

근무형태 및 피폭선량에 따른 PET/CT실의 운영 효율성 평가

원자력병원 핵의학과

권오진 · 정서희 · 백승찬 · 김경호

Operation Efficiency Estimation of PET/CT Center by Work Form and Exposure Dose

Oh Jin Kweon, Su Hee Jung, Seung Chan Baik, Kyeong Ho Kim

Department of Nuclear Medicine, Korea cancer center hospital, Seoul, Korea

Purpose: Recognize circulation work system and fixing work system's merits and demerits that is enforced in operation of PET/CT center in sudden increase recently. Wish to estimate connectivity degree of individual exposure dose and PET/CT working that is managed periodically through this and look for operation efficiency of PET/CT center. **Materials and Methods:** ① Find interrelationship of length of service to be individual exposure dose and PET/CT through TLD interpretation. Specially, evaluate on the basis of data of 2.5 years until 2 quarters 2006~2008 year that show patient increase rapidly the latest. ② Recognize what countermeasure is evaluating problems happened at circulation work system and fixing work system. **Results:** Patient examination's number was 14,674 items until 2 quarters 2006~2008 year, and the ^{18}F -FDG average injection amount was 461.5 MBq. 2 people of 10 radiotechnologist did fixing work PET area and GAMMA area each, and 8 people did circulation work of 3 times for 2.5 years. Average exposure dose that PET area and Gamma area's circulation men in service receive was 1.32 mSv, and PET area men in services came out average 0.825 mSv high than Gamma area men in services. Nurse's exposure dose is 0.28 mSv, and next 2 reason is conjectured. One is contact with patient that medicate ^{18}F -FDG injection, and another is consultation about patient's next time schedule after examination end. Although exposure dose's amount is not much, is expected to consider continuation work possibility by exposure dose in case is a nurse with pregnancy possibility. Also, ^{131}I -isotope therapy area's radiotechnologist that use capsule appeared by 0.12 mSv and a nuclear medicine doctor appeared by exposure dose that is less of 0.11 mSv. **Conclusions:** In case do PET/CT center circulation work after a long time, connoted danger that most men in service is consecutiveness deficiency of business and individual exposure dose increase at early 1 month. Specially, way for individual exposure dose's decrease should be considered. Also, need to evaluate abhorrent work form for efficient work system introduction, and enforce circulation and fixing work suggestion suitable shift working. Finally, must make normalized business guide and so on to prevent circulation work people's business efficiency decline. (**Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):93-97**)

Key Words : Radiotechnologist, Work form, Circulation work, Exposure dose

서 론

최근 들어 급신장한 고급 의료영상 장비인 PET/CT는 양

전자 방출 촬영기(PET: Positron Emission Tomography)와 컴퓨터 단층촬영기(CT: Computed Tomography)를 하나로 합친 장비이다. 이러한 PET/CT는 암 진단에 효과적으로 사용되고 특히 종양을 CT, 감마카메라 등에 비해 월등히 앞선 시기에 진단할 수 있게 되어 암의 조기 진단을 가능하게 한다.¹⁻³⁾ PET/CT는 방사성동위원소를 이용하여 세포의 생화학적 변화와 함께 우수한 해부학적 영상을 동시에 얻을 수 있어 암과 심장질환을 조기 발견하여 예후 등에 매우 유용한 의료

- Received: December 3, 2008. Accepted: January 2, 2009.
- Corresponding author: Oh Jin Kweon
Department of Nuclear Medicine, Korea cancer center hospital,
215-4, Gongneung-dong, Nowon-gu, Seoul, 139-706, Korea
Tel: +82-2-970-2235, Fax: +82-2-970-2241
E-mail: josikha@empal.com

장비이다.⁴⁾

이러한 이유로 최근 들어 급격히 증가하고 있는 PET/CT 검사 건수 및 PET실 근무자의 과도한 피폭정도를 고려하여 시행되고 있는 PET실 운영에 대해 알아보려고 한다. 본원에서는 PET/CT실의 원활한 운영 및 피폭의 분산 차원에서 순환 근무제와 고정근무제를 시행하고 있는데 이 두 가지 근무제에 대한 비교 분석을 해 보고자 한다. 이를 위해 주기적으로 관리되고 있는 종사자 개인별 피폭선량과 업무의 연결성 정도를 평가하여 PET/CT실의 운영 효율성을 찾고자 한다.

실험재료 및 방법

① TLD판독을 통한 개인별 피폭선량과 직급별 피폭선량을 분석한다. 특히 최근 급격히 환자 증가가 발생한 2006년~2008년 2/4분기까지의 2.5년간의 자료를 평가하였다.

② 순환 근무 및 고정 근무시 발생되었던 문제점들을 평가하고 이를 해결하기 위한 대책은 무엇이었는지를 알아본다.

아래 표는 원자력 법규상의 방사선 종사자 및 수시출입자 등에 관한 선량한도 표이다(Table 1).

결 과

1. TLD를 통한 개인별 피폭선량 평가

먼저 TLD 판독을 하기 전에 연구기간 별 실제 방사능 사용 현황을 알아보았다. 아래 표는 연구기간 동안의 환자 건수와 방사능의 평균치를 보여준다(Table 2).

조사된 자료에 의해 2006년~2008년 2/4분기까지의 2.5년간의 총 환자 건수는 14,674건이었으며, ¹⁸F-FDG 전체 평균

Table 1. Atomic energy law enforcement ordinance, chapter 5,2

구분	방사선작업종사자	수시출입자 및 일반인	일반인
유효선량 한도	연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv	연간 12 mSv	연간 1 mSv
등가선량 한도	수정체 150mSv 손발 및 피부 500mSv	연간 15 mSv 연간 50 mSv	연간 15 mSv 연간 50 mSv

Table 2. Injected average activity per person

Year	Study	Average (Act/MBq)
2006	4,494	466.333
2007	6,059	437.245
2008.8	4,121	491.972

주사량은 461.5 MBq이었다.

또 다른 사전 분석 자료로는 Gamma 및 PET 실에 근무하는 방사선사의 근무 연한을 살펴보았다(Table 3).

연구 대상자는 전체 13명의 방사선사 중 2008년 2월에 야간 고정 근무를 위한 시간제 근무자를 제외한 10명으로 하였다.

연구 기간 2.5년간 방사선사의 순환근무는 3회 이루어졌고, 10명의 방사선사 중 PET과 Gamma 영역별 1인을 제외한 8명의 순환근무가 시행되었다(Table 4).

TLD 피폭선량의 분석 자료에서 종사자의 선량 중 일관성 있게 TLD를 부착하고 근무한 인원을 선정하고, 그 외 불규칙적인 TLD 미부착 및 TLD 부착된 가운을 퇴근 후 촬영실에 방치함으로 해서 Daily QC 과정 등으로 불필요하게 피폭을 유발한 인원은 평가에서 제외하였다. 이에 해당하는 인원은 피폭선량 표에서 B_1, D_1, E_2의 3인으로 나왔고, 이를 제외한 7명 중 근무 연한별 1~2인을 선별하여 분기별 피폭선량을 분석하여 보았다. PET실과 Gamma실을 왕복하면서 종사자가 받은 평균 피폭선량은 1.32 mSv였으며, PET실 근무 시 Gamma 영역에 근무하고 있을 경우보다 평균 0.82 mSv 높게 나왔다.

또한 개인(방사선사) 피폭선량의 분기별 평가에서는 순환 근무 초기 1개월 후보다 업무의 연속성을 익힌 3개월 후에 더 낮게 나왔으며, PET실 근무연한이 증가 할수록 업무의 숙달도가 빨랐으며 개인별 피폭선량은 감소하는 경향으로 나타났다.

특히 Gamma실과 PET실 종사자의 피폭선량 차이 원인으로

Table 3. work period of radiotechnologist

Work Period		Member
1 Y ↓	A	3 (Night/Part)
1~5 Y	B	3
6~10 Y	C	4
11~15 Y	D	1
15 Y ↑	E	2

Table 4. Exposure dose of individual RT (mSv)

	2006				2007				2008
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4
B_1	1.97	0.57	2.09	3.06	1.28	1.72	2.09	0.26	2.07
B_2	2.91	0.88	1.97	2.14	0.84	1.64	3.31	1.18	0.90
B_3					1.75	0.96	1.68	2.76	0.61
C_1	0.58	0.30	0.58	1.19	1.09	1.53	0.79	0.83	1.56
C_2	0.60	1.11	2.03	1.94	1.43	1.03	2.03	2.44	1.20
C_3	1.66	0.45	0.57	0.73	1.83	1.01	2.24	0.96	0.55
C_4	0.90	1.84	0.38	1.93	0.75	1.02	0.70	2.60	1.49
D_1	1.39	0.15	1.42	0.79	0.89	1.83	2.28	5.31	0.90
E_1	0.42	0.26	0.39	0.61	1.14	0.73	2.04	2.24	1.60
E_2	0.37	0.68	1.05	0.99	0.67	1.60	0.58	0.00	0.27

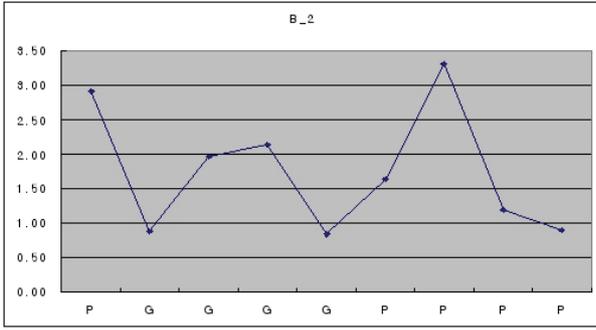


Fig. 1. Exposure dose of B_2.

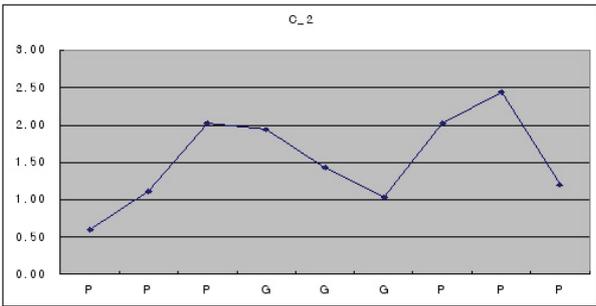


Fig. 2. Exposure dos of C_2.

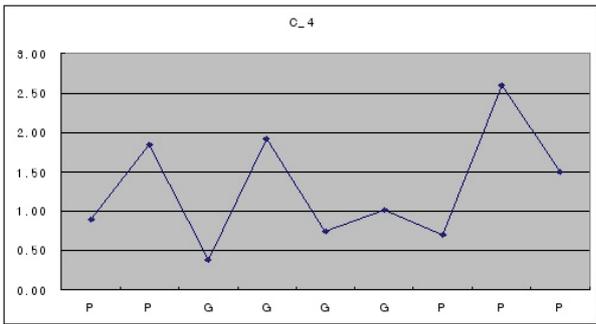


Fig. 3. Exposure dose of C_4.

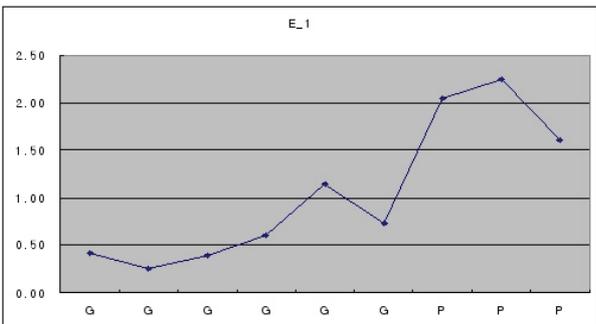


Fig. 4. Exposure dose of E_1.

는 일일 근무시간이 PET실과 Gamma실 영역의 차이가 없는 상태에서 ^{99m}Tc 보다는 상대적으로 에너지가 높은 $^{18}\text{F-FDG}$ 를 사용하기 때문인 것으로 생각된다.

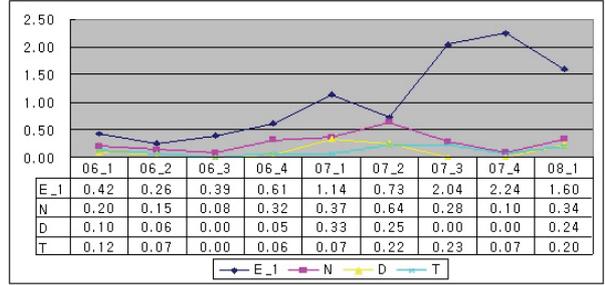


Fig. 5. Exposure dose of work group (mSv).

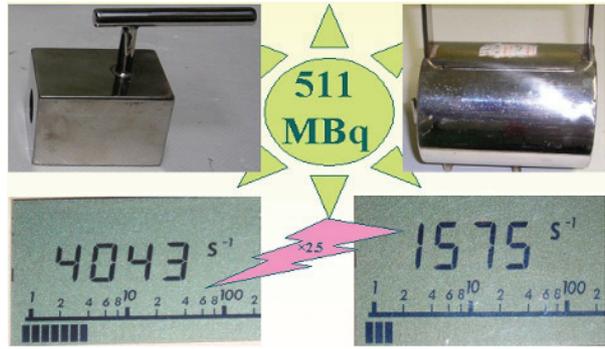


Fig. 6. Shielding of syringe.

그림 5는 방사선사(E_1), 간호사(N), 의사(D), 치료 방사선사(^{131}I -Therapy)의 피폭선량을 비교한 것이다. 간호사의 피폭선량은 0.28 mSv이며, 이는 $^{18}\text{F-FDG}$ 주사 후 짧은 시간 환자와의 접촉과 검사 종료 후 환자의 다음 일정에 관한 상담에 따른 것으로 보인다. 피폭의 정도가 심각하지는 않지만, 임신 가능성이 있는 간호사일 경우 피폭에 의한 계속 근무 가능성을 고려해야 할 것으로 보인다. 또한 핵의학 의사는 0.11 mSv, ^{131}I capsule을 이용한 치료 방사선사는 0.12 mSv의 낮은 피폭선량을 보였다.

2. 근무 형태에 따른 비교 평가

PET실의 장기간 고정 근무 시 발생된 주요 문제점은 장기간 근무로 인한 업무 고정관념 생성, 습관적인 업무 진행으로 영상에서의 오류 미 발견을 증가, Gamma실 근무자 대비 PET실 근무자의 방사선 피폭 증가 및 이로 인한 업무 피로도 누적, PET실이라는 업무 제한성으로 인해 핵의학 전체 업무에 대한 관심도 저하로 PET실의 업무 외에는 타부서원과의 협력성이 결여되어 부서 전체의 팀워크에 영향을 미친다. 그러나 이점으로는 장비의 특성 파악이 좋아지고, 환자 처리 속도가 증가함으로 인해 검사 건수 증대에도 기여를 한다. 또한 계속적인 PET실의 전문성 확보에는 장기적인 근무제도가 좋은

성과를 보였다.

둘째로 단기간 순환 근무 시 발생된 문제점으로는 잦은 근무 순환으로 인한 업무 연결성이 결여 및 장비의 숙달정도에 따른 개별 차이가 발생하여 장비의 오작동이 증가하였다. 이로 인해 단기간의 업무 순환으로 인한 책임회피성이 증가하였으며, 부적절한 기기 사용으로 검사 오류 또한 증가하였다. 특히 단기간 순환 후 PET실로의 업무 재 복귀 후 초기 부적응에 따른 피폭 증가가 발생하여 처음의 피폭 완화를 추구한 근무 형태 변화에는 만족하지 못한 성과를 나타내었다. 단기간 순환 근무제의 장점으로는 장기간 근무 형태에 비해 피폭의 분산이라는 점과 PET실 근무자의 사고 시 응급 검사가 가능하다는 점을 들 수 있다.

3. 근무제 변화를 제외한 피폭 최소화 방안

¹⁸F-FDG의 분배를 환자 1인별로 분산하여 Unit Dose화합을 원칙으로 하고, 주사를 위해 짧은 거리를 이동하기 위해 사용하기 위한 차폐체를 제작하였으며, 과도한 무게와 피폭의 감소 정도를 고려하여 위 사진의 두 제품을 병행하는 새로운 제품을 제작 중에 있다.

위 그림과 같이 PET Scanner실의 환자를 눕히기 위해 종사자가 머무는 위치에 이동용 차폐체 설치를 하였으며, 설치 후 방사선량은 1/3로 감소하였다. 또한 분배실의 연유리(Pb 6.0 mm 함유)를 추가하였으며 분배되어진 ¹⁸F-FDG의 보관을 위해 전용 저장함을 마련하였고, 주사를 위한 환자 1인 1실의 차폐 벽체 설치하였다.

결 론

순환 근무를 통해 장시간 PET/CT실을 벗어난 상황이 될 경우 대부분의 근무자가 초기 1개월에서 업무의 연속성 결여 및 개인별 피폭선량 증가라는 위험성을 내포하였다. PET/CT 환자의 증가에 따른 PET/CT실 전체의 과도한 피폭을 분산하기 위한 순환 근무제의 도입이 또 다른 문제점을 갖고 있음을 알 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 근무자의 업무재교육과 순환 및 고정 근무제의 적절한 병행을 시행할 필요가 있다고 본다. 또한 고정 근무자는 순환 근무 인력들의 이런 문제점을 해결하기 위해 업무영역에서 표준화된 업무지침서 등을 만들어야 한다.

아래 그림은 본원에서 시행하고 있는 순환 근무제와 고정 근무제의 병행을 보여주고 있다. 이러한 근무 형태가 어느 정



Fig. 7. Shield of work environment.

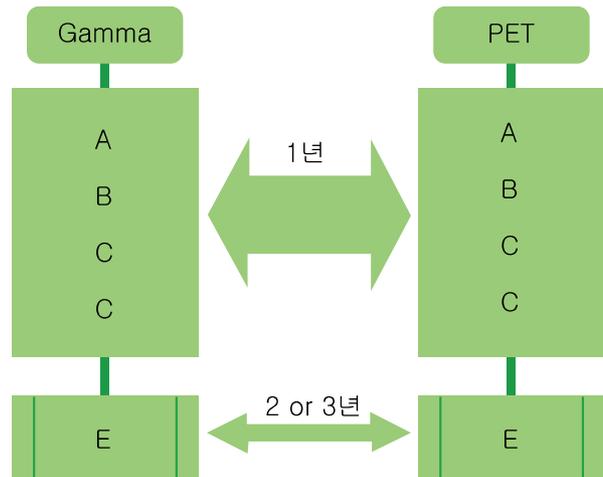


Fig. 8. Circulation work form.

도의 효율성을 가지는 지는 이제 시행 초기라 아직 언급할 단계는 아니지만 지속적인 연구를 통해 최적의 운영 시스템을 만들어 보고자 한다.

요 약

2006년~2008년 2사분기까지의 2.5년간의 환자 건수는 14,674 건이었으며, ¹⁸F-FDG 평균 주사량은 461.5 MBq 였다. 2.5년간 순환근무는 3회 이루어졌고, 10명의 방사선사중 PET과 Gamma 영역별 1인을 제외한 8명의 순환근무가 시행되었다. 추가로 2008년 3인의 신입인력이 야간에 투입되어 이에 대한 평가도 이루어졌다. 방사선사의 근무연한은 15년 이상이 2인, 10~15년 이 3인, 5~10년이 1인, 5년 미만인 3인이었다. 이들의 개인별 피폭선량은 먼저 PET실에 근무를 하고 있을 때가 Gamma 영역에 근무하고 있을 때 보다 더 높게 나왔다. 가장 큰 원인으

로는 일일 처리 건수 면에서 PET과 Gamma영역의 차이가 거의 없는 상태에서 ^{99m}Tc 보다는 상대적으로 에너지가 높은 ^{18}F -FDG를 사용하는데 있다고 본다. 특히 개인별 피폭선량도 근무연한에 따른 분기별 평가에서 서로 다르게 나타났다. 또한 순환근무 초기 1개월째보다는 업무의 연속성을 익힌 3개월째에 더 낮은 피폭선량을 보여 주고 있다. 이는 PET 실의 근무연한이 길수록 업무의 숙달도가 증가하여 개인별 피폭선량은 감소하는 것으로 보인다. 예약실에 근무하는 간호사의 피폭선량은 ^{18}F -FDG 주사 후 짧은 시간에 환자와의 접촉이 이루어지고 있어 그리 큰 문제점을 보이지는 않았다. 그러나 임신 가능성이 있는 간호사일 경우는 이를 재고해 보아야할 필요가 있다.

순환 근무를 통한 장시간 PET/CT실을 벗어난 상황이 될 경우 대부분의 근무자가 초기 1개월에서 업무의 연속성 결여 및 개인별 피폭선량 증가라는 위험성을 내포하였다. PET/CT 환자의 증가에 따른 PET/CT실 전체의 과도한 피폭을 분산하기 위한 순환 근무제의 도입이 또 다른 문제점을 갖고 있음을 알 수 있다.^{5,6)} 이를 해결하기 위해서는 근무자의 업무재교육과 순환 및 고정 근무제의 적절한 병행을 시행할 필요가 있다고 본다. 또한 고정 근무자는 순환 근무 인력들의 이런 문제점을 해결하기 위해 업무영역에서 표준화된 업무지침서 등을 만들어야 한다.

REFERENCES

1. Marti-Climent JM, Penuelas I, Calvo R, Garcia-Velloso MJ, Richter JA. Regional distribution of ^{18}F -FDG for Positron Emission Tomography. *Eur J Nucl Med* 1998;1177.
2. Benatar NA, Cronin BF, O'Doherty MJ. Radiation dose rates from patients undergoing PET: implications for technologists and waiting areas. *Eur J Nucl Med* 2000; 27:583-589.
3. Brix G, Nosske D, Glatting G, Minkov V, Reske SN. A survey of PET activity in Germany during 1999. *Eur J Nucl Med* 2002; 29:1091-1097.
4. White S, Binns D, Johnston VV, et al. Occupational exposure in nuclear medicine and PET. *Clin Positron Imaging* 2000;3:127-129.
5. Linemann H, Will E, Beuthien-Baumann B. Investigations of radiation exposure of the medical personnel during ^{18}F -FDG PET studies [in German]. *Nuklearmedizin* 2000;39:77-81.
6. Clarke EA, Thomson WH, Notghi A, Harding LK. Radiation doses from nuclear medicine patients to an imaging technologist: relation to ICRP recommendations for pregnant workers. *Nucl Med Commun* 1992;13:795-798.