므로 정화조 오·폐수량 관련 문제는 완전히 해결될 수 있을 것이다.

결 론

본 개선활동의 특징은 업무 프로세스나 치료 protocol 변경 같은 구조적 개선활동뿐만 아니라 절수형 변기로의 교체, 샤워노즐제거, 추후 고려사항이긴 하지만 정화조 만수위 용량한계의 증대와 같은 hardware적 개선까지 같이 실행하였다는 점이다. 그러므로 시간이 흐른다면 하역도 또 다시 개선전으로의 회기 등과 같은 문제점은 발생하지 않을 것이다.

또한 본원의 개선활동 사례가 방사성 치료병실을 운영하고 있는 타 의료기관에도 유사상황이 발생된다면 합리적인 정화조운영의 모델방안으로 제시될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

목적 : 방사성옥소 치료병실로부터 발생한 오·폐수는 반드시 전용 정화조에서 일정시간 자연 감쇄(decay)시켜 수중 방사능 농도치가 8.1×10^{-13} Ci/ml 이하가 될 때에만 비로소 방류를 하여야 한다. 현재까지 서울아산병원에서는 60 ton 용량의 전용정화조 3개를 구비하여 운영하고 있었지만 2005년 10월부터 방사성옥소 치료병실을 2병상에서 4병상으로 증설 운영함에 따라 급격히 늘어난 방사성 오·폐수량으로 인하여 본원의 정화조 용량으로는 충분한 감쇄(약 125일 이상)여력이 부족하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 치료병실 정화조의 오·폐수 유입유량에 기여하는 원인 및 요인들을 밝혀내어 합리적인 개선 조치를 함으로써 정화조 용량 부족 문제를 해결하여 1차적으로는 엄청난 병원의 경제적 손실을 유발시키는 새로운 정화조의 증설을 피하고 방사성 물질의 인위적 배출로 인한 사회적 문제 유발에 따른 대형의료기관의 신뢰도 추락의 예방에 큰 목적이 있다.

대상 및 방법 : 2006년 1월부터 10월까지 고용량 옥소 치료 환자 중 150~200 mCi 이상을 투여 받고 2박3일간 입원치료를 하는 환자 402명을 대상으로, 환자 1인당 평균 물 사용량(변기사용량, 샤워량, 세면량, 기타 등등)을 측정하였으며, 본원의 정화조 60 ton 3개의 만수 후 배출까지의 감쇄 기간을 측정하였다. 또한 본원의 치료 업무 절차를 단계별로 분석하여 정화조 유입유량의 증가 요인을 찾아보았다.

결과 : 다음과 원인에 대한 개선을 통하여 본원의 방사성 오·폐수 보관일수를 정화조 1개당 84일에서 2005년 12월말 현재 약 130일로 증가시킬 수 있었다. ① 기존 변기의 과다한

물 소모량 개선 → 절수형 변기로 교체 ② 불필요한 샤워 및 세탁 방지 → 샤워 노즐 사용 자제 및 세면대 이용 교육 ③ 치료기간 중 잦은 배뇨를 유발하는 이뇨제 복용 중지 ④ 수분 섭취량과 퇴원시 체내 잔류선량과의 상관관계 분석 ⑤ 입실 후 치료 전까지의 대기시간에는 외부 화장실 사용 교육 ⑥ 정화조 만수위 용량 한계치를 최대 85%에서 90%로 증대 운용

결론 : 근래에 들어 급격하게 증가된 갑상선질환 관련 환자로 인하여 전국적으로 거의 모든 의료기관에서 방사성옥소 치료의 대기일 수가 크게 증가되고 있다. 이러한 시점에 발생된 방사성 오·폐수 관련 문제는 비단 어느 한 의료기관의 문제가 아닌 관련 우리 모두가 해결해야 하는 큰 과제임에 틀림 없을 것이다. 따라서 본 개선 활동은 그 시작을 알리는 신호탄이 될 것이라 생각되며 방사성 치료병실을 운영하고 있는 타 의료기관에서도 이와 관련된 유사상황이 발생된다면 합리적인 정화조운영의 모델방안으로 제시 될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. 고창순. 핵의학. *교려의학* 1992;151~170.
2. 안일민. 갑상선 질환의 방사성옥소 치료. *대한핵의학회지* 1985; 8:740~744.
3. 한국원자력 안전기술원. 방사성 동위원소 시스템에 대한 위험도 분석 및 규제 선택적 요건 도출. Vol 1& 2:2003.8.
4. IAEA, 1994 International Basic Safety standard Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Source: SAFETY SERIES No.115-1:1994.
5. NCRP. 1996 *NCRP Report* No.124:1996.
6. Nuclear Regulatory Commission. Release of patients administered radioactive materials Regulatory Guide 8.39. Washinton, DC; USNRC;1997.
7. Takada C, et al. *Jpn J Nucl Med Tech* 1998;18:72~78.