

핵의학 검사에서 환자로부터의 공간선량률 측정

대구보건대학 방사선과
박명환 · 이준일

- Abstract -

Measurement of the Spatial Dose Rates from Radioactive Patients during Nuclear Medicine Studies

Myeong Hwan Park · Jon Il Lee

Dept. of Radiologic Technology, Taegu 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 cm, 50 cm, and 100 cm from skin surface of patients using an proportional digital surveymeter, both 5 min after injection and right before the studies. 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.

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 비확률적 영향의 발생을 감소시킬 수 있다¹⁾.

핵의학의 *in vivo* 검사에 있어서 방사선원은 방사성의 약품을 환자에게 투여함을 경계로 2개로 나눌 수 있다. 즉 방사성동위원소를 환자에게 투여하기 전은 방사성동위원소(RI)가 방사선원이 되지만 투여 후에는 환자의 몸 전체가 방사선원²⁾이 된다. 따라서 방사성동위원소를 이용한 핵의학 검사에서 환자로부터 방출되는 방사선에 의한 공간선량률은 방사선작업종사자에 있어 피폭정도를 인지하는데 중요한 지표³⁾가 될 수 있음에도 불구하고, 지금까지 이 분야의 연구⁴⁻⁶⁾가 미흡하여 막연히 핵의학 검사실 내에는 공간선량률이 존재하고 이로 인한 피폭을 받는다고만 생각해 온 것이 보편화 된 사실이다⁷⁾.

따라서 핵의학에서 주로 많이 시행하는 *in vivo* 검사(5종류)에서 방사성의약품을 환자에게 투여한 후 5분과 검사 직전에 환자 주변의 공간선량률 분포를 측정하고, 또한 환자로부터 핵의학 검사 중에 방사선작업종사자의 피폭선량을 추정하며, 어느 정도 피폭되는 가를 평가하고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

핵의학 검사에서 각 검사 종류별 공간선량률 분포를 측정하기 위해서 Table 1과 같이 검사 건수가 많은 전신 골활상 등을 포함한 대표적인 5종류의 검사에 대하여 시행하였다. 그리고 방사성의약품의 투여 5분 후와 검사직전 시에 비례계수관식 digital surveymeter(FG-40G, Eberline)

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

Case	Agent	Administration dose(mCi)	Meas. time after I.V.
Bone scan	^{99m} Tc-MDP	25	5 min, 4 hr
Regional cerebral blood flow scan	^{99m} Tc-ECD	22	5 min, 1 hr
Liver scan	^{99m} Tc-Phytate	5	5 min, 30 min
Thyroid scan	^{99m} TcO ₄ ⁻	5	5 min, 30 min
Lymph node scan	^{99m} Tc-ASC	2(L,F) 2(R,F)	5 min, 1 hr

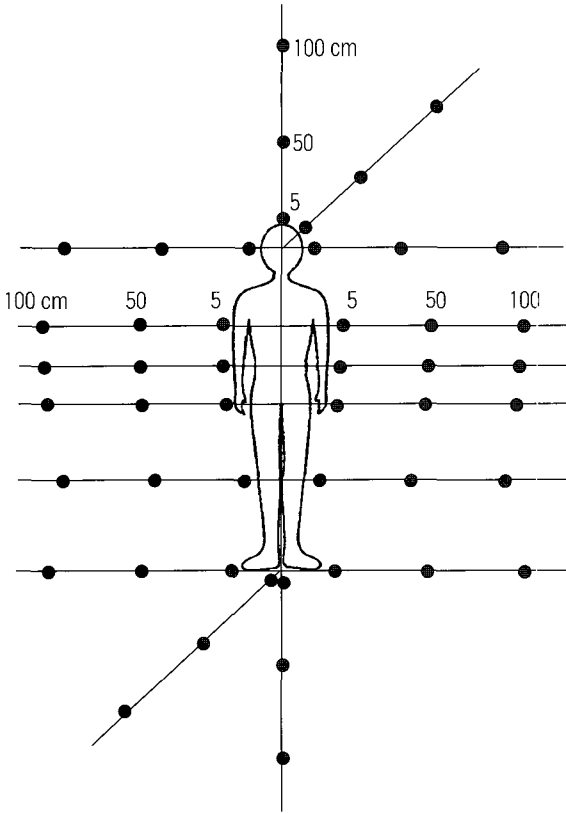


Fig. 1. Schematic representation of the measurement points of the spatial dose rates.

를 이용하여 Fig. 1과 같이 환자체표로부터의 특정거리 (5, 50, 100 cm)에 있어서 공간선량률을 측정하였으며, 이때 γ -camera(Vertex Epic, ADAC)를 이용하여 실제의 검사와 동일 상태로 하기 위하여 환자를 테이블 위에 똑바로 누운 상태(supine)로 취한 후, 바닥으로부터 환자 신체 중심의 높이에서 검사대상 장기 중심을 통과하는 수평면상에서 측정하였다. 그리고 공간선량률을 측정값을 SigmaPlot 2000 프로그램을 이용하여 등선량곡선을 작성하여 각 검사별 환자로부터의 공간선량률 분포를 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 부서별 평균개인피폭선량 조사

본 실험에 앞서 의료기관의 방사선관련 분야 즉 진단 방사선과, 치료방사선과 및 핵의학과의 *in vivo*와 *in vitro* 분야로 나누어 여기에 근무하는 방사선작업종사자의 1년간 평균 개인피폭선량 측정 결과를 조사하였다. 그 결과 Fig. 2와 같이 실험한 K대학병원의 2000년도 평균 개인피폭선량은 진단방사선과가 4.4 mSv로 가장 높았으며, 다음으로 핵의학과 *in vivo*분야에 근무하는 종사자가 2.0 mSv로 높게 나타났다. 그러나 이 등⁸⁾이 연구한 결과에서 1997

년도의 모든 의료기관 방사선관련 분야에 근무하는 종사자의 평균 개인피폭선량은 오히려 진단방사선과 종사자가 0.52 mSv로 가장 낮았으며, 핵의학과 *in vivo*분야가 가장 높은 2.85 mSv로 나타났다. 따라서 의료기관의 핵의학 검사에서 환자로부터의 공간선량률에 의한 개인피폭이 다른 방사선분야보다 높게 나타남을 알 수 있었으며, 그리고 이와 같이 진단방사선과가 가장 낮게 나타난 이유는 방사선촬영 건수가 많지 않은 개인의원 등이 포함되었기 때문이라고 생각된다.

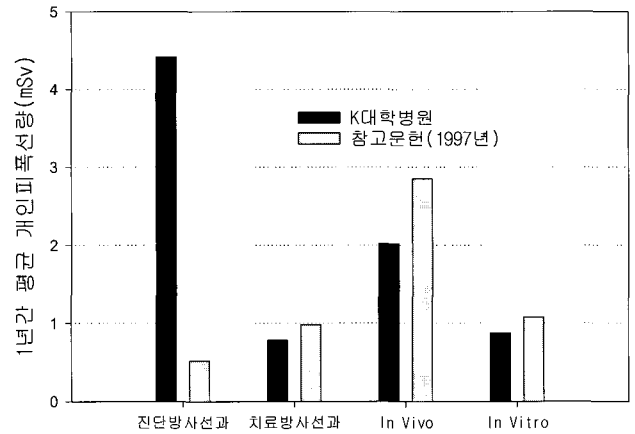


Fig. 2. Comparison of personal exposure dose for radiologic technology parts during one year.

2. 공간선량률 분포 측정

핵의학 검사에서 비교적 시간적 여유가 있고, 공간선량률 분포 측정이 가능한 5종류의 검사에 대하여 시행하였다. 즉, 전신 골촬상(^{99m}Tc -MDP), 국소 뇌혈류촬상(^{99m}Tc -ECD), 간촬상(^{99m}Tc -phytate), 갑상선촬상($^{99m}\text{TcO}_4^-$) 및 림프절촬상(^{99m}Tc -ASC)에 방사성의약품 투여 후 5분과 검사 직전에 surveymeter를 이용하여 환자주변에 있어서 공간선량률 분포를 머리로부터 시작하여 시계방향 또는 반시계방향으로 측정을 시작하였다. 각 측정에는 키와 몸무게 및 연령이 비슷한 4명의 환자로부터 2명은 시계방향으로, 2명은 반시계방향으로 측정하여 체표로부터의 동일거리에서의 측정결과를 평균하여 등선량곡선의 그림을 작성하였다. 이때 측정시간은 환자 1명당 약 15분 정도의 시간이 요구되었다.

1) 평균공간선량률

비례계수관식 digital surveymeter 이용하여 각 검사에서 검사 대상장기 주변의 측정점에 있어서 평균공간선량률의 측정 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 5 cm(환자체표로부터)의 경우와 비교하여 50 cm의 거리에서 공간선량률은 약 1/5~1/10, 100 cm에서 1/20~1/30으로 되었

Table 2. Spatial dose rates from patients for a given distance.

Case	Meas. time after I.V.	Spatial dose rate(μ Sv/hr)		
		5 cm	50 cm	100 cm
Bone scan	5 min	158.0	22.0	7.3
	4 hr	37.4	4.4	1.6
Regional cerebral blood flow scan	5 min	72.3	13.1	3.4
	1 hr	37.9	6.5	1.8
Liver scan	5 min	51.6	5.2	2.5
	30 min	70.0	8.1	2.8
Thyroid scan	5 min	25.5	3.2	1.1
	30 min	16.4	2.3	0.7
Lymph node scan	5 min	35.0	3.6	1.2
	1 hr	32.5	3.3	1.1

다. 특히 방사성의약품 투여 5분 후와 검사직전의 공간선량을 비교한 경우 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 에서 선량의 감소가 현저하였다.

2) 공간선량률 분포

환자 주변의 공간선량률 분포를 측정하여 등선량곡선을 작성한 결과, 먼저 전신 골활상은 Fig. 3과 같이 방사성의약품 투여 후 5분에는 환자 복부의 체표로부터 5 cm에서 $158 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $22.0 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $7.3 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 흉, 복부 중심의 강한 선량률 분포를 나타내었다. 그리고 투여 후 4시간인 검사 직전에는 방사성의약품이 소변으로 배설되는 특성과 투여 후의 시간이 많았기에 선량률이 5 cm에서 $37.4 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $4.4 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $1.6 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 다른 검사에 비하여 많이 감소하였으며, 또한 환자 주변의 선량률 분포는 대체로 균등함을 보였다.

국소 뇌혈류활상에서의 측정 결과는 Fig. 4와 같이 투

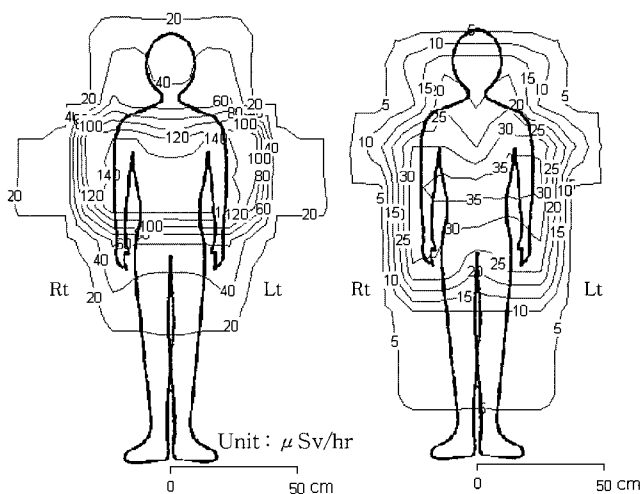


Fig. 3. Comparison of spatial dose rate from patients in whole body bone scan($^{99m}\text{Tc-MDP}$).

여 후 5분에는 머리 측면으로부터 5 cm에서 $72.3 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $13.1 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $3.4 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 공간선량률 분포를 보였으며, 그리고 투여 후 1시간에서는 5 cm에서 $37.9 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $6.5 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $1.8 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 나타났다.

간활상에서의 공간선량률 측정 결과는 Fig. 5와 같이 투여 후 5분에는 간 위치의 체표로부터 5 cm에서 $51.6 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $5.2 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $2.5 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 나타났으나 투여 후 30분에는 다른 검사에 비하여 오히려 공간선량률이 증가하여 5 cm에서 $70.0 \mu\text{ Sv/hr}$, 50 cm에서 $8.1 \mu\text{ Sv/hr}$, 100 cm에서 $2.8 \mu\text{ Sv/hr}$ 정도로 높게 나타남을 알 수 있었다. 또한 공간선량률은 $^{99m}\text{Tc-phytate}$ 가 간에 높은 집적율을 나타내는 특성으로 인한 선량률 분포가 간 주위에 집중되어 높게 나타났다.

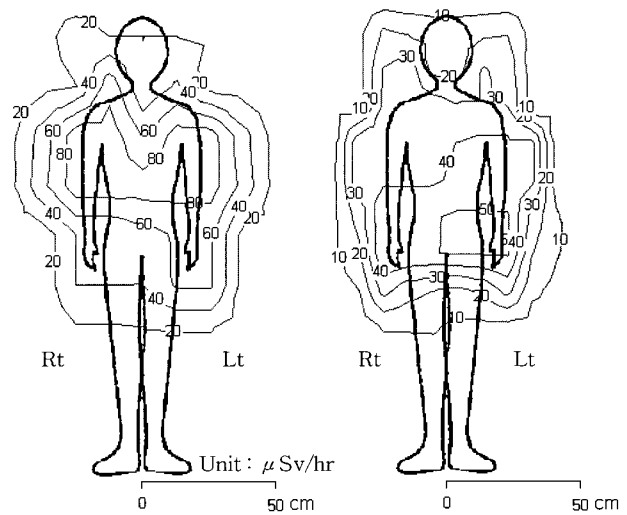


Fig. 4. Comparison of spatial dose rate from patients in regional cerebral blood flow scan($^{99m}\text{Tc-ECD}$).

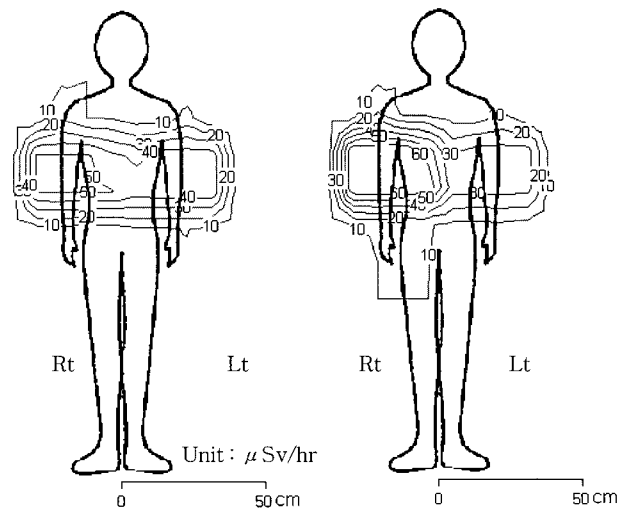


Fig. 5. Comparison of spatial dose rate from patients in liver scan($^{99m}\text{Tc-Phytate}$).

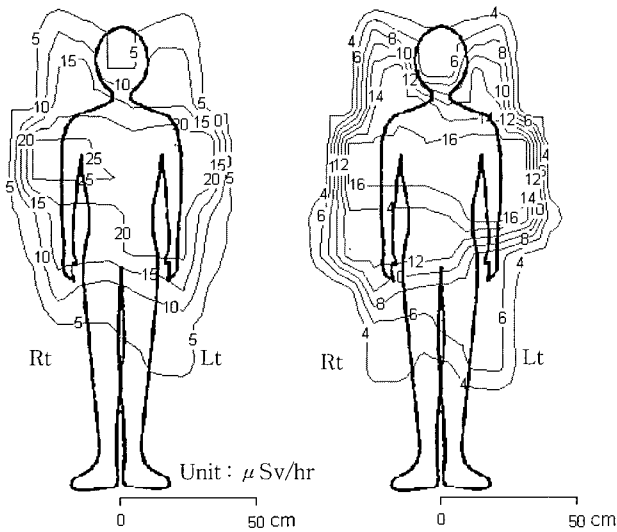


Fig. 6. Comparison of spatial dose rate from patients in thyroid scan($^{99m}\text{TcO}_4^-$).

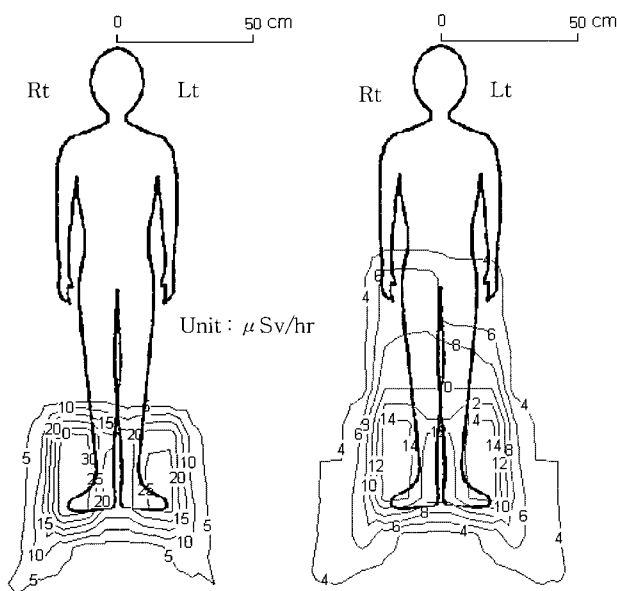


Fig. 7. Comparison of spatial dose rate from patients in lymph node scan($^{99m}\text{Tc-ASC}$).

갑상선촬영에서의 측정 결과는 Fig. 6과 같이 투여 후 5분에는 환자 어깨 위치의 체표로부터 5cm에서 $25.5 \mu\text{Sv/hr}$, 50cm에서 $3.2 \mu\text{Sv/hr}$, 100cm에서 $1.1 \mu\text{Sv/hr}$ 정도로 나타났으며, 그리고 투여 후 30분에는 공간선량률이 5cm에서 $16.4 \mu\text{Sv/hr}$, 50cm에서 $2.3 \mu\text{Sv/hr}$, 100cm에서 $0.7 \mu\text{Sv/hr}$ 정도로 다른 검사보다 선량률 분포가 낮음을 확인할 수 있었다.

림프절촬영에서의 공간선량률 측정 결과는 Fig. 7과 같이 양쪽 발에 피하주사 후 5분에는 환자 발의 양쪽 끝으로부터 5cm에서 $35.0 \mu\text{Sv/hr}$, 50cm에서 $3.6 \mu\text{Sv/hr}$, 100cm에서 $1.2 \mu\text{Sv/hr}$ 정도로 나타났으며, 그리고 투여 후 1시간에는 5cm에서 $32.5 \mu\text{Sv/hr}$, 50cm에서 $3.3 \mu\text{Sv/hr}$, 100cm에

서 $1.1 \mu\text{Sv/hr}$ 정도로 다른 검사에 비해 공간선량률의 차이가 적었다. 그리고 $^{99m}\text{Tc-ASC}$ 의 특성상 간에 집적되어 간 주위의 공간선량률 분포가 측정되었으나 저선량률로 나타나 등선량곡선에는 포함되지 않았다.

IV. 결 론

의료기관의 방사선 관련 부서의 연간 평균개인피폭선량 측정 결과와 핵의학에서 *in vivo* 검사 시에 방사성의 약품을 투여한 후 5분과 검사 직전에 환자 주변의 공간선량률 분포를 측정하였다. 핵의학 분야에 근무하는 방사선작업종사자가 다른 방사선 관련 분야보다 오히려 핵의학 검사중에 환자로부터 방출되는 공간선량률에 의한 개인피폭선량이 2~3mSv 정도로 높게 나타남을 알 수 있었다. 그리고 공간선량률 분포는 검사 대상장기 주변의 측정점에 있어서 평균공간선량률이 환자체표로부터 5cm의 경우와 비교하여 50cm의 거리에서 공간선량률은 약 1/5~1/10, 100cm에서 1/20~1/30으로 되어 환자로부터 거리가 멀어짐에 따라 선량률이 급격히 감소함을 알 수 있었다. 따라서 핵의학 검사 중에 환자로부터의 공간선량률을 줄이기 위한 최선의 방법을 선택해야 하고, 공간선량률 분포는 종사자의 피폭 저감을 위한 기초자료로 활용되리라 사료된다.

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, p.179~183, 1986.
3. 佐藤孝司, 小野光一 : X線撮影空間の散亂線の舉動, 日本放射線技術學會雜誌, 第49卷, 第8號, p.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, p.16~24, 1987.
5. M. Velchik : Radiation exposure associated with the performance of radiologic studies in radioactive patients, J. Nucl. Med. Tech., 18, p.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, p.191~194, 1985.
7. 오현주 의 : X-선 촬영실내에서의 공간산란선량 변동에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 17(2), p.21~27, 1994.
8. 이준일 : 방사선관계종사자의 피폭현황과 대책, 전국방사선사학술대회자료집, p.59~70, 1999.