

¹⁸F-FDG PET/CT 검사에서 이뇨제 사용여부에 따른 ¹⁸F-FDG 배설 특성 - Characteristic of ¹⁸F-FDG Excretion According to Use Diuretics in ¹⁸F-FDG of PET/CT -

동남권원자력의학원 핵의학과 · 대구대학교 물리학과¹⁾ · 한서대학교 방사선학과²⁾

장동근 · 양승오 · 이상호 · 배종립¹⁾ · 김정구²⁾

— 국문초록 —

¹⁸F-fluorodeoxyglucose (¹⁸F-FDG)는 상당한 양의 방사능이 신장과 비뇨기계에 저류 되어 영상의 질을 저하시키고 진단 성능을 저하시킨다. 이러한 ¹⁸F-FDG의 비뇨기계 저류를 막기 위해 이뇨제를 사용하여 검사를 진행하게 된다. 이때 사용되는 이뇨제가 영상에 미치는 영향과 ¹⁸F-FDG 배설률에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. PET/CT 검사를 시행한 환자 중 신장의 원발성 종양 또는 전이 병변이 없는 환자를 대상으로 ¹⁸F-FDG와 함께 이뇨제를 주사한 그룹, 생리식염수를 주사한 그룹, ¹⁸F-FDG만을 주사 한 정상군 그룹으로 진행하였으며, 각 그룹의 관심영역을 설정하여 SUV를 측정하였다. 또한 정량적 분석을 위하여 ¹⁸F-FDG를 주사 후 이뇨제 투여 여부에 따른 SUV를 비교 평가하였다. SUV 측정에 따라 영상의 배후방사능이 감소된 영상을 얻을 수 있었으며 이뇨제 사용으로 배설된 소변의 양이 늘어났지만, 소변에 방사능량의 변화가 없는 상반된 결과가 나타났다. 따라서 이뇨제가 영상의 배후방사능을 줄일 수는 있지만 ¹⁸F-FDG 배설에는 영향을 미치지 못함을 확인하였다.

중심 단어 : PET/CT, ¹⁸F-FDG, 이뇨제

I. 서 론

PET/CT는 정확하고 직접적으로 세포대사를 비롯한 분자영상을 구현하고 있으며, 인체내 각종 대사를 영상화하는 장치이다¹⁾. 검사의 이용하는 의약품의 따라 당 대사, 단백질 대사, 핵산 대사, 혈류 등의 다양한 체내변화를 영상으로 얻을 수 있는 장점이 있다²⁾.

악성 종양 세포에서 포도당대사가 정상 세포의 비해 현저히 증가되어 있음을 보고한 이후 PET/CT 검사에서

¹⁸F-fluorodeoxyglucose (¹⁸F-FDG)를 가장 많이 이용하고 있다³⁾.

¹⁸F-FDG는 포도당 유사체로 포도당과 같은 세포막 운반체를 통해 세포 내로 섭취되지만 포도당과는 달리 Hexokinase에 의해 인산화된 후 더 이상 대사되지 않고 중간 산물로 세포 내에 오래 머무는 특성을 가지고 있다. 또한 포도당은 신장의 근위세뇨관에서 100% 재흡수 되지만 ¹⁸F-FDG는 상당한 양의 방사능이 신장과 비뇨기계통의 저류 되어 영상의 질을 저하시키고 진단 능력을 감소시키게 된다⁴⁾. 이러한 ¹⁸F-FDG를 배출하는 방법으로는 수분을 섭취하여 수압을 증가시켜 배설을 촉진 하는 방법과 이뇨제를 정맥 주사 하는 방법이 있으며 이러한 방법은 영상의 검출효율을 높이는데 유용하다고 알려져 있다⁵⁻¹⁰⁾. 이뇨제는 신장에 작용하여 몸속의 나트륨을 몸 밖

* 접수일(2012년 5월 9일), 심사일(2012년 5월 10일), 확정일(2012년 6월 18일)

교신저자: 김정구, 충남 서산시 해미면 대곡리 360
한서대학교 방사선학과
TEL: 041-660-1055, FAX: 041-660-1055
E-mail: jkkim@hanseo.ac.kr

으로 배출하는 약물을 말하며, 삼투압의 평형을 유지하기 위하여 수분의 배출도 증가하게 된다.

본 연구에서는 ¹⁸F-FDG의 비노기계 저류를 막기 위해 이뇨제를 이용한 영상법에서 이뇨제가 PET/CT의 영상에 미치는 영향과 ¹⁸F-FDG 배설에 미치는 영향을 알아보고자 두 가지 설정을 제시하여 그 특성을 확인하고자 하였다. 먼저 이뇨제를 사용하면 소변의 배설량이 늘어남으로 인하여 방사능 배출량도 늘어날 것이라는 설정이며, 수분 공급과 이뇨제의 작용으로 인하여 연부조직의 배후방사능이 감소할 것이라는 설정에 따라 PET/CT 검사에서 이뇨제가 PET/CT의 영상과 ¹⁸F-FDG 배설에 미치는 영향에 관하여 확인하여 보았다.

II. 대상 및 방법

본 연구는 2010년 10월부터 2011년 1월 까지 부산의 D의 학원 암센터에 내원하여 PET/CT 검사를 진행한 환자 중 신장의 원발성 종양 또는 전이 병변이 없는 환자 80명을 대상으로 실험을 진행하였으며, 연구대상의 평균 연령은 49.3±11세 이었다. 먼저 환자의 배출된 소변 양과 방사능 배출량을 비교하기 위하여 환자군을 세 그룹으로 나누어 진행하였다. 첫 번째 그룹은 이뇨제를 이용한 Diuretics 그룹 20명(48.5±12세), 두 번째 그룹은 생리식염수를 이용한 Hydration 그룹 20명 (48.7±8세), 세 번째 그룹은 ¹⁸F-FDG만을 주사 한 정상군 20명(51.6±9세)으로 나누어 실험을 진행하였다. 또한 연부조직의 배후방사능을 측정하기 위하여 Diuretics 그룹, Hydration 그룹, 정상군을 대상으로 실험을 진행 하였다. 마지막으로 지연검사에 따른 신장의 SUV 변화를 확인하기 위하여 ¹⁸F-FDG를 주사하여 기본검사 이후 20분이 경과한 뒤 지연검사를 진행한 대조군 10명(60.8±9세)과 기본검사 후 이뇨제를 투여하여 지연검사를 진행한 실험군 10명(51.6±9세)을 대상으로 실험을 진행하였다.

모든 환자는 검사 전 최소 6시간 이상 금식 하였으며, 검사실에 내원하기 전 500~1000 ml의 물을 마시도록 하였다. ¹⁸F-FDG를 kg당 5~6 MBq (약 0.15 mCi)을 정맥 주사하였으며, 이후 근육의 섭취를 막기 위하여 움직임을 제재하였고 60분간 누운 자세로 안정을 취하도록 하였다. 검사 준비가 완료되면 검사 전 배뇨 후 바로 누운 자세에서 scout 촬영을 하였으며, 두개저에서부터 근위 대퇴부까지 Torso CT 검사 직후 1 bed 당 2분으로 평균 7 bed의 PET 방출검사를 공통으로 진행하였다(Fig. 1).



Fig. 1 Flow chart of PET/CT protocol

이뇨제 사용은 루우프 이뇨제에 해당하는 lasix 10 mg 을 정맥주사 하였으며, hydration은 60분 동안 1,000 ml 생리식염수를 사용하여 hydration 하였다. 정상군과 실험군 모두 ¹⁸F-FDG 주사 후 30분 간격으로 30, 60, 90분의 환자 소변을 모아 소변량을 체크 하였다(Fig. 2). 또한 방사능 배출량을 평가하기 위해 5 cc 주사기로 샘플을 채취하여 Dose Calibrator (CRC-25 PET, CAPINTEC, USA)를 이용하여 측정 후 전체 소변량으로 환산하는 방법을 사용하였다. 방사능 배출량은 환자에게 주사한 방사능에 대해 백분율(% injected dose : %ID)로 식(1)과 같이 표시하였다.

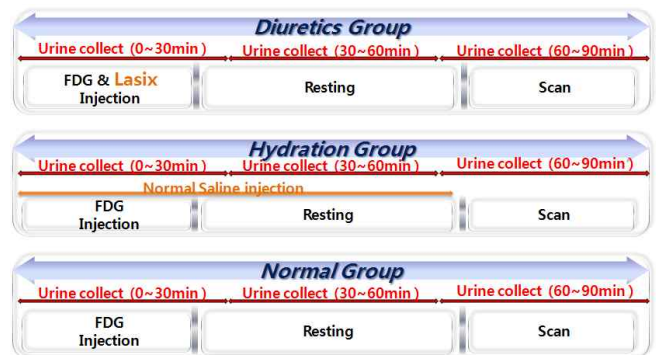


Fig. 2 Flow chart of urinary ¹⁸F-FDG excretion

$$\%ID = \frac{\left(\frac{5\text{cc 주사기의 방사능량}}{5} \times \text{소변의 총량} \right)}{\text{환자에게 주사한 방사능량} \times \text{EXP}\left(-\frac{0.693}{109.8} \times t\right)} \times 100 \quad (1)$$

여기서 t는 방사능을 측정할 시점으로 30, 60, 90으로 하였다.

지연검사에 따른 신장의 SUV (Standardized Uptake Value) 변화를 확인하기 위하여 PET/CT 기본검사를 진행한 후 20분 동안 휴식을 취한 후 지연검사를 실시한 대조군과 PET/CT 기본검사 후 lasix 10 mg을 정맥 주사하여 20분에 지연검사를 진행한 실험군을 비교 평가 하였다(Fig. 3). 기본검사와 지연검사의 관상면 영상을 대상으로 신장의 ROI를 설정하여 SUV를 비교 측정하였다. 신장의

실질조직을 제외한 소변의 방사능만을 포함하기 위하여 역치를 30 %로 설정한 3D isocontour 방법으로 ROI를 설정하여 SUV를 측정 하였으며, 소변의 배설률로 같은 하고자 소변의 배설률 (Washout Rate, %)을 산출하였다(식 2).



Fig. 3 Flow chart of renal washout

$$WashoutRate(\%) = \frac{\text{기본검사 SUV} - \text{지연검사 평균 SUV}}{\text{기본검사 SUV}} \quad (2)$$

연부조직에 배후방사능을 측정하기 위하여 이뇨제를 이용한 diuretics 그룹, 생리식염수를 이용한 hydration 그룹, ¹⁸F-FDG만을 주사 한 대조군을 대상으로 근육, 지방, 대동맥에 ROI를 설정하여 SUV에 변화를 비교하였다 (Fig. 4). ROI는 원형모양으로 Vol.은 0.05 cm³, X size는 4.07 mm, Y size는 4.07 mm, Z size는 3.00 mm로 설정하여 종양과 주변 정상조직을 비교하고자 하였으며, 환자에 따라 종양의 종류 및 위치가 다르므로 이들의 비교를 위하여 연부조직인 근육(대둔근), 지방(요추 바깥쪽 피하지방)을 배후방사능으로 blood pool 상태인 대동맥을 종양으로 설정하여 비교 평가를 실시하였다. 통계분석은 SPSS version 18 (SPSS inc., USA)을 사용하였으며, 집단 간의 SUV의 비교에서는 기술통계와 일원배치 분산분석 (ONEWAY ANOVA)방법을 사용하였다. 또한 p<.05인 경우에 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다.

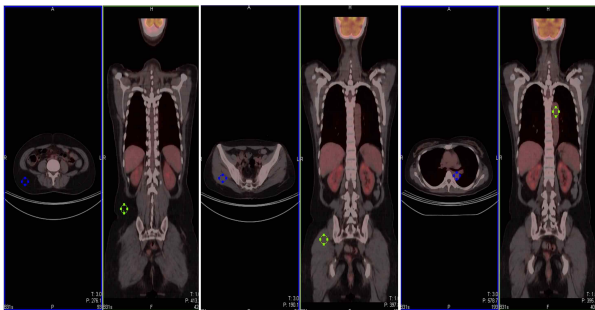


Fig. 4 ROI of Isocontour

III. 결 과

1. 소변의 용량 및 방사능량

¹⁸F-FDG 정맥 주사 후 0~30 분 동안 소변을 수집한 결과 diuretics 그룹에서 5.60 %의 방사능량과 374 ml의 소변이 배설되었고, hydration의 그룹에서는 7.03 %의 방사능량과 325 ml의 소변이 배설되었고, 대조군에서는 6.48 %의 방사능량과 132.4 ml의 소변이 배설되었다. 30~60분 동안 소변을 수집한 결과 diuretics 그룹에서 4.28 %의 방사능량과 246.2 ml의 소변이 배설되었다. hydration 그룹에서는 3.59%의 방사능량과 205 ml의 소변이 배설되었으며, 대조군에서는 3.76 %의 방사능량과 175.2 ml의 소변이 배설되었다. 60~90분 동안 소변을 수집한 결과 diuretics 그룹에서 3.06 %의 방사능량과 143.9 ml의 소변이 배설되었고, hydration의 그룹에서는 3.23 %의 방사능량과 251 ml의 소변이 배설되었으며, 대조군에서는 2.60 %의 방사능량과 157.6 ml의 소변이 배설되었다.

0~90분 동안 소변을 수집한 결과 diuretics 그룹에서 12.95 %의 방사능량과 764 ml의 소변이 배설되었고, hydration의 그룹에서는 13.85 %의 방사능량과 781 ml의 소변이 배설되었으며, 대조군에서는 12.83 %의 방사능량과 465.2 ml의 소변이 배설되었다. 배출된 소변에 용량에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 하지만 방사능량과 %ID에서는 통계적 유의성을 찾아 볼 수 없었다 (Fig. 5, 6).

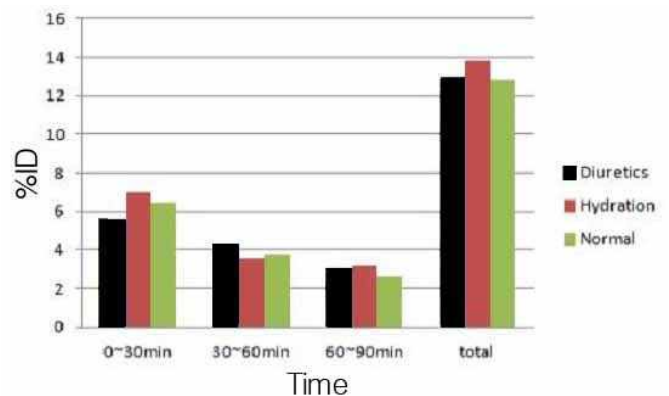


Fig. 5 Comparison of urinary excretion(%ID) of 18F-FDG among three groups

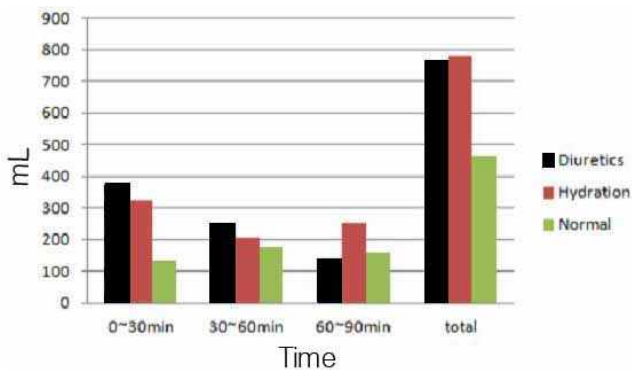


Fig. 6 Comparison of volume(mL) of urine collected at 30, 60, 90min and total volume of urine among three groups

2. 지연검사에 따른 신장의 SUV 변화

신장의 SUV에 변화를 이용하여 washout rate(%)를 확인한 결과 PET/CT 검사 후 20분후에 지연 검사를 실시하였을 때 washout rate는 13.37±15.20 %가 나왔으며, 검사 후 이노제를 주사한 후 20분 후에 지연검사를 한 결과 22.07±6.67 %로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 7).

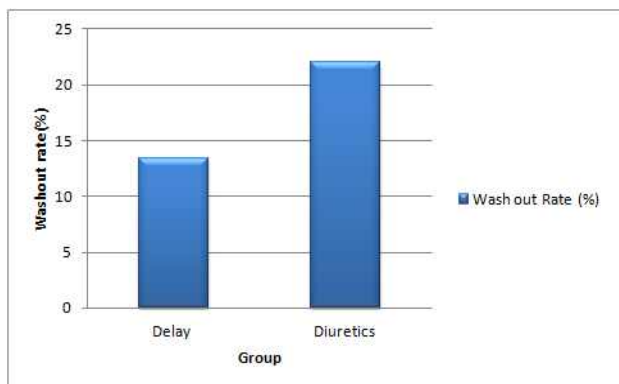


Fig. 7 Washout rate of renal SUV

3. 연부조직의 SUV 측정

연부조직에 배후방사능을 측정한 결과 대동맥에서 diuretics 그룹은 2.27±0.31, hydration 그룹 2.20±0.04, 대조군 2.06±0.22로 유의성이 없었다. 하지만 근육에서 diuretics 그룹은 0.98±0.14, hydration 그룹은 1.00±0.08, 대조군에서는 1.11±0.11로 유의한 차이를 나타내었다. 지방에서도 diuretics 그룹은 0.41±0.05, hydration 그룹은 0.41±0.03, 대조군에서는 0.45±0.02로 유의한 차이를 나타 내었다(Table 1).

Table 1 Comparison of SUV of aorta, muscle and fat among three group

| | Control group†, Normal | Experimental groups† | | P value |
|--------|------------------------|----------------------|------------|---------|
| | | Diuretics* | Hydration* | |
| Aorta | 2.06±0.22 | 2.27±0.31 | 2.20±0.04 | NS |
| Muscle | 1.11±0.11 | 0.98±0.14 | 1.00±0.08 | <.05 |
| Fat | 0.45±0.02 | 0.41±0.05 | 0.41±0.03 | <.05 |

*p = not statistically significant, Diuretics group vs Hydration group. †p<.05, Control group vs Experimental groups.

IV. 고 찰

PET/CT 영상에서 ¹⁸F-FDG는 신장과 방광에 저류되어 영상의 질을 감소시키고 신장과 방광에 불필요한 피폭을 발생하게 된다¹¹⁾. 이러한 생리적인 축적을 감소시키기 위하여 여러 방법이 연구 되어 왔고, 통상적으로 비뇨기계 배설을 촉진시키기 위해 수분을 섭취하여 수압을 증가시켜 배설을 촉진 하는 방법과 이노제를 정맥 주사하는 방법이 널리 이용 되고 있으며⁵⁻¹⁰⁾, 검사 전 환자에게 소변을 보게 하면 방광에 방사능을 감소시키고 있다.

본 연구에서는 환자에게 ¹⁸F-FDG만을 주사한 대조군 그룹과 실험군 diuretics그룹, hydration그룹에서 소변에 배출량과 방사능량을 측정해 보고, 각 그룹에 ROI를 설정하여 배후방사능을 측정하여 영상화질에 변화와 신장의 SUV의 변화를 알아보았다. 영상에서 근육과 지방의 연부조직에서는 실험군 (diuretics, hydration)이 대조군에 비해 낮게 나타났으며, blood pool 상태인 대동맥에서 유의한 차이를 나타내지 못함으로써 실험군이 대조군에 비해 배후방사능이 낮은 영상을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 신장의 SUV를 이용하여 계산한 washout rate는 시간에 따른 지연검사 시 13.37±15.20 %, 이노제를 이용한 지연검사 시 22.07±6.67 %로 확인한 차이가 나타남으로써 이노제 사용 시 신장의 ¹⁸F-FDG가 빠져 보였다. 하지만 소변의 방사능량은 diuretics 12.95 %, hydration 13.85 %, 대조군 12.83 %로 큰 차이를 내지 않았다.

Anjos 등¹¹⁾은 이노제로 인하여 비뇨기계의 방사능이 감소하여 진단능력이 향상 되었다고 주장 하였으며, 김성수 등¹²⁾은 영상의 SUV변화를 통하여 이노제 및 수분 섭취하는 방법을 이용함으로써 신장에서 방사능을 효과적으로 배설 시킬 수 있다고 주장 하고 있다. 이처럼 대부분에

연구들이 진단능력을 향상시키기 위해 많은 노력을 하고 있다. 하지만 영상 위주의 실험으로 인해 신장의 SUV가 감소되는 영상만을 본다면 신장의 방사능이 감소되어 배설이 되었다고 생각할 수 있다. 하지만 실험결과 소변으로 배출된 방사능량은 차이가 없었다.

Moran 등¹³⁾에 따르면 이뇨제나 Hydration을 이용한 동물실험에서 ¹⁸F-FDG가 신장으로 전부 배설되지 않고 근위세뇨관에서 약 56%가 재흡수 된다고 주장하고 있다. 앞으로 영상의 진단능력 향상과 함께 방사성의약품의 배설 및 재흡수와 같은 생리적 기전에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 배후방사능을 측정하여 영상화질을 평가한 결과 이뇨제나 Hydration으로 인하여 삼투압에 변화가 생기고 삼투압의 평형을 유지하기 위해 Na⁺의 재흡수를 방해하게 되고 이로 인해 수분의 재흡수를 막아 수분 배출이 증가하게 된다. 이로 인해 혈중에 존재하는 ¹⁸F-FDG가 수분과 함께 신장으로 제거됨으로써 혈중 방사능이 감소되고, 이에 따라 2차적으로 연부조직의 배후방사능이 감소된 영상으로 얻을 수 있었다.

V. 결 론

본 연구는 이뇨제가 영상에 ¹⁸F-FDG 배설과 영상화질에 미치는 영향을 알아보기로 diuretics 그룹, hydration 그룹, 대조군으로 나누어 환자의 소변을 30분 단위로 수집하여 용량과 방사능량을 실험 하였다. 또한 연부조직과 대동맥에 SUV를 이용하여 영상화질에 미치는 영향과 지연검사에 따른 신장의 SUV 변화를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론이 나타났다.

1. 지연검사에 따른 washout rate는 시간에 따른 지연검사 시 13.37±15.20%, 이뇨제를 이용한 지연검사 시 22.07±6.67%로 확연한 차이가 나타남에 따라 ¹⁸F-FDG의 방사능 또한 같이 배설 될 것으로 여겼으나, 방사능의 배설률은 diuretics에서 12.95%, hydration에서 13.85%, 대조군에서 12.83%로 환자에게서 배설되는 전체 방사능량을 감소시키지 못하였다.

2. diuretics, hydration 그룹에서 대조군보다 연부조직의 배후방사능이 낮은 영상을 얻을 수 있어 PET/CT의 진단 능력을 향상시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 정준기 : 분자핵의학영상 개관, 대한핵의학회, 38(2), 111-114, 2004
2. Strauss LG, Conti PS : The applications of PET in clinical oncology, J. Nucl. Med., 32(4), 623-48, 1991
3. Warburg O, Wind F, Negelein E : The metabolism of tumors in the body, J. Gen. Physiol., 8(6), 519-530, 1927
4. Harney JW, Wahl RL, Liebert M, et al : Uptake of 2-deoxy-2(18F) fluoro-D-glucose in bladder cancer : animal localization and initial patient positron emission tomography, J. Urol., 145(2), 279-283, 1991
5. Kosuda S, Kison PV, Greenough R, et al : Preliminary assessment of fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with bladder cancer, Eur. J. Nucl. Med., 24(6), 615-620, 1997
6. Ahlstrom H, Malmstrom PU, Letocha H, et al : Positron emission tomography in the diagnosis and staging of urinary bladder cancer, Acta. Radiol., 37(2), 180-185, 1996
7. Qiao H, Bai J, Chen Y, et al : Modeling the excretion of FDG in human kidneys using dynamic PET, Comput. Biol. Med., 38(11-12), 1171 -1176, 2008
8. Kumar R, Zhuang H, Alavi A, : PET in the management of urologic malignancies, Radiol. Clin. North. Am., 42(6), 1141-1153, 2004
9. Liu IJ, Zafar MB, Lai YH, et al : Fluorodeoxyglucose positron emission tomography studies in diagnosis and staging of clinically organ-confined prostate cancer, Urology, 57(1), 108-111, 2001
10. Zhuang H, Duarte PS, Pourdehnad M, et al : Standardized uptake value as an unreliable index of renal disease on fluorodeoxyglucose PET imaging, Clin. Nucl. Med., 25(5), 358-360, 2000
11. Anjos DA, Etchebere EC, Ramos CD, et al : ¹⁸F-FDG PET/CT Delayed Images After Diuretic for Restaging Invasive Bladder Cancer, J. Nucl.

- Med., 48(5), 764-770, 2007
12. 김성수, 김종철, 신용철 외 3인 : ^{18}F -FDG PET/CT 검사에서 신장 방사능의 효과적인 배설 방법에 관한 연구, 핵의학기술학회, 14(2), 55-59, 2010
13. Moran JK, Lee HB, Blaufox MD : Optimization of Urinary FDG Excretion During PET Imaging, J. Nucl. Med., 40(8), 1352-1357, 1999

• Abstract

Characteristic of ^{18}F -FDG Excretion According to Use Diuretics in ^{18}F -FDG of PET/CT

Dong-Gun Jang · Seung-Oh Yang · Sang-Ho Lee · Jong-Lim Bae¹⁾ · Jeong-Koo Kim²⁾

Dept. of Nuclear Medicine, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences Cancer Center

¹⁾*Dept. of Physics, Daegu University*

²⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*

^{18}F -fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) causes a significant amount of radioactivity retention in kidneys and urinary tract and degrades image quality and diagnostic performance. Diuretics are used to perform tests and prevent the urinary tract retention of ^{18}F -FDG. The purpose of the study is to investigate how the diuretics affect images and excretion rates of ^{18}F -FDG. The study consists of a group using diuretics for patients with no primary tumors or transfer lesions in kidneys according to PET/CT images, a group using physiological saline and the control group injecting only ^{18}F -FDG and SUVs are measured by configuring interested areas for each group. Also, SUVs are compared and evaluated depending on the lasix injection after basic inspection and injecting ^{18}F -FDG for quantitative analysis. The study shows that images with decreased background radioactivity and increased urine excretion due to using diuretics. However, an opposite result that there is no change in the amount of radioactivity in urine appears. The study concludes that the diuretics may decrease background radioactivity in the images but may not affect the ^{18}F -FDG excretion.

Key Words : PET/CT, ^{18}F -FDG, Diuretic