

¹³¹I 치료과정에 대한 방사선작업 종사자의 방사학적 위험도 평가

장한기¹ · 김지영¹ · 유형준¹ · 이재기¹ · 조건우²
한양대학교¹ · 한국원자력안전기술원²
E-mail: hkjang@rrl.hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : ¹³¹I 치료, 잠재피폭, 확률론적 위험도 평가, 텔파이조사

서론

¹³¹I 경구투여로 갑상선치료를 받은 환자는 일반인, 간병인, 의료진에게 외부 및 내부피폭에 대한 잠재피폭을 유발할 가능성이 있다. 국제방사선방호위원회는 계획피폭 상황에서 일정 준위의 피폭이 발생할 것으로 예상하고 있으며, 계획운영 절차의 이탈, 방사선원 제어 상실을 포함한 사고등과 같이 계획 운영절차를 벗어난 상황과 사고는 예견할 수 있고 발생확률을 추정할 수 있다고 언급하고 있지만 이러한 발생확률 및 사고는 상세하게 예측하는 것은 어렵다[1]. 따라서 본 연구에서는 ¹³¹I 치료과정에서 발생할 수 있는 잠재 피폭 시나리오 및 발생확률을 도출하고 정상작업 및 사고시 방사선작업종사자의 위험도를 평가하고자 한다.

방사선작업종사자의 ¹³¹I 치료과정 중 잠재피폭을 유발할 가능성은 전문가 판단 및 의견도출을 위한 도구인 텔파이 기법을 적용하였으며 확률론적 위험도 평가 기법을 적용하여 단계별 치료과정에 대한 위험도를 평가 하였다.

재료 및 방법

갑상선 치료과정에서 발생할 잠재적 위험도는 3가지 직무로 구분하여 평가 하였다. 선원취득 및 준비과정은 선원을 취득하여 해당 환자의 투여선원을 확인 및 분류한 후 캐리어 혹은 임시저장실에 보관하는 단계이며, 방사성옥소 투여과정은 작업자가 선원을 격리 병실 까지 운반하여 환자들에게 방사성옥소를 나누어

주고 환자가 복용 한 후 입원을 시작하기 전까지의 단계이다. 입원환자관리 과정은 선원 복용 후 환자가 일정기간 격리병실에서 입원을 하는 단계를 의미한다. 방사성옥소 투여량이 1.11GBq(30mCi)이하인 경우에 대한 위험도는 고려하지 않았으며 입원환자를 위한 고용량 ¹³¹I을 다루는 작업절차로 한정하였다.

잠재피폭 발생확률, 피폭모델의 입력변수 자료수집, 시나리오를 도출하기 위해 3차례에 걸친 텔파이 조사를 실시하였다. 텔파이 패널 선정 조건은 실무경험이 풍부하고 치료과정과 시스템에 대한 이해도가 높아야 하며 여러 단계로 이루어지는 텔파이 조사에 중도 이탈 없이 응답할 수 있는 전문가 조건을 만족하는 18인으로 구성하였다.

위험도 평가 모델변수에 대한 분포설정은 모집단의 분포를 표본 도수와 비교하여 검정하는 적합도 검정 (Goodness-of-fit test)을 사용하였다. 3단계 텔파이 조사를 통해 수집한 발생확률 및 입력변수는 베이지안 업데이트를 통해 정량화 하였다. 사후분포를 도출하기 위한 통계패키지로 마코프 연쇄 몬테칼로 (Markov Chain Monte Carlo; MCMC) 방법을 사용하는 WinBUGS를 사용하였다. 최종 확률론적 위험도 평가는 2D MCA (two-dimensional Monte Carlo analysis)를 사용하여 평가하였다.

결과 및 고찰

¹³¹I 치료과정의 직무별 피폭 시나리오는 안전인자의 성공 및 실패 여부에 근거하였으며, 선원취득 및 준비

(12가지), 방사성옥소 투여(10가지), 입원환자관리(9가지)에 대한 사건수목(Event tree)을 구성하였다. 정규작업과 사고의 구분은 결말사건의 발생확률(1%)을 기준으로 설정하여 평가에 반영하였다.

선원취득 및 준비 작업을 수행하는 작업자는 전담 및 교대작업이 이루어지므로 작업장에 대한 점유도를 위험도 평가에 적용하였다. 텔파이 조사결과 평균 1.33명이 작업에 투입되므로 점유도는 0.67로 적용하였다. 정규작업의 경우 1D MCA 결과 중앙값(median)의 위험도는 0.665mSv/y이며, 2D MCA결과 중앙값의 50%ile과 평균의 50%ile값은 각각 0.656, 1.55mSv/y로 평가되었다. 이는 평균값을 기준으로 위험도 분포는 왼쪽(낮은 위험도)으로 치우친 경향을 나타낸다. 즉, 선원취급 및 준비과정에서 고위험군의 정상작업의 형태는 매우 드물게 나타나며, 종사자 1인 단일작업의 경우를 가정하면 95%의 97.5%ile의 값도 12.01mSv/y로 종사자의 연간선량한도에 미치지 못하였다. 사고시에 대한 작업자의 선량은 3.33mSv로 평가되어 정상작업에 비해 상대적으로 높게 평가 되었지만 위험도는 시나리오의 발생확률이 낮기 때문에 매우 극단적인 상황인 95%의 97.5%ile값도 0.47mSv/y로 평가 되었다.

방사성옥소투여 작업은 국내 병원 작업절차에 따라 전담인원이 담당하거나 2 또는 4교대로 작업이 이루어 지는데 텔파이 조사 결과 평균 2.33명이 종사한다. 정상적인 옥소투여 작업 당 받게 되는 선량은 5.85 μ Sv(1회 투여 작업 당 거리 및 시간은 각각 1m, 1.84분 기준)이며, 2008년 12월 기준으로 평균 입원환자수는 232명(45개 병원)이며 주당 투여 횟수는 평균 4.68회 이다. 정규작업 시 연간 최대로 예상되는 연간선량은 3.23mSv (95% 97.5%ile 값)로 평가 되었지만, 중앙값의 50%ile 값은 0.5mSv/y로 평가 되었다. 사고시의 경우 중앙값의 90% 신뢰구간의 위험도 범위는 [7.12 $\times 10^{-4}$, 1.55 $\times 10^{-1}$] mSv/y로 평가되었다.

입원환자의 관리과정은 다른 직무에 비해 상대적으로 매우 낮은 위험도로 평가 되었다. 최근 국내 병원의 경우 환자를 CCTV 또는 공간선량률을 감시하여 환자의 이상여부 및 특이 상태를 확인할 수 있어 실제 피폭의 기회가 매우 적다. 국내의 경우 격리병실의 환자가 무단으로 이탈하여 병원건물을 이탈한 보고가 없으며

로 사고시 시나리오 중 환자의 병실 이탈은 건물내로 한정하여 위험도를 평가 하였다. 정규작업 및 사고시의 최대 위험도는 각각 2.72 $\times 10^{-2}$, 5.83 $\times 10^{-2}$ mSv/y (95%의 97.5%ile 값)로 평가 되었다.

본 연구의 정규작업에 대한 위험도 평가 결과는 국내 핵의학(진단을 제외한 치료분야) 방사선작업종사자들의 TLD 개인선량 분포와 비교하였다. 전체적인 자료의 퍼짐과 선량분포의 모양은 저선량 영역으로 치우친 모양으로 유사하지만, 전체적인 값은 위험도 결과가 약 2배 정도 높게 평가 되었다. TLD 개인선량 분포는 주작업자이외의 종사자 개인선량을 포함 하고 있지만 위험도는 주작업자에 대한 평가 결과이기 때문이다.

표 1. TLD 선량과 정규작업에 대한 위험도 평가 결과 분포

5%ile	Median	95%ile	Mean	STD
TLD individual dose				
0.02	0.27	3.08	0.775	1.78
Risk of normal task				
0.09	0.78	6.78	1.85	1.55

결론

¹³¹I 치료과정에 대한 위험도 평가 결과는 각 직무별 상대적 위험도를 고려하여 방사선방호 측면의 선량 저감화를 위한 최적화된 작업인원 및 작업절차를 고려할 때 유용한 정보를 제공할 것이다. 또한 제한된 규제자원으로 방사선 사용기관의 안전관리를 효율적으로 수행하여 방사선 이용의 안전제고는 물론 안전 규제 효율화에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발 상비, 지식경제부(2008-P-EP-HM-E-06-0000), 선광원자력안전(주)지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. ICRP, The 2007 Recommendations of the international Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, 2007.