

# F-18 FDG를 이용한 핵의학 검사에서 주변 선량의 안전성 평가

곽병준·지태정<sup>\*†</sup>·민병인<sup>\*\*</sup>

남울산보람병원 영상의학과 · <sup>\*</sup>가야대학교 방사선학과 · <sup>\*\*</sup>인제대학교 방사선응용공학부  
(2009. 6. 12. 접수 / 2009. 10. 27. 채택)

## The Safety Assessment of Surrounding Dose on Nuclear Medicine Test by Use The F-18 FDG

Byung-joon Kwak · Tae-jeong Ji<sup>\*†</sup> · Byung-in Min<sup>\*\*</sup>

Department of Radiology, Namulsan Boram Hospital

<sup>\*</sup>Department of Radiological Science, Kaya University

<sup>\*\*</sup>Department of Radiation Applied Engineering, Inje University

(Received June 12, 2009 / Accepted October 27, 2009)

**Abstract :** Radioactive medicines are used a lot owing to the increase of a PET-CT examination using glucose metabolism useful for the early diagnosis of diseases. Therefore, the spatial dose that is generated from patients and their surroundings causes the patients' guardians and health professional to be exposed to radiation. However, they get unnecessarily exposed to radiation because medical institutions lack in space for isolation and recognition of the examination. This research intended to examine the spatial dose rates by measuring the dose emitted from the patient for 48 hours to whom F-18 FDG was administered. The spatial dose rates that were measured 100cm away from the patient's body after F-18 FDG was injected were 65.88 $\mu$ Sv/hr at 60-minute point, 45.13 $\mu$ Sv/hr at 90-minute point, 9.88  $\mu$ Sv/hr at 6-hour point, and 1.24 $\mu$ Sv/hr at 12-hour point. When the dose that the guardian and health professional got was converted into the annual(240-day working) accumulative dose, it was examined that the guardian received 81.56 mSv/yr and health professional received 49.36mSv/yr. In addition, the result has revealed that the dose that the patient received from one time of PET-CT examination was 3.75mSv/yr, which is 1.5 times more when compared with the annual natural radiation exposure dose.

**Key Words :** F-18 FDG, PET-CT, spatial dose rate, radioactive medicine

### 1. 서론

방사성의약품을 이용한 영상의학 진단은 정확도가 뛰어나 매년 증가하고 있다<sup>1)</sup>. 의료분야에서 방사성 물질 이용은 진단 및 치료에 이득을 제공하고 있는 반면 의료종사자나 환자 및 보호자는 피폭 정도에 따라 장애가 발생할 수 있다<sup>2,3)</sup>. 최근 암 검진에서 대부분을 차지하고 있는 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography : PET-CT)은 종양의 평가를 분자영상으로 이해하는 계기를 마련하게 되었다<sup>4)</sup>. PET-CT란 양전자(positron)를 방출하는 방사성동위원소와 결합한 방사성의약품을 몸 안으로 투여한 후 스캐너를 이용하여 물질의 체내분포

를 영상화하는 기법이다. 이러한 영상의 구현을 위해 사용되는 방사성동위원소는 F-18(반감기 110분) FDG(Fluoro-deoxyglucose)를 사용한다<sup>5)</sup>. 하지만 방사성의약품을 체내 투여할 경우 몸 전체가 선원이 되므로 신장을 통해 전체가 배설 될 때까지 방사선에너지는 계속 발생된다. 대부분의 검사에서는 환자와 가족 및 보호자의 충분한 인지가 부족하여 함께 피폭되고 있는 실정이다. 이와 같은 원인은 의료기관의 격리 공간 부족과 검사에 대한 환자의 불감증 등을 이유로 충분한 설명을 하지 않고 있기 때문이다. 또한 방사성의약품에 대한 제도적 규제에 비해 검사 후 환자에서 발생하는 방어 규제는 명확하지 않은 것도 일부 요인이다. 특히 활동이 불편한 장애인이나 노인환자의 보호자와 간병인은 더욱 많은 피폭을 받고 있지만 간과하고 있

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
tjje@kaya.ac.kr

는 실정이다. 지금까지 방사선피폭에 대한 장해는 혈구 수의 감소와 백내장 유발 및 각종 암을 일으키는 것으로 알려져 있어 국제방사선방호위원회에서는 피폭선량에 대한 엄격한 권고를 하고 있다<sup>15)</sup>.

현재 방사선방어에 대한 관리 기준은 ICRP publication 26에 근거하여 원자력법이 제정되었고, 치료용 방사선 장치 및 핵의학 검사 장치의 사용에 대하여 방사선 안전관리가 시행되고 있다. 의료법에서는 1995년에 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙을 제정하여 의료 분야에서의 방사선 관계 종사자에 대한 피폭선량을 측정하고 있다. 또한 UNSCEAR 2000 보고서에 의하면 장래에는 의료 피폭이 자연방사선 피폭을 초과할 것이라는 예측이 있다<sup>6)</sup>. ICRP는 갈수록 많은 사람들이 의료행위로부터 전리방사선에 피폭되고 있고, 일부의 경우 개인 선량률이 높은 것으로 확인되어 방사선방어를 강조하고 있다. 그러므로 방사선을 이용할 때에는 인체에 적은 영향을 받도록 최소의 방사선량을 조사하여 최대의 이익을 얻도록 해야 한다고 권고하고 있다<sup>7)</sup>. 인공방사선에 의한 피폭은 완전히 배제할 수 없지만 진료의 이득이 손상되지 않는 범위 내에서 가능한 최소화함으로써, 환자와 방사선종사자의 확률적 영향을 최소화하기 위한 연구를 각국에서 수행하고 있다<sup>8,9)</sup>. 의료행위로 얻는 총 이득은 환자에 대한 직접적 이득뿐만 아니라 그 가족이나 사회에 주는 이득까지 포함하며, 비록 의료에서의 주된 피폭은 환자에게 주어지지만 의료인이나 직접적으로 관련이 없는 보호자들에 대한 피폭도 고려되어야 한다고 권고하고 있다<sup>10)</sup>. 따라서 본 연구는 F-18 FDG를 투여한 환자가 검사 종료 후 선량이 소멸할 때까지 피폭선량과 환자 주변의 보호자와 일반인이 받는 선량을 측정하여 안전도를 평가하고, 의료종사자가 직업적으로 받는 공간선량을 측정하여 방어 연구에 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 실험장비 및 측정방법

### 2.1. 측정장비

방사선선량측정 장비는 INTERCEPTOR™(Thermo USA, 2006)를 이용하였다(Fig. 1). 핵의학 분자영상 검사에 사용하는 PET-CT장비는 Discovery STE(GE: USA, 2006) 기기를 사용하였다.

### 2.2. 측정대상

PET-CT scanner검사를 위하여 대학병원 2곳에



Fig. 1. INTERCEPTOR™(Thermo USA, 2006).

서 입원과 외래에서 예약된 환자를 실험 군으로 설정하였다. 실험에 참가한 검사자는 15명 이었으며 질환이 있는 환자를 대상으로 하였다. 측정대상 검사대상 환자는 병원측과 상의해 사전 동의를 얻어 주사 직후 24~48시간 동안 실시간으로 모니터링과 동시에 체간 100cm 거리에서 공간감마선량을 측정하였다. 검사자의 평균 연령은 58세, 신장 158cm, 체중 58kg으로 조사되었다. 또한 정상인을 대상으로 하여 심장선량과 체간 100cm에서 공간감마선량을 48시간 측정하였다. F-18 FDG 방사성동위원소 평균 주사량은 12mCi이며 검사부위는 전신 스캔으로 검사되었다.

### 2.3. 측정 방법

#### 2.3.1. 환자의 선량측정

전신 PET-CT 검사에서 F-18 FDG의 방사성의약품을 투여 후 환자로부터 방출되는 공간감마선량을 측정하였다. 환자에서 발생하는 선량 측정 위치는 심장으로부터 100cm 거리(체간)를 기준으로 하여 F-18 FDG 평균 12mCi의 방사성의약품을 주사 후 부터 30분, 60분, 90분, 6시간, 12시간, 24시간, 48시간까지 측정하여 방사선원이 완전히 소멸되어 백그라운드선량<sup>11)</sup> 0.10μSv까지 측정하였다.

#### 2.3.2. 종사자의 선량측정

의료종사자의 선량측정은 방사성의약품을 분배한 순간부터 주사 및 안정실까지 머물러있는 시간과 선량을 측정하였다. 또한 종사자의 PET-CT 검사실 내에서 환자 position setting을 위하여 검사 전 입실에서 퇴실까지의 작업시간과, 검사 후 환자 position setting 해체를 위하여 입실에서 퇴실까지의 작업시간을 각각 계산하여 종사자의 누적선량을 측정하였다.

### 2.3.3. PET-CT 검사 중 환자주변의 선량측정과 심장 선량 측정

방사성의약품을 투여한 환자가 PET-CT 검사실 내에서 검사를 시작하여 CT scanner가 가동되는 동안 검사실 내의 선량을 측정하였으며, 또한 심장에서 발생하는 선량과 비교하기 위해 본 연구자의 몸에 직접 투여하여 체외 심장에서 선량을 측정하고, 체간 거리와 비교하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 환자 체간에서 공간선량 측정

전신 PET-CT 검사를 위해 F-18 FDG를 투여한 환자 중 주사 직후부터 48시간까지 전체 측정에 참여한 5명의 환자를 대상으로 환자보호자 및 일반인들이 받는 선량 분포를 측정한 결과, 방사성의약품 주사 직후 평균선량은 184.20 $\mu$ Sv/hr로 측정되었으며, 60분 후에는 76.60 $\mu$ Sv/hr, 6시간 후에는 약 1/20 정도인 9.88 $\mu$ Sv/hr로 측정되었고, 24시간에서는 0.16 $\mu$ Sv/hr로 선량이 급격하게 줄어 든 것으로 나타났으나 주변 선량보다 높은 것으로 측정되었다(Fig. 2). 이와 같은 결과를 주변 백그라운드 선량 0.08 $\mu$ Sv/hr와 비교해 24시간 이후에도 주변선량보다 높은 것을 알 수 있었다. 따라서 F-18 FDG를 투여하여 검사한 환자는 최소한 24시간까지는 격리가 필요한 것으로 확인되었다.

### 3.2. 심장선량과 체간선량의 측정 비교

환자 자신이 받는 총 선량을 비교 측정하기 위해 정상인에게 F-18 FDG 12mCi를 주사 후 심장에서 백그라운드 선량과 일치할 때까지 시간 간격으로 측정하였다. 주사 직후에서 12시간까지는 심장표면

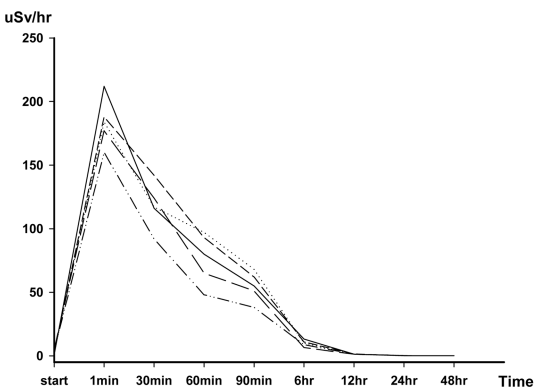


Fig. 2. Gamma dose measurement at body 100cm distance after F-18 FDG 12mCi injection(5 patients).

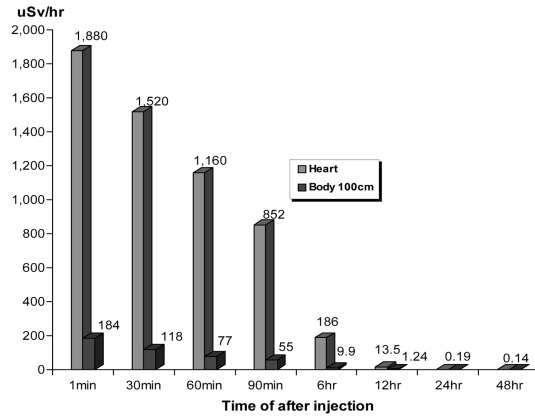


Fig. 3. Comparison of heart dose and body dose after F-18 FDG(12mCi) injection from normal an adult.

의 선량이 체간 선량보다 10배 이상 높은 것으로 확인되었으며, 48시간까지 백그라운드 선량보다 높게 측정되었다. 심장표면 선량을 체간 거리와 비교하였을 경우, 주사 직후에서는 10배 정도인 1,880  $\mu$ Sv/hr로 측정되었으며, 30분에서 1,520 $\mu$ Sv/hr, 60분에서 1,160 $\mu$ Sv/hr, 6시간에서 186 $\mu$ Sv/hr로 측정되었다. 또한 24시간 경과 후에도 0.19 $\mu$ Sv/hr 나타나 신장을 통해 모두 배설되지 않는 것으로 확인되었으며, 환자가 받는 방사선 에너지는 체간 선량과 비교시 10배 이상으로 피폭되는 것으로 나타났다(Fig. 3).

### 3.3. 종사자와 환자보호자의 누적선량측정

#### 3.3.1. 종사자의 검사 준비 작업 소요시간

검사과정에서 피폭되는 종사자의 누적선량을 알아보고자 방사성의약품 분배실과 안정실에서 시간과 선량을 측정하였다. 환자 1명을 기준으로 하였을 때 분배실에서 평균 43초, 주사직후 부터 안정실까지는 평균 51초 측정되었다. 따라서 총 검사 준비시간은 94초 소요되는 것으로 나타났다. 또한 검사 전 환자의 자세 교정에서 평균 59초의 시간이 소요되었고, 검사 후 교정 해체를 위한 작업시간이 평균 48초로 조사되어 총 107초로 나타났다. 환자 한명을 검사하는데 201초(3분21초) 동안 고에너지의 방사선에 노출되는 것으로 나타났다(Fig. 4).

#### 3.3.2. PET-CT 검사 종사자의 연간 선량 측정

대학병원급 이상에서 PET-CT 스캐너 검사실 종사자는 일일 평균 20명의 환자를 검사 하는 것으로 확인되었다. 이와 같은 자료로 종사자는 1일에 67분 정도 환자와 접촉하는 것으로 조사되었다. 특

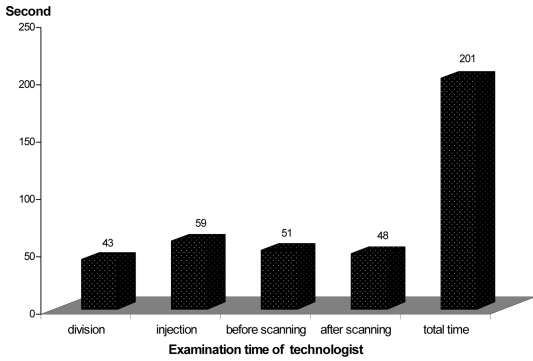


Fig. 4. Preparation time for a patients examination and PET-CT examination inside for patients examination setting of radiologic technologist.

히 방사성의약품 주사 후 60분 안에 대부분의 검사가 실시되므로 종사자는 높은 에너지에서 감마선을 받는 것으로 나타났다. 따라서 F18-FDG의 주사 직후 30분에서 측정된 평균 체간 선량을 118 $\mu$ Sv/hr로 하였을 경우 일일 누적 선량은 131.99 $\mu$ Sv/day(67분) 받는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과, 종사자가 주 5일 근무(근로기준법; 연간 260일<sup>14)</sup>) 한다고 보았을 경우 연간 피폭 선량은 34.32mSv/yr 받는 것으로 조사되어 일반인이 받는 연간 자연방사선 2.4mSv/yr<sup>12,13)</sup>와 비교시 종사자는 14.3배 이상의 선량을 받는 것으로 나타났다. 또한 종사자 선량측정은 종사자의 검사 준비 작업 소요시간과 종사자의 검사실 내의 입·퇴실 작업 소요시간의 4가지 경우를 비교한 결과, 스캐닝 전 환자 position setting에 걸리는 시간이 가장 길었다. 따라서 PET-CT실 내의 종사자에 대한 방어대책으로 이동식 차폐벽을 이용하는 등 작업환경의 개선이 반드시 필요하다고 사료된다(Fig. 5).

### 3.3.3. 환자보호자의 연간 선량

환자보호자(간병사)의 연간선량 계산은 직업으로 종사하는 경우를 기준으로 하였다. 선량은 주사 후 부터 30분 간격으로 측정하여 백그라운드 선량 (0.1  $\mu$ Sv)과 동일할 때까지 측정된 값을 시간당 등가선량으로 계산하였다. 측정결과, 한명의 검사 환자를 하루 동안 간병할 경우 282.62 $\mu$ Sv/day를 받는 것으로 조사되었으며, 연간(근로기준법; 260일<sup>14)</sup>)선량으로 계산 할 경우 73.48mSv/yr를 받는 것으로 나타났다. 따라서 일반인이 1년 동안 받는 자연방사선 피폭선량 2.4mSv/yr<sup>12,13)</sup>와 비교하면 30.6배의 높은 선량을 받는 것이다(Fig. 5). 또한 본 연구를 통하여 환자보호자 근로실태를 알아본 결과, 대부분이 비

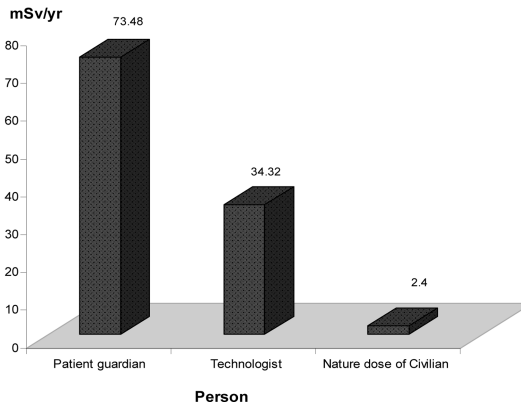


Fig. 5. Comparison of accumulative dose for the year of a patient, patient's guardian and radiologic technologist in PET-CT examination.

정규직인 근로자이므로 주의나 교육도 이루어 지지 않고 있는 실정이었다. 따라서 의료기관은 방사성의약품을 이용한 검사환자의 보호자를 대상으로 방사선방어 대책과 안전 교육을 시급하게 하여야 할 것으로 사료된다. 한편 본 연구에서는 환자의 병명에 따른 주변선량은 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다.

### 3.4. PET-CT 스캐너 가동 중의 선량측정

방사성의약품 F-18 FDG를 투여된 환자가 PET-CT 전신 스캔 검사기 장비에서 받는 선량을 체간에서 측정해 본 결과 평균 노출선량은 1.45mSv/hr로 나타나 매우 높은 선량이 검사 장비에서 측정되었다. 이와 같은 결과는 방사성의약품에서 발생하는 평균 선량은 60.90 $\mu$ Sv/hr에 비해 CT 가동 시에

Table 1. Spatial dose rate on body distance after F-18 FDG (12mCi) injection

Patients	F18-FDG 60min ( $\mu$ Sv/hr)	F18-FDG and PET-CT (mSv/hr)
1	72	1.28
2	56	1.30
3	58	1.36
4	53	1.23
5	83	1.34
6	58	1.59
7	49	1.60
8	60	1.52
9	62	1.83
10	58	1.48
mean	60.90	1.45

는 23.8배로 에너지가 급속도로 증가되어 특히 매우 높은 선량이 단시간에 발생되었다(Table 1). 따라서 PET-CT와 스캔이 실시되는 시간에는 차폐에 대한 주의가 매우 요구되며 선량을 최소한으로 줄이는데 노력이 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구는 방사성의약품(F-18 FDG)을 이용한 PET-CT 검사에서 환자 및 보호자(간병사)와 종사자의 의료방사선 피폭에 대한 안전성 평가를 위해 실시하였다. 또한 각 단위별 피폭선량을 측정함으로써 직업 종사자에 대한 방어의 필요성을 고취 시키고, 의료기관의 검사 환자에 대한 안전 교육과 검사 후 제도적인 규제안의 기초 자료로 활용하고자 하였다. 이를 위하여 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 환자의 체간에서 공간선량 측정은 주사 후 24시간 동안은 백그라운드 선량보다 높은 방사선에너지가 발생하는 것을 알 수 있었다. 방사성의약품 주사 후 시간에 따른 공간선량 측정 분포를 보면, 주사 후 60분에서 1/2.5배 정도의 선량이 감소하였고, 90분에서 1/3.7배 정도의 선량이 감소하였다. 또한 6시간에서는 1/17배 정도의 선량이 감소하였고, 24시간까지는 0.16 $\mu$ Sv/hr로 측정되었다.

2) 심장에서 측정과 체간 측정과 비교해 보면, 주사 직후에서는 10배 정도인 1,880 $\mu$ Sv/hr, 30분에서 1,520 $\mu$ Sv/hr, 60분에서 1,160 $\mu$ Sv/hr, 6시간에서 186 $\mu$ Sv/hr, 24시간 이후에도 0.19 $\mu$ Sv/hr가 측정되어 환자가 받는 선량을 체간 선량보다 10배 높은 것으로 확인되었다.

3) 종사자 선량 측정은 종사자 1명이 하루 20명의 환자를 검사할 경우, 검사 준비 작업 소요시간과 검사실 내의 입·퇴실 작업 소요시간이 67분 소요되는 것으로 조사되었다. 따라서 종사자가 받는 공간선량률은 34.32mSv/yr이며, 일반인의 연간 자연방사선 피폭선량 2.4mSv/yr에 비해 14.3배를 받는 것으로 나타났다.

4) PET-CT scanner 가동 중의 환자 주변선량은 평균 1.45mSv/hr로 측정되어, 검사전 체간에서의 공간선량률은 평균 60.90 $\mu$ Sv/hr와 비교하면 23.8배로 높게 나타나 CT 장비에서 고선량이 발생되어 선량에 감소가 요구된다.

5) 직업을 목적으로 한 환자보호자(간병인)가 받는 선량을 연간(260일 근무) 누적선량으로 환산하였

을 경우, 환자보호자는 73.48mSv/yr를 받는 것으로 조사되어 일반인이 연간 받는 자연방사선 2.4mSv/yr에 비해 30.6배 많은 선량을 받는 것으로 나타나 순환 근무가 필요하며, 안전관리 대책이 필요하다고 사료된다.

따라서 본 연구 결과, 현재 PET-CT 검사 환자의 보호자에 대한 방사선 피폭은 제도권 밖에서 무방비 상태로 노출되며, 의료기관은 검사받은 환자를 최소 1일 동안 다인실을 지양하고 격리병실을 이용하도록 하여야 한다. 종사자는 새로운 누적선량률 콘텐츠를 도입하여 지속적인 모니터링이 필요하며, 외래 검사자에 대한 방사선방어 기준을 마련하고, 검사 후 환자 관리에 대한 제도적 방안이 시급한 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- 1) 오현진, 오현주, 이인수 등, “의료기관 방사선관 계종사자 내부피폭 실시기준 개발”, 식품의약품 안전청연구보고서, pp. 617~621, 2003.
- 2) 임재동, “진단용 방사선안전관리규칙에 대한 안전관리자의 의식도”, 연세대학교 보건대학원 학위논문, 2000.
- 3) 김낙상, “진단방사선과에 종사하는 방사선사의 방사선 방위에 관한 의식조사”, 경산대학교 보건대학원 학위논문, 2000.
- 4) Mi jin Yun and Jong Doo Lee, “The Proper Use of PET/CT in Tumoring Imaging”, Journal of the Korean Medical Association, Vol. 47, No. 9, pp. 863~864, 2004.
- 5) 최준영, 김병태, “전신 CT 보정 PET(PET/CT)”, 대한의사협회지, pp. 1027~1028, 2006.
- 6) 이재기, “우리 방사선방호의 현안과 미래지향적 발전방향”, 제5회 방사선안전심포지움, pp. 41~49, 2006.
- 7) 김순자, “병원근무 방사선사들의 방사선 안전관리에 관한 의식 및 행태 조사”, 서울대학교 보건대학원 학위논문, 1992.
- 8) Dowling A. and Malone JF, “Medical Exposures Directive”, Implication for Interventional Radiology, Vol. 94, pp. 19~23, 2001.
- 9) ICRP Report 73, “Radiological Protection and Safety in Medicine”, Oxford, Elsevier Science, 1996.
- 10) ICRP, “종사자의 방사선방호에 대한 일반원칙”, 국제방사선방호위원회 간행물 75, 1999.
- 11) 지태정, 광병준, 민병인, “콘크리트 공동주택과

- 근린생활 시설의 환경방사선에 관한연구”, 한국 안전학회지, Vol. 24, No. 2, pp. 100~104, 2009.
- 12) Charles M., “UNSCEAR report 2000: sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation”, J Radiol Prot, Vol. 21, No. 1, pp. 83~86, 2001.
  - 13) 이상석, 박영선, 김홍태, 고성진, “의료방사선생물학”, 정문각, pp. 29~33, 2005.
  - 14) 근로기준법, 제4장 근로시간과 휴식, 제50조(근로시간), 법률 제9699호 일부개정 2009.
  - 15) 대한방사선방어학회, “국제방사선방호위원회 권고”, ICRP 간행물 103, pp. 27~38, 2007.