

비뇨기와 영역에서 ^{18}F -FDG PET/CT의 임상적 역할

The Clinical Roles of ^{18}F -Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computerized Tomography for Urological Disease

Kwang Ho Ryu, Ho Suck Chung, Seung Il Jung, Taek Won Kang, Dong Deuk Kwon, Kwangsung Park, Soo Bang Ryu

From the Department of Urology, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

Purpose: We evaluate the clinical roles of ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computerized tomography (^{18}F -FDG PET/CT) for diagnosing disease in the urogenital tract, and we compared this with the other established radiologic and pathologic diagnoses.

Materials and Methods: From June 2006 to June 2007, the total number of subjects who underwent ^{18}F -FDG PET/CT was 4,438. The mean patient age was 57.4 ± 7.6 years and the ratio of males to females was 1.28:1. During the study period, except for 152 patients who had been given a diagnosis of urologic tumor, 614 (14.3%) healthy subjects and 3,672 (85.7%) patients with non-urologic tumors were enrolled. The results of detecting urologic disease by ^{18}F -FDG PET/CT were compared with the results of detecting urologic disease by conventional imaging techniques and the postoperative histopathological diagnoses.

Results: With including 147 healthy subjects and 251 non-urologic tumor patients, 398 (9.3%) urologic diseases were detected on ^{18}F -FDG PET/CT. Diseases of the kidney, adrenal and prostate were frequently found (215, 95 and 52 patients, respectively). A thorough examination was indicated for 153 (3.6%) of the patients as a result of positive findings that suggested possible tumor. A total 93 urologic cancers were confirmed, and the overall positive predictive value of ^{18}F -FDG PET/CT was 60.7%. The positive predictive value for adrenal, kidney, bladder and prostate cancer were 87.7%, 73.3%, 57.1% and 14.0%, respectively.

Conclusions: ^{18}F -FDG PET/CT was not superior to conventional imaging for making the diagnosis of urologic disease. But ^{18}F -FDG PET/CT was more predictive for adrenal and renal tumor than for bladder and prostate tumor. So, urologic tumor that is incidentally detected on ^{18}F -FDG PET/CT, and especially adrenal and renal tumor, should be closely evaluated. (Korean J Urol 2008;49:775-780)

Key Words: Fluorodeoxyglucose ^{18}F ; Positron-emission tomography; Tomography, emission-computed

대한비뇨기과학회지
제 49 권 제 9 호 2008

전남대학교 의과대학 비뇨기과학교실

유광호 · 정호석 · 정승일 · 강택원
권동득 · 박광성 · 류수방

접수일자 : 2008년 4월 11일
채택일자 : 2008년 7월 25일

교신저자: 정승일
전남대학교병원 비뇨기과
광주광역시 동구 학동 8번지
☎ 501-757
TEL: 062-220-6704
FAX: 062-227-1643
E-mail: drjsi@yahoo.co.kr

서 론

양전자방출촬영기 (positron emission tomography; PET)는 양전자를 방출하는 방사선 추적자를 이용하여 체내의 미세한 변화를 영상화하는 최첨단 검사이다. 검사에 이용하는

의약품에 따라 당대사, 단백질대사, 핵산대사, 혈류 등의 다양한 체내변화를 영상으로 얻을 수 있는 장점이 있으며, 이중 포도당대사를 관찰하는 ^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG)가 가장 흔히 사용된다.¹ 2004년 이후 컴퓨터단층촬영기 (computed tomography; CT)와 PET를 하나로 합친 장비인 PET/CT가 국내에 빠르게 도입되었다. PET/CT는 PET의 낮은 공

간 해상력으로 인한 한계를 CT 영상으로 극복하였을 뿐만 아니라, 다양한 암의 조기진단, 치료계획수립, 재발 조기발견 등 여러 장점을 갖고 있다.² ^{18}F -FDG PET/CT는 최근에 관심이 집중되고 있는 새로운 핵의학적 진단장치로 암의 독특한 대사적 특성을 이용하여 생화학적, 기능적, 해부학적 영상을 획득한다. 그러나 비뇨기계 영역에 있어서 ^{18}F -FDG PET/CT의 역할은 아직 확실하게 규명되어 있지 않다.

저자들은 본원에서 ^{18}F -FDG PET/CT를 시행하여 비뇨기계 이상소견을 보인 환자를 분석하여 비뇨기계 영역에서 ^{18}F -FDG PET/CT의 임상적 역할에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2006년 6월부터 2007년 6월까지 ^{18}F -FDG PET/CT를 시행한 4,438명 중 비뇨기계 종양환자를 제외한 4,286명을 대상으로 하였다. 전체 환자 4,286명의 평균 나이는 57.4 ± 7.6 세 (2-91)로 나타났으며, 남녀 비는 1.28:1 (2,406명:1,880명)로 남자 환자가 더 많았다. ^{18}F -FDG PET/CT에서 우연히 비뇨기계 이상소견을 보인 환자를 추적하여 영상학적 또는 병리학적 검사결과와 최종 비뇨기과적 진단을 비교 분석하였다. 비뇨기계 이상소견에 대해 수술적 검사나 치료가 시행되지 않은 환자는 기존의 진단 및 추적 검사방법인 단순흉부촬영, 배설성요조영술, 복부초음파, 경직장전립선초음파, 복부전산화단층촬영, 골주사검사, 뇌자기공명영상 등의 영상학적 검사 결과와 비교하였다. 비뇨기계 이상소견에 대해 수술적 검사 및 치료가 시행된 환자는 최종 병리학적 조직검사를 ^{18}F -FDG PET/CT 결과와 비교하였다.

환자들은 DST PET/CT (Discovery ST PET/CT, General Electric Medical Systems, Milwaukee, USA)를 이용하여 영상을 획득하였다. ^{18}F -FDG PET/CT를 시행하기 전에 6시간 이상 금식하였으며, 검사 전 물을 1리터 섭취하였다. 8.1MBq/kg 의 ^{18}F -FDG를 정맥주사하고 50분이 경과한 후에 환자의 머리에서 허벅지 중간까지 감쇠보정용 CT (Helical, 8slice, 120Kvp, 80mAs, 3.79mm slice thickness) 영상을 얻었다. 이때 시행한 CT에서는 방사선 조영제를 사용하지 않았다. 이후 환자를 움직이지 않도록 하고 frame당 3분씩 CT 스캔과 동일한 범위의 감마선방출영상 (emission scan)을 PET를 이용하여 얻었다. 획득된 PET 데이터는 CT 데이터를 이용하여 감쇠보정한 후 OSEM (128x128 matrix, 3.27mm slice thickness, subset: 21, iteration: 2, post-filter: 5.14 FWHM (mm), loop-filter: 4.69 FWHM (mm), diameter: 60cm)을 이용하여 재구성하였다.

Table 1. Characteristics of the patients who underwent ^{18}F -FDG PET/CT

No. of patients	4,286
Male:Female (ratio)	2,406:1,880 (1.28:1)
Mean \pm SD* (years)	57.4 \pm 7.6
Purpose of PET/CT	
Health examination (%)	614 (14.3)
Non-urollogic tumor follow-up (%)	3,672 (85.7)

*SD: standard deviation, ^{18}F -FDG: ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography, PET: positron emission tomography, CT: computerized tomography

결 과

전체 4,286명의 대상 환자 중에서 특별한 증상이나 질환이 없이 건강검진을 위해 시행한 환자는 614명 (14.3%)이었고, 타과 종양으로 인해 ^{18}F -FDG PET/CT를 시행한 환자는 3,672명 (85.7%)으로 나타나, 건강검진 등의 선별검사 목적보다 타과 질환이 있는 경우에 2차적인 목적으로 ^{18}F -FDG PET/CT를 시행하는 환자가 많았다 (Table 1). 연령대별로는 60대 (30.1%)가 가장 많았으며 50대 (25.2%), 40대 (20.9%) 순이었다. 비뇨기과 진료 및 검사를 시행하고 ^{18}F -FDG PET/CT 결과 판독에서 비뇨기계 이상소견이 나타난 환자 수는 4,286명의 환자 중에서 총 398명 (9.3%)이었다. 건강검진에서 비뇨기계 질환이 나타난 경우는 614명 중 147명 (23.9%)이었으며, 타과 종양이 있었던 환자에서 비뇨기계 질환이 나타난 경우인 3,672명 중 251명 (6.8%)이었다.

비뇨기계 질환이 나타난 환자 398명 중 신장질환이 215명으로 가장 많았으며, 부신질환 95명, 전립선질환 52명, 방광질환 16명, 요관질환 15명, 기타 5명 순이었다 (Table 2). 질환별로는 신낭종이 142명으로 가장 많았고, 부신종양이 81명, 전립선종양이 50명으로 나타나 비뇨기계 질환이 우연히 발견된 경우가 많음을 알 수 있었다. 비뇨기계 종양이 발견된 환자를 장기별로 분석한 결과 전체 153명의 환자에서 비뇨기계 종양이 의심되는 소견이 나타났으며, 부신종양과 전립선종양 외에도 신장종양 15명, 방광종양 7명으로 확인되었다 (Table 3). 비뇨기계 종양이 의심되었던 153명은 건강검진에서 발견된 환자가 614명 중 21명 (3.4%), 타과 종양의 추적검사에서 발견된 환자가 3,672명 중 132명 (3.6%)으로 나타났다.

^{18}F -FDG PET/CT 판독에서 비뇨기계 종양이 의심되었던 153명의 환자를 대상으로, 추적검사에서 실제로 비뇨기계 악성종양이 진단된 환자는 93명으로 60.7%의 높은 양성예측률을 보였다 (Table 4). 장기별로는 전이성 부신암이 88.1%,

Table 2. Urologic disease distribution as detected by the ^{18}F -FDG PET/CT findings

Disease	No. of patients
Adrenal gland	
Tumor	81
Hyperplasia	14
Kidney	
Cyst	142
Stone	28
Tumor	15
Chronic disease	11
Atrophy	8
Horseshoe	4
Hydronephrosis	4
Nonfunctioning	3
Renal pelvis	
Stone	5
Tumor	0
Ureter	
Duplication	4
Stone	4
Obstruction	2
Tumor	0
Bladder	
Stone	9
Tumor	7
Prostate	
Prostatitis	2
Tumor	50
Other	
Inguinal hernia	2
Hydrocele	2
Etc.	1

^{18}F -FDG: ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography, PET: positron emission tomography, CT: computerized tomography

원발성 부신암이 86.4%로 부신종양에서 양성예측률이 가장 높았다. 또한 신장종양이 의심되었던 15명의 환자에서도 11명이 신장암으로 진단되어 73.3%의 양성예측률을 보였다. 그러나 방광종양과 전립선종양에서는 7명, 50명의 환자 중 각각 4명 (57.1%), 7명 (14.0%)에서만 악성종양으로 진단되어 상대적으로 낮은 양성예측률을 보였다.

고 찰

제 3세대 형태-기능적 영상 진단법으로 알려진 PET/CT는 두 가지 다른 영상을 같은 시간, 같은 장소에서 시행함으로써 병변의 진단과 주변 조직에 대한 감별 등 기존의 방법으로는 어려움이 많은 부분들을 가능하게 한다. 2000년도

Table 3. The number of patients who were suspected of having urologic tumor on ^{18}F -FDG PET/CT

	Health examination	Non-urologic tumor	Total
Adrenal gland	5	76	81
Kidney	3	12	15
Bladder	2	5	7
Prostate	11	39	50
Total	21	132	153

^{18}F -FDG: ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography, PET: positron emission tomography, CT: computerized tomography

Table 4. The positive predictive value of ^{18}F -FDG PET/CT

	Tumor	Cancer*	Positive predictive value (%)
Adrenal tumor			
Metastatic tumor	59	52	88.1
Primary tumor	22	19	86.4
Renal tumor	15	11	73.3
Bladder tumor	7	4	57.1
Prostate tumor	50	7	14.0
Total	153	93	60.7

*: compare to radiologic or pathological finding, ^{18}F -FDG: ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography, PET: positron emission tomography, CT: computerized tomography

Beyer 등²에 의해 처음으로 소개된 PET/CT는 PET의 생화학적, 기능적 영상정보와 CT의 해부학적 구조 영상정보를 결합하여 PET 또는 CT 단일 검사의 한계를 극복할 수 있게 되었다. 현재까지 가장 많이 이용되는 PET 또는 PET/CT의 방사선 추적자는 포도당유도체인 ^{18}F -FDG로 악성종양세포에서 포도당 이용률이 증가하는 점을 검사에 활용하게 된다.¹ 우리나라에는 2003년 이후 PET/CT가 점진적으로 도입되었고, 검사 건수는 해마다 기하급수적으로 증가하고 있는 추세이다. 최근 일본에서는 2005년 한해 동안 건강인 50,558명을 대상으로 시행된 FDG-PET (32,970명)와 PET/CT (17,588명)를 분석하여 암 선별검사로서의 ‘performance profile’을 보고하였다.³ 이 연구결과에 따르면 대상환자 9.8%에서 암이 의심되었으며, 500명 (1.14%)에서 암이 진단되어 악성종양에 대한 PET의 전체적인 양성예측률은 29.0%였다. 비뇨기계 질환은 전립선암 47명, 신장암 13명, 방광암 4명, 고환암 1명으로 조사되었다. 또한 PET/CT가 PET보다 발견율, 민감도, 양성예측률에서 통계학적으로 유의 있는

결과를 보였다고 보고하였다. 저자들의 연구에서도 부신암을 제외하였을 때, 악성종양이 의심되었던 72명 중 22명에서 암이 진단되어 비슷한 수준의 양성예측률 (30.6%)을 보였다.

^{18}F -FDG PET/CT의 가장 대표적인 적응증은 악성종양으로서 조기진단, 양성 및 악성의 감별, 치료를 위한 병기결정, 재발진단, 치료효과 판정, 치료 후 예후판정 등 임상진료의 전 영역에서 활용되고 있다. 비뇨기계 악성종양에 대해서 ^{18}F -FDG PET/CT는 그 역할이 재발진단, 치료효과 판정, 원격전이 발견 또는 병기재설정 등으로 아직까지 매우 제한적인 상태이고, 수술 전 병기결정을 위한 검사로 인정받지 못하고 있는 실정이다. 근래에는 암에 대한 일반인들의 인식이 높아지면서 건강검진에서 ^{18}F -FDG PET/CT를 이용하는 것에 관심이 집중되고 있다. 본원에서도 ^{18}F -FDG PET/CT가 도입된 2006년 이후 1년간 건강검진을 위해 시행한 환자가 614명에 달했으며, 23.9%에서 우연히 비뇨기계 이상소견이 발견되었다. 비뇨기계 종양이 의심된 환자는 153명에 달했으며, 93명 (2.17%)에서 실제로 악성종양이 진단되었다.

흔히 비뇨기계 영역으로 분류되지 않는 부신은 거의 모든 종양환자에서 주변 림프절과 함께 전이가 흔한 장기이다. 정상 부신은 ^{18}F -FDG PET 단독 검사보다 ^{18}F -FDG PET/CT에서 정확하게 보이는 것으로 알려져 있으며,⁴ 암환자에서 부신 전이가 의심될 경우 ^{18}F -FDG PET/CT가 양성 및 악성 감별에도 우수한 것으로 보고되고 있다.⁵ Blake 등⁶은 부신암이 의심된 환자에서 ^{18}F -FDG PET/CT를 통해 민감도 100%, 특이도 93.8%로 정확도 높게 부신암을 진단할 수 있었다고 보고하였다. 이러한 결과를 바탕으로 ^{18}F -FDG PET/CT는 원발성 및 전이성 부신암의 구별 없이 일차적 진단에 유용한 검사가 될 것으로 생각한다. 저자들의 연구에서도 ^{18}F -FDG PET/CT는 전이성 부신암과 원발성 부신암 모두에서 매우 높은 양성 예측도를 보였다. 특히 전이성 부신암에서 의의 있게 높은 결과를 보인 것은 폐암, 대장암 등과 같은 타과 종양환자에서 타장기 전이소견이 함께 부신으로의 전이가 동반되었기 때문이다.

신장암은 1991년도 ^{18}F -FDG 섭취증가가 보고된 이후, ^{18}F -FDG PET를 이용한 여러 연구가 시행되었다. 신장암과 관련된 ^{18}F -FDG PET/CT 단독 연구는 없으나, 신장암의 진단이나 병기결정을 위해서는 ^{18}F -FDG PET보다 CT가 현재까지는 유용한 검사인데, 이는 신장암을 대상으로 소변으로 배설되는 ^{18}F -FDG 추적자를 사용하는 것이 많은 한계점을 지니고 있기 때문이다. 일부 연구에서 신세포암에 대한 ^{18}F -FDG PET의 표준화섭취계수 (standardized uptake value; SUV)로 4.6의 결과를 제시하기도 하였으나, 대다수 연구에

서 신장암의 진단에 대한 ^{18}F -FDG PET의 특이도는 비슷한 결과를 보이지만 민감도가 낮은 것이 단점으로 지적되었고, 다른 영상학적 검사에 비해 우수한 결과를 보이지 못했다. Kang 등⁷은 신세포암이 의심되는 66명의 환자를 대상으로 ^{18}F -FDG PET의 민감도를 60%로 보고하였고, Aide 등⁸은 신종물이 있는 35명의 환자를 대상으로 47%의 낮은 민감도를 보고하였다. 그러나 ^{18}F -FDG PET/CT를 이용한 본원에서는 신장종양이 의심되었던 15명의 환자 중 11명에서 신장암이 진단되어, ^{18}F -FDG PET보다 우수한 양성예측률 (73.3%)과 민감도 (68.8%)를 보였다. ^{18}F -FDG PET는 신장암의 진단에서 인정받지 못하고 있으나, 전이병변 진단, 치료효과 판정, 추적검사 또는 병기재설정 등에 대해서는 기존의 영상학적 검사에 비해 우수한 결과를 보여 향후 대체 검사법으로까지 기대되고 있다.^{9,10} 실제로 Lee 등¹¹은 신종물 환자에서 기존의 병기결정방법과 ^{18}F -FDG PET의 결과를 비교하였을 때, 기존의 연구와 같이 신세포암 원발부위 진단에서 민감도가 낮고 특이도는 높았으나, 신세포암의 전이병변 진단에서는 민감도, 특이도, 정확도 모두 높은 결과를 보였다고 보고하였다. 또한 Martínez 등¹²은 신세포암과 관련하여 2004년까지 보고된 ^{18}F -FDG PET 연구들을 분석한 결과, 신세포암의 병기재설정과 전이부위의 진단에서 높은 민감도와 특이도를 보고하기도 하였다.

^{18}F -FDG PET 또는 PET/CT는 ^{18}F -FDG가 소변으로 배설되기 때문에 일반적으로 방광암 진단을 위해 유용한 검사가 될 수 없다.⁹ ^{18}F -FDG를 사용한 저자들의 연구에서도 방광종양 감별 및 진단의 한계를 극복할 수 없었고, 낮은 양성예측률을 보였다. 방광암과 관련된 최근의 연구들은 신장암과 비슷하게 조기진단보다는 원격전이, 재발평가 등에 관심이 모아지고 있으며, 실제로 ^{18}F -FDG PET와 ^{18}F -FDG PET/CT는 림프절 전이 발견 및 수술 전 병기설정과 원격전이 진단에서 우수한 결과들을 보였다.^{9,13-15} 최근에는 ^{18}F -FDG 방사선 추적자의 한계를 극복하기 위해 소변으로 배설되지 않는 추적자들 (^{11}C -methionine, ^{11}C -choline 등)을 이용한 연구가 진행되고 있다.¹⁶ Ahlstrom 등¹⁷은 ^{11}C -methionine을 이용하여 대부분의 방광암을 발견하였다고 보고하면서, ^{11}C -methionine의 섭취량과 방광암 분화도의 상관관계를 제시하였다. ^{11}C -choline을 사용한 Gofrit 등¹⁸의 연구에서도 18명의 진행성 이행세포암 환자 모두 방광암이 진단되었다. 또한 방광암의 림프절 전이 여부에 있어서도 ^{11}C -choline PET/CT가 CT보다 우수한 것으로 확인되었다.^{19,20} 그러나 이러한 우수한 결과들에도 불구하고, ^{11}C -choline은 반감기가 너무 짧아 일상적인 검사가 쉽지 않고, 잦은 합성이 필요하다는 단점을 극복해야 한다.

전립선암에 대해 ^{18}F -FDG PET의 진단율은 높지 않으며,

양성전립선비대증과 감별이 어렵다고 보고되고 있다.^{21,22} ^{18}F -FDG PET/CT 역시 전립선암 진단을 위해 유용하지 못한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 전립선종양이 의심되었던 50명의 환자는 거의 대부분 전립선염 및 양성전립선비대증으로 진단되어 비뇨기계 종양 중에서 가장 낮은 결과를 보였다.

현재 전립선암에서 ^{18}F -FDG PET와 PET/CT의 역할은 치료 후 국소재발 여부를 결정하는 데 있다. 특히 prostate-specific antigen (PSA)이 증가하였지만 기존의 CT 또는 골스캔에서 이상부위를 찾아내지 못한 경우에 유용하다.²³ 전립선암 병기결정에 있어 매우 중요한 주변 림프절전이는 원발병변에 섭취증가 없이 ^{18}F -FDG PET에서 나타날 수 있고, 이는 전이 림프절에서의 높은 증식속도 때문일 것으로 추측하고 있다.²¹ 또한 골전이의 진단은 골스캔으로 충분하다고 생각되었으나, 골수에 국한된 전이병변은 ^{18}F -FDG PET가 더 예민하게 찾아낼 수 있다. 근래에는 방광암과 마찬가지로 전립선암에서 PET/CT의 방사선 추적자로 ^{18}F -FDG를 사용하는 것보다 ^{11}C -choline, ^{18}F -fluorocholine, ^{11}C -acetate, ^{18}F -fluoride 등이 효과적일 것으로 기대되고 있다.⁹ 일부 ^{11}C -choline PET를 이용한 연구에서 전립선암 원발병변 진단에 기존의 MRI보다 정확도가 높았다는 보고가 있으나,²⁴ 아직까지 ^{11}C -choline, ^{18}F -choline PET/CT 역시 전립선암의 일차적 진단검사가 될 수 없다는 의견이 지배적이다.^{25,26}

^{18}F -FDG PET와 PET/CT가 가장 유용한 종양은 고환암이다. ^{18}F -FDG PET는 고환암의 조기진단, 수술 후 잔류 종양 진단, 재발진단 및 치료에 대한 반응에서 기존의 영상학적 검사에 비해 우수한 것으로 입증되었다.^{13,27} 고환암의 치료 방침을 결정하는 데 ^{18}F -FDG PET가 매우 유용하며, 검사결과에 따라 57%의 환자에서 치료 방침이 바뀌었다는 보고도 있다.²⁸ 비록 저자들의 연구 대상에서 고환암 환자가 없어 그 결과를 비교할 수 없으나, ^{18}F -FDG PET와 PET/CT는 고환암에서 우선적인 영상학적 검사가 될 것으로 기대한다.

아직까지 ^{18}F -FDG PET/CT는 비뇨기계 악성종양에 대한 선별검사가 될 수 없으며, 비뇨기계 질환을 진단하거나 건강검진 목적으로 ^{18}F -FDG PET/CT를 사용하는 것은 제한점이 많다고 생각한다. 또한 기존의 영상학적 진단 검사에 비해 경제적인 측면에서 효율적인 방법이라고 할 수 없으며, 기존의 비뇨기계 종양환자들의 추적검사에서도 ^{18}F -FDG가 소변으로 배설되기 때문에 그 유용성은 제한적이라고 생각한다. 실제로 일본의 연구결과에서도 비뇨기계 질환의 비율과 악성종양 환자수는 매우 극소수로 확인되어, 비뇨기계 질환을 위해 PET/CT가 보편적으로 이용되는 것은 현재까지 많은 한계점을 갖고 있다고 생각한다. 그러나 최근에는 많은 일반인들이 비뇨기계 질환뿐만 아니라 전신 질환

에 대한 선별검사로 PET/CT를 고비용에도 불구하고 건강검진 목적으로 시행하고 있으며, 악성종양환자에서는 PET/CT의 보험적용으로 인한 경제적 혜택으로 추적검사에 시행하는 경우가 늘고 있다. 그 결과 우연히 발견된 비뇨기계 이상으로 비뇨기과를 내원하는 환자는 꾸준히 증가하고 있으므로, 임상 진료에 활용할 수 있기 위해서는 ^{18}F -FDG PET/CT에 대한 비뇨기계 의사로서 적절한 인식이 필요하다. 향후 PET/CT는 ^{18}F -choline, ^{11}C -acetate 등의 새로운 방사선 추적자를 상용화하여 각각의 비뇨기계 질환에 대한 정확성을 향상시켜 이러한 한계점을 극복하는 방향으로 발전해 나가야 할 것이다. 또한 다양한 생체현상을 영상화할 수 있는 PET/CT의 장점을 고려해 볼 때, 미래에는 종양의 저산소영역, 혈관신생 등 구체적인 치료 목표를 영상화하고, 세포치료 또는 유전자치료 경과를 추적하는 데 활용하여 종양환자에서 생존율과 삶의 질 향상에 기여하리라 생각한다.

결론

^{18}F -FDG PET/CT는 비뇨기계 영역에서 진단 및 건강검진 목적의 영상학적 검사가 될 수 없다. 그러나 ^{18}F -FDG PET/CT에서 우연히 비뇨기계 이상소견을 보인 환자는 지속적으로 늘어나고 있으며, 부신 및 신장종양이 의심되는 환자에 대해서는 방광종양과 전립선종양에 비해 상대적으로 높은 양성예측률을 보이므로 CT, MRI 등의 기존 영상검사를 포함하여 부가적인 진단검사를 적극적으로 시행해야 될 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Strauss LG, Conti PS. The applications of PET in clinical oncology. *J Nucl Med* 1991;32:623-48
2. Beyer T, Townsend DW, Brun T, Kinahan PE, Charron M, Roddy R, et al. A combined PET/CT scanner for clinical oncology. *J Nucl Med* 2000;41:1369-79
3. Minamimoto R, Senda M, Uno K, Jinnouchi S, Iinuma T, Ito K, et al. Performance profile of FDG-PET and PET/CT for cancer screening on the basis of a Japanese Nationwide Survey. *Ann Nucl Med* 2007;21:481-98
4. Bagheri B, Maurer AH, Cone L, Doss M, Adler L. Characterization of the normal adrenal gland with ^{18}F -FDG PET/CT. *J Nucl Med* 2004;45:1340-3
5. Metser U, Miller E, Lerman H, Lievshitz G, Avital S, Even-Sapir E. ^{18}F -FDG PET/CT in the evaluation of adrenal masses. *J Nucl Med* 2006;47:32-7
6. Blake MA, Slattery JM, Kalra MK, Halpern EF, Fischman AJ, Mueller PR, et al. Adrenal lesions: characterization with fused

- PET/CT image in patients with proved or suspected malignancy-initial experience. *Radiology* 2006;238:970-7
7. Kang DE, White RL Jr, Zuger JH, Sasser HC, Teigland CM. Clinical use of fluorodeoxyglucose F-18 positron emission tomography for detection of renal cell carcinoma. *J Urol* 2004; 171:1806-9
 8. Aide N, Cappele O, Bottet P, Bensadoun H, Regeasse A, Comoz F, et al. Efficiency of [(18)F]FDG PET in characterising renal cancer and detecting distant metastases: a comparison with CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003;30: 1236-45
 9. Bouchelouche K, Oehr P. Positron emission tomography and positron emission tomography/computerized tomography of urological malignancies: an update review. *J Urol* 2008;179: 34-45
 10. Kim GH, Jo MK, Cheon GJ, Lee HM. Clinical role of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for follow-up of patients with renal cell carcinoma. *Korean J Urol* 2007; 48:765-70
 11. Lee SW, Jo MK, Lee HM. Clinical role of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for diagnosis and staging of renal tumors. *Korean J Urol* 2004;45:299-302
 12. Martínez de Llano SR, Delgado-Bolton RC, Jiménez-Vicioso A, Pérez-Castejón MJ, Carreras Delgado JL, Ramos E, et al. Meta-analysis of the diagnostic performance of 18F-FDG PET in renal cell carcinoma. *Rev Esp Med Nucl* 2007;26:19-29
 13. Bachor R, Kotzerke J, Reske SN, Hautman R. Lymph node staging of bladder neck carcinoma with positron emission tomography. *Urologe A* 1999;38:46-50
 14. Drieskens O, Oyen R, Van Poppel H, Vankan Y, Flamen P, Mortelmans L. FDG-PET for preoperative staging of bladder cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005;32:1412-7
 15. Jadvar H, Quan V, Henderson RW, Conti PS. [F-18]-Fluorodeoxyglucose PET and PET-CT in diagnostic imaging evaluation of locally recurrent and metastatic bladder transitional cell carcinoma. *Int J Clin Oncol* 2008;13:42-7
 16. Jana S, Blafox MD. Nuclear medicine studies of the prostate, testes, and bladder. *Semin Nucl Med* 2006;36:51-72
 17. Ahlstrom H, Malmstrom PU, Letocha H, Andersson J, Langstrom B, Nilsson S. Positron emission tomography in the diagnosis and staging of urinary bladder cancer. *Acta Radiol* 1996;37:180-5
 18. Gofrit ON, Mishani E, Orevi M, Klein M, Freedman N, Pode D, et al. Contribution of 11C-choline positron emission tomography/computerized tomography to preoperative staging of advanced transitional cell carcinoma. *J Urol* 2006;176:940-4
 19. Picchio M, Treiber U, Beer AJ, Metz S, Bössner P, van Randenborgh H, et al. Value of 11C-choline PET and contrast-enhanced CT for staging of bladder cancer: correlation with histopathologic findings. *J Nucl Med* 2006;47:938-44
 20. Gofrit ON, Mishani E, Orevi M, Klein M, Freedman N, Pode D, et al. Contribution of 11C-choline positron emission tomography/computerized tomography to preoperative staging of advanced transitional cell carcinoma. *J Urol* 2006;176:940-4
 21. Effert PJ, Bares R, Handt S, Wolff JM, Büll U, Jakse G. Metabolic imaging of untreated prostate cancer by positron emission tomography with 18fluorine-labeled deoxyglucose. *J Urol* 1996;155:994-8
 22. Liu IJ, Zafar MB, Lai YH, Segall GM, Terris MK. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography studies in diagnosis and staging of clinically organ-confined prostate cancer. *Urology* 2001;57:108-11
 23. Chang CH, Wu HC, Tsai JJ, Shen YY, Changlai SP, Kao A. Detecting metastatic pelvic lymph nodes by 18F-2-deoxyglucose positron emission tomography in patients with prostate-specific antigen relapse after treatment for localized prostate cancer. *Urol Int* 2003;70:311-5
 24. Yamaguchi T, Lee J, Uemura H, Sasaki T, Takahashi N, Oka T, et al. Prostate cancer: a comparative study of 11 C-choline PET and MR imaging combined with proton MR spectroscopy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005;32:742-8
 25. Farsad M, Schiavina R, Castellucci P, Nanni C, Corti B, Martorana G, et al. Detection and localization of prostate cancer: correlation of 11 C-choline PET/CT with histopathologic step-section analysis. *J Nucl Med* 2005;46:1642-9
 26. Igerc I, Kohlfürst S, Gallowitsch HJ, Matschnig S, Kresnik E, Gomez-Segovia I, et al. The value of 18F-choline PET/CT in patients with elevated PSA-level and negative prostate needle biopsy for localisation of prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008;35:976-83
 27. De Santis M, Becherer A, Bokemeyer C, Stoiber F, Oechsle K, Sellner F, et al. 2-18fluoro-deoxy-D-glucose positron emission tomography is a reliable predictor for viable tumor in postchemotherapy seminoma: an update of the prospective multicentric SEMPET trial. *J Clin Oncol* 2004;22:1034-9
 28. Hain SF, O'Doherty MJ, Timothy AR, Leslie MD, Harper PG, Huddart RA. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the evaluation of germ cell tumours at relapse. *Br J Cancer* 2000;83:863-9