▸원 저◂ ISSN 1226-2854

전신 PET/CT 검사에서 공간선량률 측정

— Measurement of the Spatial Dose Rates During PET/CT Studies —

대구보건대학 방사선과

박 명 환

— 국문초록 —

전신 PET/CT 검사에서 ^{18}F-FDG의 방사성의약품을 투여한 환자가 방사선원이 되기에 환자로부터 종사자의 피폭선량 예측을 위한 PET 검사실에서 환자 주변의 공간선량률을 측정·분석하였다. 연간 개인피폭선량은 대학병원의 핵의학 분야에 근무하는 종사자가 방사선종양학과와 소규모병원의 진단방사선 분야에 비해 검사 중에 환자로부터 방출되는 공간선량률에 의하여 개인피폭선량이 높게 나타났다. 그리고 PET/CT 검사에서 ^{18}F-FDG를 이용하는 경우에 ^{99m}Tc 보다 공간선량률이 4~6배 정도로 훨씬 높고, 촬영실 전체에 공간선량률이 분포함을 알 수 있었다. 따라서 방사성의약품 투여 후 안정실이나 PET 검사 중에 촬영실 내에서는 항상 방사선 방어의 기본인 시간은 짧게, 거리는 멀리, 차폐를 고려하여 PET 검사를 수행하는 것이 매우 중요하고, 환자로부터의 공간선량률에 따른 종사자의 개인피폭선량을 줄이기 위한 최선의 노력이 필요하다.

중심 단어: 공간선량률, 방사성의약품, PET

Ⅰ. 서 론

의료기관이나 산업체 등에서 방사선을 이용하는 경우 허용된 범위의 피폭이라 하더라도 방사선 피폭으로 인한 이익이 손실보다 클 경우에만 피폭을 허용하며, 가능한 방사선 피폭을 줄임으로서 방사선 피폭으로 인한 확률적 영향과 결정적 영향의 발생을 감소시킬 수 있다[1].

핵의학의 *in vivo* 검사에 있어서 방사선원은 방사성의약품을 환자에게 투여함을 경계로 2개로 나눌 수 있다. 즉 방사성동위원소를 환자에게 투여하기 전은 방사성동위원소(RI)가 방사선원이 되지만 투여 후에는 환자의 몸 전체가 방사선원[2]이 된다. 따라서 방사성동위원소를 이용한 핵의학 검사에서 환자로부터 방출되는 방사선에 의한 공간선량률은 방사선작업종사자에 있어 피폭정도를 인지하는데 중요한 지표[3]가 될 수 있음에도 불구하고, 지금까지 이 분야의 연구[4-6]가 미흡하여 막연히 핵의학 검사실 내에는 공간선량률이 존재하고 이로 인한 피폭을 받는다고만 생각해 온 것이 보편화 된 사실이다[7].

특히 최근에 PET을 이용한 핵의학 진료와 연구활동이 전국적으로 급속히 확대되면서 핵의학의 새로운 시대를 열고 있다. 핵의학 영상 장비의 주종을 이루는 감마카메라는 일반 감마카메라와 SPECT용 감마카메라가 설치되어 있으며, 최근에는 대부분 다중헤드 SPECT용 감마카메라를 설치하고 있는 추세이다. PET 장비는 1995년 국내에 처음 설치된 이후 최근 서울과 지방으로 급속히 확산되어 PET의 설치가 급증하고 있다. PET은 새로운 검출기 물질의 개발과 CT를 부착한 융합 PET영상의 실현으로 검사시간이 단축되고, 진단의 정확도가 향상되어 2세대 PET장비 시대로 접어들었다. 따라서 PET검사에서 이

* 이 논문은 2006년 9월 11일 접수되어 2006년 11월 23일 채택 됨.
책임저자 : 박명환, (702-722) 대구광역시 북구 태전동 산 7번지
대구보건대학 방사선과
TEL : 053-320-1313, 011-555-0192
FAX : 053-320-1449, E-mail : mhpark@mail.dhc.ac.kr

용되는 ^{18}F-FDG의 양전자방출핵종의 사용이 급증하게 되었으며[8,9], 이것은 511 keV의 γ선이 방출되기 때문에 기존의 140 keV의 ^{99m}Tc에 비해 종사자의 방사선피폭의 증가로 피폭선량 저감을 위한 노력이 요구된다[10].

본 연구에서는 전신 PET/CT 검사에서 ^{18}F-FDG를 투여한 환자가 방사선원이 되기에 환자로부터의 피폭선량 경감 측면에서 PET 검사실에서 환자 주변의 공간선량률을 측정·분석하여 방사선사 등의 피폭선량 관리에 도움을 주고자 한다.

Ⅱ. 실험장치 및 방법

본 실험에서 공간선량률을 측정하기 위해 Table 1과 같이 전신 PET/CT 검사에서는 ^{18}F-FDG를 투여한 후의 안정실과 PET 검사 후에 환자로부터의 공간선량률을 Digital surveymeter(FH-40G, Eberline)로 일정 거리에서 선량률이 안정될 때 즉시 1회의 측정값을 얻었다. 이때 측정지점은 Fig. 1과 같이 환자의 실제 검사와 같은 자세로 하고, ^{18}F-FDG의 집적을 고려하여 환자의 양측과 머리, 발쪽 수평방향으로 체표로부터 측정 가능한 거리(5, 50, 100, 150, 200, 250, 300 cm 이상)까지 측정하였다. 그리고 PET기기는 Fig. 2와 같이 Discovery ST scanner system(GE)를 이용하고, 바닥으로부터 생식선 위치의 높이에서 공간선량률을 측정하였으며, 또한 방사선사 등의 피폭선량을 추정하기 위해 동일 선량률을 나타내는 등선량률 곡선을 SigmaPlot 2000 program을 사용하여 작성하므로 환자로부터의 공간선량률 분포를 평가하였다. 또한 전신 뼈촬상에서는 감마카메라(Vertex Epic, ADAC)로 ^{99m}Tc-MDP를 이용한 경우와 공간선량률을 비교하였다.

Table 1. The cases of nuclear medicine studies in the spatial dose rates

Case	Agent	Administration dose(mCi)	Meas. time after I.V.
PET scan	^{18}F-FDG	14	1.5 hr
Bone scan	^{99m}Tc-MDP	20	4 hr

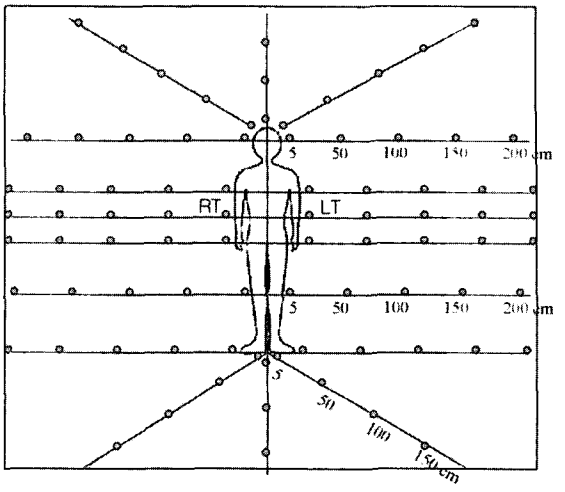

Fig. 1. Schematic representation of the measurement points of the spatial dose rates

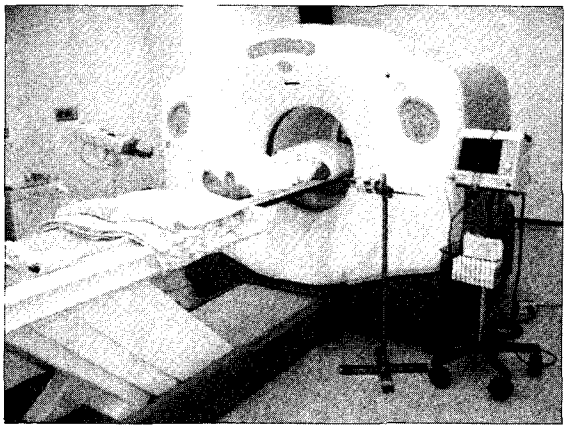

Fig. 2. Experiment equipments of PET and digital surveymeter for spatial dose rates

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 부서별 개인피폭선량 조사

본 실험에 앞서 의료기관의 방사선관련 분야 즉, 진단방사선과, 치료방사선과 및 핵의학과의 *in vivo*와 *in vitro* 분야로 나누어 여기에 근무하는 방사선작업종사자의 1년간 평균 개인피폭선량 측정 결과를 조사하였다. 그 결과 Fig. 3과 같이 실험한 D대학병원의 2004년도 평균 개인피폭선량은 방사선안전관리자가 자료 제공한 부서/개인별 연간 개인피폭선량을 분석한 결과에서 진단방사선과가 4.4 mSv로 가장 높았으며, 다음으로 핵의학과 *in*

vivo 분야에 근무하는 종사자가 3.1 mSv로 높게 나타났다. 그러나 이 등[11]이 연구한 결과에서 1997년도의 모든 의료기관 즉, 소규모 병의원을 포함한 방사선 관련 분야에 근무하는 종사자의 평균 개인피폭선량은 진단방사선과 종사자가 0.52 mSv로 소규모 병의원의 방사선촬영 건수 등이 대학병원에 비해 상대적으로 적은 부분이 반영되어 개인피폭선량이 낮았다. 그러나 대규모 병원에만 설치되어 있는 핵의학과의 경우 *in vivo* 분야가 2.85 mSv로 높게 나타났다. 따라서 대규모 병원의 핵의학 검사에서 환자로부터의 공간선량률에 의한 개인피폭선량이 대학병원 진단방사선과 보다는 낮지만 방사선종양학과와 개인 병의원 보다는 높게 나타남을 알 수 있었다.

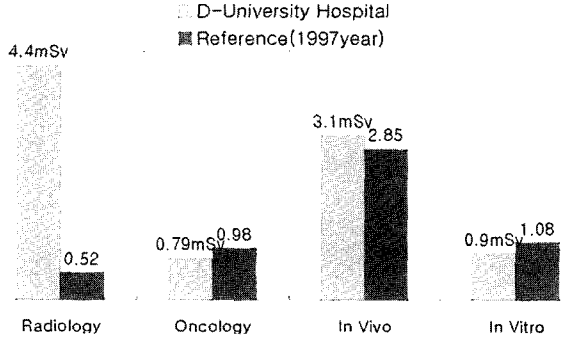

Fig. 3. Comparision of personal exposure dose for radiologic technology parts during one year

2. 공간선량률 분포 측정

공간선량률 측정은 PET 검사와 전신 뼈촬상에서 방사성의약품을 정맥주사 후 Table 1과 같이 측정시간에 surveymeter를 이용하여 환자주변에 있어서 공간선량률 분포를 머리로부터 시작하여 시계방향 또는 반시계방향으로 측정을 시작하였다. 각 측정에는 키가 171 cm, 몸무게 68 kg, 연령 59세로 비슷한 4명의 환자로부터 2명은 시계방향으로, 2명은 반시계방향으로 일정 거리에서 측정기의 선량률이 안정될 때 즉시 1회의 측정값을 얻었다. 그리고 체표로부터의 동일거리에서의 측정결과를 평균하여 등선량곡선의 그림을 작성하였다. 이때 측정시간은 환자 1명당 약 15분 정도의 시간이 요구되었다.

공간선량률의 측정 결과는 Fig. 4와 같이 ^{18}F-FDG 투여 후 90분에 PET 검사를 종료한 다음 심장 위치의 체표로부터 5, 50, 100, 200 cm 거리에서 140.0, 26.3, 11.0, 3.8 μSv/hr로 공간선량률이 측정되었다. 그리고 전신 뼈촬상에서는 방사성의약품 투여 후 4시간에 5, 50 및 100 cm 거리에서 각각 37.4, 4.4, 1.6 μSv/hr로 측정되고, 200 cm 정도에서는 거의 측정되지 않았다.

환자 주변의 공간선량률 분포를 측정하여 등선량률 곡선을 작성한 결과 전신 뼈촬상은 Fig. 5와 같이 검사 후에 방사성의약품이 소변으로 배설되는 특성과 투여 후의 시간이 많이 지나고, 에너지가 ^{18}F-FDG에 비해 낮기 때문에 흉·복부 중심의 강한 선량률 분포는 나타나지 않았으나, PET 검사에서는 Fig. 6과 같이 환자의 흉·복부 중심의 공간선량률의 분포가 크게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 ^{18}F의 소멸감마선 511 keV가 방출되기 때문에 ^{99m}Tc의 140 keV보다 공간선량률이 4~6배 정도로 훨씬 높고, PET 검사 시에는 안정실과 검사실 전체에 공간선량률이 분포하고 있었다. 그러므로 특히 PET 검사 시에 방사선사 등의 종사자는 검사 중에 환자의 접촉시간을 짧게 하고, 거리를 가급적 멀리하여 대화할 수 있도록 하며, 이동 가능한 방어 차폐벽 등을 최대한 활용하여 개인의 피폭선량을 줄일 필요가 있다고 생각된다.

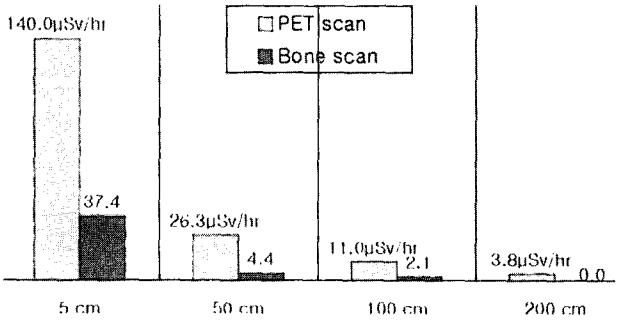

Fig. 4. Spatial dose rates from patients for a given distance

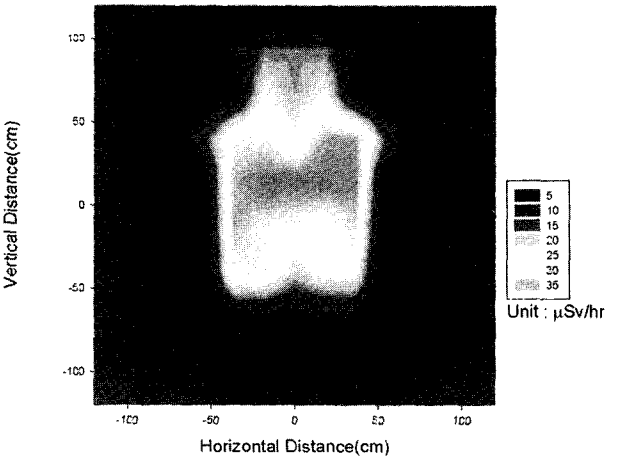

Fig. 5. Distribution of spatial dose rates from patients in whole body bone scan(^{99m}Tc-MDP)

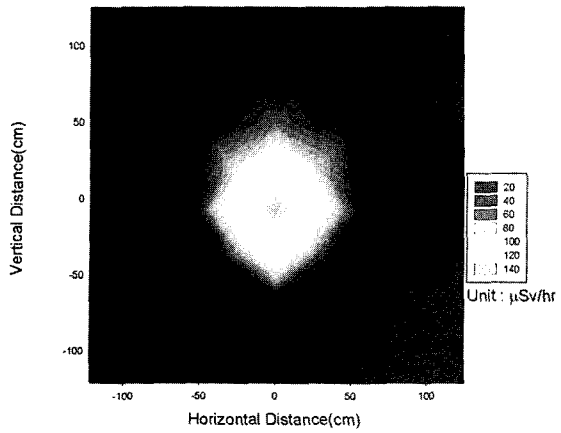

Fig. 6. Distribution of spatial dose rates from patients in fusion PET scan(^{18}F-FDG)

Ⅳ. 결 론

의료기관에서 핵의학 분야에 근무하는 방사선사 등은 최근 PET 장비의 급속한 보급과 검사 건수의 증가로 진단 방사선이나 방사선치료 분야에 비해 검사 중에 환자로부터 방출되는 공간선량률에 의하여 개인피폭선량이 증가되고 있었으며, PET 검사에서 ^{18}F-FDG를 이용하는 경우에 ^{99m}Tc 보다 공간선량률이 4~6배 정도로 훨씬 높고, 촬영실 전체에 공간선량률이 분포함을 알 수 있었다. 따라서 방사성의약품 투여 후 안정실이나 PET 검사 중에 촬영실 내에서는 항상 방사선 방어의 기본인 시간은 짧게, 거리는 멀리, 차폐를 고려하여 PET 검사를 수행하는 것이 매우 중요하고, 환자로부터의 공간선량률에 따른 종사자의 개인 피폭선량을 줄이기 위한 최선의 방법을 선택해야 한다.

참 고 문 헌

1. ICRP : Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford, New York, 1977
2. J. S. Germain : The radioactive patient, Semin. Nucl. Med., 16, 179-183, 1986
3. 佐藤孝司, 小野光一 : X線撮影空間の散亂線の擧動, 日本放射線技術學會雜誌, 第 49卷, 第 8號, 1383, 1993
4. R. S. Sloboda, M. G. Schmid, and C. P. Willis : Technologist radiation exposures from nuclear medicine imaging procedures, J. Nucl. Med. Tech., 15, 16-24, 1987
5. M. Velchik : Radiation exposure associated with the performance of radiologic studies in radioactive patients, J. Nucl. Med. Tech., 18, 211-213, 1990
6. L. K. Harding, A. B. Mostafa, L. Roden, N. Williams : Dose rates from patients having nuclear medicine investigations, Nucl. Med. Commun., 6, 191-194, 1985
7. 오현주 외 : X-선 촬영실내에서의 공간산란선량 변동에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 17(2), 21-27, 1994
8. 표성재 외 : F-18 FDG 사용시 방사선사의 피폭감소를 위한 몇 가지 노력, 핵의학기술, 10(1), 49-53, 2005
9. 渡辺 浩 : 放射線防護から見たPET檢診の課題について, 日本放射線技術學會雜誌, 61(6), 766-771, 2005
10. 유광열 : 양광자방출핵종의 사용에 따른 핵의학 검사실에서의 방사선안전관리, 핵의학기술, 5(2), 280-287, 2000
11. 이준일 : 방사선관계종사자의 피폭현황과 대책, 전국방사선사학술대회자료집, 59-70, 1999

• Abstract

Measurement of the Spatial Dose Rates During PET/CT Studies

Myeong-Hwan Park

Dept. of Radiologic Technology, Daegu Health College

In order to evaluate the exposure to the radiologic technologists from patients who had been administrated with radiopharmaceuticals, we measured the spatial dose rates at 5~300 cm from skin surface of patients using an proportional digital surveymeter, 1.5(PET scan) and 4hr(bone scan) after injection. In results, the exposure to the technologists in each procedure was small, compared with the dose limits of the medical workers. However, the dose-response relationships in cancer and hereditary effects, referred to as the stochastic effects, have been assumed linear and no threshold models; therefore, the exposure should be minimized. For this purpose, the measurements of spatial dose rate distributions were thought to be useful.

Key Words : Spatial Dose Rate, Radiopharmaceutical, PET