



## 감염/염증에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT: 대한핵의학회 절차 지침

### ( $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in Inflammation and Infection: Procedural Guideline by the Korean Society of Nuclear Medicine)

권혜령<sup>1</sup>, 오진경<sup>2</sup>, 임채홍<sup>3</sup>, 최준영<sup>4</sup>, 최준호<sup>5</sup>, 한은지<sup>6\*</sup>

일산백병원 핵의학과<sup>1</sup>, 가톨릭의대 인천성모병원 핵의학과<sup>2</sup>, 순천향대학교 부속 서울병원 핵의학과<sup>3</sup>, 성균관의대 삼성서울병원 핵의학과<sup>4</sup>, 순천향대학교 부속 부천병원 핵의학과<sup>5</sup>, 가톨릭의대 여의도성모병원 핵의학과<sup>6</sup>

\* 저자 순서는 가나다순을 따름.

Hye Ryeong Kwon<sup>1</sup>, Jinkyung Oh<sup>2</sup>, Chae Hong Lim<sup>3</sup>, Joon Young Choi<sup>4</sup>, Joon Ho Choi<sup>5</sup>, Eun Ji Han<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Gyeonggi-do, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine, Incheon St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Republic of Korea

<sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Seoul, Republic of Korea

<sup>4</sup>Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea

<sup>5</sup>Department of Nuclear Medicine, Soonchunhyang University Bucheon Hospital, Bucheon, Korea

<sup>6</sup>Department of Nuclear Medicine, Yeouido St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Republic of Korea

#### 서문(Preamble)

대한핵의학회는 대한민국 핵의학의 임상 및 기술적 발전을 도모하기 위해 1961년 창립되었으며, 핵의학 의사와 관련 과학자를 중심으로 구성되어 있다. 대한핵의학회는 주기적으로

핵의학 검사의 절차 지침을 제정, 개정하여 핵의학을 발전시키고 환자 진료의 질을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 이 지침은 의료인이 환자에게 보다 적절한 의료를 제공하는 것을 지원하는 목적으로 마련되었으며, 검사 시행 시 변경할 수 없는 규칙이나 시행해야 하는 필수 요건은 아니다. 그러므로, 대한핵의학회는 이 지침을 의료인의 의학적 결정에 이의를 제기하는 법적 소송에 사용하는 것에는 주의해야 한다는 것을 명시한다. 검사의 구체적인 절차나 적절한 조치에 대한 궁극적인 판단은 핵의학 의사가 각각의 독특한 상황을 고려하여 내려야 하며, 어떤 절차가 이 지침과 다르다고 하여 의료행위가 표준에 미치지 못한다는 의미는 아니다. 오히려, 환자의 상태, 제한적인 자원, 지침 이후 지식 또는 기술의 발전에 따라 합리적인 판단을 하여 이 지침에 제시된 내용과 다른 적절한 조치를 수행할 수 있다. 환자의 다양성과 복잡성으로 인해 가장 적절한 진단 및 치료에 대한 특정 반응을 항상 정확하게 예측하기는 어렵다. 따라서, 이 지침을 준수하는 것이 항상 정확한 진단과 성공적인 결과를 보장하는 것은 아니다.

이 지침의 목적은 감염/염증성 질환에서  $^{18}\text{F}$ -fluoro-2-deoxyglucose( $^{18}\text{F}$ -FDG) positron emission tomography/computed tomography(PET/CT) 검사를 시행하는 데 있어서 현재의 의학 지식, 유용 가능한 자원과 환자의 필요에 근거하여 의료인이 합리적인 조치를 취하고 효과적이고 안전한 검사를 제공하는 목표를 달성하는 데 도움을 주는 데 있다.

## I. 서론(Introduction)

$^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT는 조직의 당 대사 정도를 영상화하는 기법으로, 다양한 악성 종양에서 진단, 병기 설정, 재발 진단, 치료 효과 판정 등에 유용하게 사용되고 있다. 또한,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT는 감염/염증성 질환에서 원인 병소의 발견, 감염/염증 병소의 활성화도 평가, 치료 반응 평가 등에도 유용한 검사법이다. 최근 식약처  $^{18}\text{F}$ -FDG 품목허가 효능·효과 부문에 감염/염증이 추가된  $^{18}\text{F}$ -FDG가 국내에 공급되고 있어, 이를 사용하는 경우는 허가초과 사용 신청이 없이도 감염/염증 질환에  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT를 임상목적으로 사용할 수 있다.

이 지침은 감염/염증성 질환을 위한  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 검사에 대한 유럽/미국핵의학회 가이드라인 및 현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다[1, 2]. 이 지침에는 검사 적응증, 검사 시행 절차, 영상 판독 및 보고, 영상 장비의 성능 및 품질 관리 등 임상적으로 적용될 수 있는 일반적인 정보를 포함시켰다.

## II. 지침의 목적(Goals)

이 지침은 감염/염증성 질환을 위한  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 검사의 임상적 적응증, 시행, 영상 판독 등에 대한 일반적인 정보를 제공한다. 이를 통하여 검사를 수행하는 핵의학 의료인 및 직원들에게 실제적인 도움을 주고, 적절한 검사의 시행 및 검사의 질을 높이는 데 목적을 두고 있다. 나아가서는 감염/염증성 질환 환자에게 적절한 핵의학 의료 기술 제공, 삶의 질 향상 및 건강 개선에 도움을 주고 보건 의료 정보의 효율적 사용에 기여하는 것이 궁극적인 목표이다. 의학은 계속 발전하고 있는 분야이므로, 이 지침의 내용은 현재 시점의 참고자료로 받아들이고, 완성된 불변의 지침으로 간주해서는 안된다.

## III. 용어의 정의(Definitions)

1. PET은 양전자를 방출하는 방사성의약품을 체내에 주입한 뒤, 이로부터 발생하는 511 KeV의 감마 방사선을 PET 스캐너로 검출하여, 주입한 방사성의약품의 체내 분포를 재구성하여 영상화하는 기법이다.
2. PET/CT 스캐너는 PET과 CT를 함께 촬영하는 장비인데, 여기에서 CT는 PET 영상의 감쇠 및 산란을 보정하고 높은 공간적 해상도의 해부학적 영상 정보를 제공하는 목적으로 이용된다. PET과 CT의 융합 영상을 얻음으로써 PET 영상만으로는 알기 어려웠던 정확한 병소의 위치나 형태 정보를 진단에 이용할 수 있다.

## IV. 검사 적응증(Clinical Indications)

### 4-1. 척추 감염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[3]

- 1) 임상적으로 의심되는 환자(C-반응성 단백질 증가, 적혈구 침강 속도 증가 등)에서 1차성 또는 2차성 척추 감염 확인
- 2) 이전에 척추 감염 병력이 있는 환자에서 재발 확인
- 3) 감염의 범위 평가 및 합병증 확인(예: 척추 주변 또는 요근의 농양)

- 4) 항생제 치료에 대한 반응 평가

#### 4-2. 당뇨병성 족부 감염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[4]

- 1) 합병증의 확인(특히 전족부 감염의 확인 및 연조직에서 뼈까지의 침범 범위 평가)
- 2) 치료 반응 평가 및 추적 관찰

#### 4-3. 골수염 및 인공 관절 감염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[5]

- 1) 골수염의 확인
- 2) 패혈성 관절염의 확인
- 3) 인공 관절 감염, 골절 후 감염성 불유합, 골절 후 고정장치 감염의 확인

#### 4-4. 혈관염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[6-8]

- 1) 임상적으로 의심되는 환자(C-반응성 단백질 증가, 적혈구 침강 속도 증가 등)에서 혈관염의 진단
- 2) 혈관염의 범위 평가 및 질병 활성도 평가
- 3) 치료 반응 평가
- 4) 조직 검사에 가장 적합한 부위 식별

#### 4-5. 혈관 이식 감염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[9, 10]

- 1) 감염의 경로 및 범위 평가
- 2) 발생 가능한 감염성 색전증의 부위 식별
- 3) 치료 반응 평가

#### 4-6. 심장 감염/염증에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[11-15]

- 1) 인공판막 심내막염(PVE) 또는 패혈성 색전증의 확인 및 침입 경로 파악
- 2) 심장삽입전기장치(CIED) 감염의 확인 및 범위 평가

- 3) 좌심실보조장치(LVAD) 감염의 확인 및 범위 평가
- 4) 급성 심근염의 확인

#### 4-7. 후복막 섬유증에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[16-18]

- 1) 임상적으로 의심되는 환자에서 후복막 섬유증의 확인 및 질병 활성도 평가
- 2) 경과 관찰에서 질병의 악화 및 진행 평가 또는 기존 영상에서 발견하지 못한 병소의 확인
- 3) 치료 중 CT에서 변화가 없고 염증 지표도 정상 범위일 경우의 반응 평가
- 4) 요관 스텐트 제거 시점의 평가
- 5) 활성 섬유 조직과 잔류 섬유 조직 사이의 감별

#### 4-8. 원인 불명의 열에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[19-21]

- 1) 알려지지 않은 염증 부위의 평가
- 2) 전신 증상의 원인이 되는 알려지지 않은 종양성 질환의 평가
- 3) 조직 검사에 가장 적합한 부위 식별
- 4) 치료 반응 평가
- 5) 예후 평가

#### 4-9. 사르코이드증(폐/심장 등) 및 결핵에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[22-24]

- 1) 진단 시 질병의 범위 평가
- 2) 질병 활성도 평가
- 3) 비특이적 증상이 있는 환자에서 임상적으로 사르코이드증 의심 시 확인
- 4) 비가역적 섬유증과 가역적 육아종의 감별
- 5) 조직 검사에 가장 적합한 부위 식별
- 6) 치료 반응 평가
- 7) 예후 평가

#### 4-10. 염증성 장 질환에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[25-28]

- 1) 염증성 장 질환이 의심되는 환자의 진단
- 2) 질병의 초기 평가(해부학적 위치, 범위, 활동 등급)
- 3) 장 이외 부위의 침범 평가(예: 천장관절염, 림프절 침범)
- 4) 합병증 평가(예: 섬유성과 염증성 협착 사이의 감별을 통해 향후 치료 방향을 제시)
- 5) 치료에 대한 조기 반응 평가
- 6) 질병 진행의 감시 및 추적 관찰

#### 4-11. 침습성 진균 감염 및 인간면역결핍 바이러스(HIV) 감염에서 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT의 역할[29-31]

- 1) CT에서 원인을 찾지 못하고 발열이 지속되는 면역 저하 환자에서 침습성 진균 감염의 확인
- 2) 면역 저하 및 인간면역결핍바이러스 양성 환자에서 침습성 진균 감염의 확인
- 3) 침습성 진균 감염에 대한 적절한 기간의 경험적 치료 후 반응 평가
- 4) 인간면역결핍바이러스 관련 기회 감염 또는 종양의 확인

#### V. 자격요건과 종사자의 책무(Qualifications and responsibilities of personnel)

방사성의약품을 사용하는 진단 절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준수한다[32].

#### VI. 검사 시행 절차(Procedure/specifications of the examination)

##### 6-1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

$^{18}\text{F}$ -FDG는 종양 PET에 가장 일반적으로 사용되는 방사성의약품이다.  $^{18}\text{F}$ 는 사이클로트론에서 생산된 방사성 동위원소로, 약 110분의 반감기를 가진다.  $^{18}\text{F}$ -FDG는 세포막의 포도당 수송체를 통해 세포 내로 흡수되고 생리학적 포도당 대사 경로의 첫번째 단계에 결합되는 포도당의 유사체이다. 따라서,  $^{18}\text{F}$ -FDG의 흡수 정도는 세포의 대사 활동 정도를 나타낸다[33]. 다른 PET용 방사성의약품도 감염/염증 분야에서 사용되어 왔으나, 이 절차 지침은  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT에 대해서만 국한된다. 다른 PET용 방사성의약품의 사용, 뇌 PET 및 PET/MRI의 사용은 이 절차 지침에서 논의되지 않는다.

$^{18}\text{F}$ -FDG 권장량은 성인의 경우 2.5–5.0 MBq/kg( $\pm 10\%$ )로 정한다. 즉, 60 kg의 성인의 경우 150–300 MBq을 투여한다. 소아의 경우 3.7–5.2 MBq/kg(최소용량 26 MBq 또는 0.7 mCi)을 투여한다. 소아에게 투여되는 용량은 체중을 기반으로 설정되어야 하며, 진단 영상에 합리적으로 가능한 한 낮아야 한다. 최신의 고민감도 스캐너 사용 시 더 적은 용량을 투여할 수도 있다. 소아 투여량에 대한 세부 내용은 2016년 북미 합의를 지침 개정판 및 유럽핵의학회의 소아 권고 투여량을 참조하도록 한다[34, 35].

PET의 유효선량은 투여된 방사능과 환자의 연령에 따라 다르다. 투여 방사능 MBq당 유효선량은 성인은 0.0192 mSv/MBq, 15세는 0.022 mSv/MBq, 10세는 0.0323 mSv/MBq, 5세는 0.0482 mSv/MBq, 1세는 0.0801 mSv/MBq이다[36, 37]. CT의 유효선량은 진단용 CT인지 저선량 CT인지를 포함한 여러 요인에 따라 달라질 수 있으며 대략 1~10mSv(장비에 따라 그 이상)이다[38].

## 6-2. 환자의 준비 및 주의사항(Patient preparation and precautions)

의사, 간호사 또는 담당 방사선사는 안전하고 정확한 검사를 위해 환자에게 아래의 검사 전 주의사항 및 검사 과정에 대하여 자세한 설명을 제공하고 환자를 준비시킨다.

### 1) 검사 전 금식 및 수분 섭취

환자는 일반적으로  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 영상 촬영 전 4시간 이상 금식을 유지해야 하며 당분 또는 포도당이 포함된 물질의 경구 및 정맥 투여를 금지한다. 단, 감염/염증의 주요 관심 부위가 심장일 경우 심장의 생리적 섭취를 줄이기 위해 최소 12시간 동안 금식을 유지한다. 검사 1–2시간 전부터 충분한 수분을 공급하여(예: 0.5L 이상의 생수 섭취, 필요 시 포도당이 포함되지 않은 정맥 수액 투여)  $^{18}\text{F}$ -FDG의 신장 배설을 촉진하도록 한다.

### 2) 임신과 모유 수유

여성 환자의 경우 검사 전 필요 시 임신 검사를 시행한다. 임신 중이거나 임신이 의심되는 여성 환자의 경우  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 검사로 인한 이득과 가능한 위험을 고려하여 임상적 판단 하에

검사를 시행할 수 있다.  $^{18}\text{F}$ -FDG는 모유로 적게 분비되기 때문에 ICRP 권고 사항에 따라 수유를 중단하지 않아도 무방하다. 그러나, 수유 중인 유방에  $^{18}\text{F}$ -FDG가 축적될 수 있으므로 수유 유아에 대한 방사선 노출을 피하기 위해  $^{18}\text{F}$ -FDG 투여 후 12시간 동안 수유부와 유아의 근접 접촉을 제한하는 것이 좋다.  $^{18}\text{F}$ -FDG 투여 전에 수유하는 것을 권장하며, 다음 수유까지의 시간 간격을 최대화한다. 그동안은 미리 짜낸 모유를 젖병 수유하는 것이 수유부와 유아 간의 근접 접촉을 최소화하는 데 도움이 될 수 있다.

### 3) 혈당 관리 및 당뇨 환자에서의 주의사항

$^{18}\text{F}$ -FDG 주사 직전에 혈당 검사를 시행하고 혈당치를 기록으로 남긴다. 검사 전 혈당치는 가급적  $<11\text{ mmol/L}$ ( $<200\text{ mg/dL}$ )를 권장하지만 이보다 높더라도 검사의 절대적 금기는 아니다. 인슐린 치료 중인 당뇨 환자의 경우, 초속효성 인슐린 투여 후 4시간 이상, 속효성 인슐린 투여 후 6시간 이상 경과한 후에  $^{18}\text{F}$ -FDG 주사를 권고한다. 중간형 또는 지속형 인슐린은 검사 당일  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 전에 투여하면 안된다. 메트포르민 복용은 위장관에서  $^{18}\text{F}$ -FDG 흡수를 증가시킬 수 있지만 검사 전에 반드시 중단할 필요는 없다.

### 4) 검사 전 약물 복용

약물 복용 또한 검사에 영향을 미칠 수 있으므로 관리 및 기록이 필요하다. 특히 거대세포 동맥염 및 기타 전신 혈관염에서 스테로이드의 사용은 위음성 결과를 초래할 수 있으므로 검사 요청일과 검사 당일 사이에 스테로이드 치료를 시작하는 것은 피해야 한다. 항생제의 경우  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취에 미치는 영향은 명확히 알려져 않아 금지사항은 아니나 항생제 사용에 대한 적절한 기록은 필요하다.

### 5) 검사 전 생리적 섭취 감소

골격근, 심근 및 비뇨기계 등의 정상 조직에서의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취는 정확한 영상 해석에 영향을 주기 때문에 이를 최소화하기 위한 노력이 필요하다. 근육의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취를 감소시키기 위하여 환자는 주사 전 24시간 동안 격렬한 신체 활동을 피해야 한다. 대기실은 적절한 실내 온도를

유지해야 하며, 너무 춥거나 바람이 통하지 않게 하여 갈색 지방의 섭취를 피하도록 한다. 필요한 경우 검사 전 베타 차단제를 사용하여 갈색 지방의 섭취를 줄일 수 있다. 만약 심내막염이나 심장의 사르코이드증과 같이 감염/염증 의심 부위에 심장이 포함되어 있다면 12시간 이상의 금식 유지와 함께 검사 전 12-24시간 동안의 저탄수화물 및 고지방 식이,  $^{18}\text{F}$ -FDG 투여 약 15분 전 헤파린의 정맥 투여 등을 통하여 심장의 생리적 섭취를 줄일 수 있다. 이러한 방법들은 심근에 지방산 공급을 증가시키고 포도당의 생리적 흡수를 감소시키는 원리를 이용한 것이다. 최근 연구들은 이러한 방법들의 선택 및 조합에 따라 심근의 생리적 섭취 감소 정도에 다양한 차이가 있다고 보고하고 있다[39]. 따라서 심근의 생리적 섭취를 충분히 억제하기 위해서는 상황에 따라 적절한 전처치를 해야 한다. 예를 들어, 헤파린을 함께 투여할 경우에는 12시간의 저탄수화물 식이와 금식으로 충분하지만, 헤파린을 투여하지 못할 경우에는 이보다 더 오랜 시간의(12-24시간) 저탄수화물 및 고지방 식이와 금식이 필요하다[40]. 그 외에 환자가 PET/CT 검사대에 오르기 직전에 배뇨를 유도함으로써 비뇨기계의 섭취를 줄일 수 있다.

#### 6) 수술 후 감염 평가

수술 후 관련된 감염 여부를 평가하는 데에 있어서 위양성 소견을 피하기 위해 수술일로부터 최소 2개월 이상이 지난 후에  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 검사를 권장하나 필요한 경우 수술에 의한 급성 염증이 감소하는 1개월 이후부터 검사를 시행할 수 있다[41-43].

### 6-3. 검사 시행을 위한 사전정보(Required clinical information)

검사 시행 전에 아래의 관련 정보들을 확인하는 것은 정확한 영상 판독에 도움을 줄 수 있다.

- 금식 상태
- 당뇨의 과거 병력 및 혈당 수준
- 환자의 체중과 신장
- 병태생리학적 이상 및 증상이 있는 부위
- 발열이나 급성 염증성 지표(예: C-반응성 단백질 또는 적혈구 침강 속도)의 상승
- 외상, 최근 수술 또는 침습적 진단 시술 여부

- 악성 질환의 병력, 최근의 항암 또는 방사선 치료
- 알려진 감염이나 염증성 상태 또는 면역 억제 상태
- 조직 증식이 높은 양성 질환의 존재
- 임신 또는 임신 의심, 수유, 마지막 월경 날짜

#### 6-4. 방사성의약품 투여 및 영상획득(Tracer administration and imaging)

##### 1) <sup>18</sup>F-FDG 투여

- (1) <sup>18</sup>F-FDG의 권장 투여량은 성인의 경우 일반적으로 2.5–5 MBq/kg body weight ( $\pm 10\%$ )로 한다. 그러나 환자의 체중, PET 장비 시스템(PET bed 중첩, 검출기 구성 등), bed 당 영상 획득 시간을 고려하여 영상의 품질을 저해하지 않는 적절한 용량이 투여되도록 한다.
- (2) 환자의 체중이 75kg 이상인 경우, 계산값보다 약간 더 많은 용량을 투여하는 것은 과도한 감쇠로 인하여 영상의 품질이 낮아지는 것을 보상할 수 있다. 또한, 과체중 환자에서는 <sup>18</sup>F-FDG 투여량을 권고 용량 내로 유지하기 위해 bed 당 영상 획득 시간을 늘려서 보상할 수 있다.
- (3) 방사성의약품은 가급적 이미 알려진 또는 의심되는 병소의 반대측에 정맥 주사로 주입할 것을 권장한다.
- (4) PET/CT 촬영은 <sup>18</sup>F-FDG 투여 약 60분 후에 시작하며, 영상 촬영 바로 직전에 배뇨를 하도록 한다.

##### 2) PET 영상 획득

- (1) 촬영은 PET/CT 장비(PET/CT 스캐너, 소프트웨어 등) 및 스캔의 적응증(임상 요청, 관심 부위) 등 많은 변수에 따라 달라진다. 촬영 프로토콜은 기관 정책을 준수해야 한다. 따라서, 각 기관은 자체 고유한 PET/CT 프로토콜을 가질 수 있다.
- (2) 영상은 일반적으로 환자를 누운 자세로 두고 두개골 기저부터 허벅지 중간까지 획득하는 토르소 PET/CT를 얻는다.
- (3) 불명열, 전신 감염이 의심되는 경우에는 정수리부터 발까지 포함하여 전신 PET/CT 영상을 얻는다.

(4) 고관절 인공 관절, 감염된 혈관 이식물, 당뇨병성 발 등 임상적으로 문제가 있는 곳이 제한되어 있는 경우 부분 PET/CT 영상을 얻는다.

(5) PET 영상 획득 시간은 대개 bed 당 1-5분 또는 더 길 수 있으며 이는 주사된 방사성의약품의 방사능, 환자의 몸무게, PET 장비의 민감도(주로 검출기 구성과 영상 획득 방식에 의해 결정됨)에 근거한다.

(6) PET과 CT 영상내의 움직임에 의한 계측오차를 줄이고, PET/CT 영상의 위치를 정확히 일치시키기 위해 일부 기계에서 움직임을 보정하기 위한 소프트웨어를 사용하거나, gated PET과 같은 움직임 검출 시스템과 같은 하드웨어를 이용한 보정방법을 이용할 수 있다.

### 3) CT 영상 획득

(1) 감쇠 보정과 해부학적 위치 파악을 위해 CT를 촬영한다.

(2) CT 영상은 다양한 매개변수(예: 관류 전류, 전압, 슬라이스 두께, 회전 시간 및 피치)로 획득될 수 있다. 이러한 획득 매개변수는 환자의 방사선 노출을 최소화하면서 필요한 진단 정보를 얻을 수 있는 적절한 용량으로 선택되어야 한다.

(3) CT 검사 시에는 가급적 환자 피폭 선량을 줄이기 위하여 자동선량조절장치, 환자크기에 따른 관전압선택, 반복적 재구성 알고리즘 등 가능하다면 피폭 저감화 프로그램을 사용하는 것이 권고된다.

(4) 임상적 필요에 따라(예: 혈관 이식 감염) 조영제를 투여하여 CT 영상을 얻을 수 있다. 이때 조영제에 대한 알레르기 병력, 신기능(예: 사구체 여과율, 혈청 크레아티닌 수준) 등의 사항이 조영제 투여 전에 고려되어야 한다.

### 6-5. 영상 처리(Image processing)

PET 스캐너에서 수집한 초기 획득 자료는 몸의 조직과 장기에 있는 정확한 방사성 물질의 분포를 나타내기 위해 재구성되어야 한다. 3D 모드에서 획득한 데이터는 3D 재구성 알고리즘을 사용하여 직접 재구성하거나 2D 데이터로 재결합한 후 2D 재구성 알고리즘을 사용하여 재구성할 수 있다. 영상 재구성 알고리즘으로는 Ordered-Subset Expectation Maximization(OSEM)과 같은

반복적인 재구성 방법 또는 여과후 역투사법(Filtered Back Projection, FBP) 방법이 사용되는데, 보다 잡음이 적고 예민도가 높은 반복적인 재구성 방법이 선호된다. 여과후 역투사법은 반복적인 재구성 방법을 얻은 영상이 정량치에 오류가 의심될 경우 사용해 볼 수 있다. 영상 재구성 중에는 감쇠, 산란, 무작위, 불응시간 보정은 물론 측정기 감도 정규화를 포함하여 정량적 해석을 위한 모든 보정이 필요하다. 재구성된 영상에서  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 정도의 반정량적 평가를 위해, 측정된 국소 방사능 농도와 체중, 실질 체중(lean body mass) 또는 체표면적(body surface area)을 이용하여 표준섭취계수(standardized uptake value, SUV)를 산출할 수 있다. Time-of-Flight (TOF) 등의 최신기법을 사용하면 PET 스캔의 정확도와 영상 품질을 향상시킬 수 있다[44].

## VII. 영상 판독 및 보고(Image interpretation and reporting)

### 7-1. 생리학적인 $^{18}\text{F}$ -FDG 분포

$^{18}\text{F}$ -FDG의 섭취는 주사 60분 후에 뇌, 심장, 신장 및 요로 등에서 정상적으로 관찰될 수 있다. 심근의 섭취는 공복 상태에서 일반적으로 낮지만(심근은 공복상태에서 포도당 대신 유리지방산을 주에너지원으로 사용하기 때문) 일부 환자에서는 높을 수 있다.  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취는 근육에서도 관찰될 수 있는데, 이는 최근의 운동 여부 및 인슐린 사용과 관련이 있다. 위장관의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취는 환자마다 다양하며, 특히 메트포르민을 복용하는 환자에서 보일 수 있다. 발다이어 고리(Waldeyer's ring) 및 말초 림프 조직에서  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 증가될 수 있다. 어린이와 청소년에서는 흉선의 생리학적인  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 관찰될 수 있다. 갈색 지방의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취는 주로 젊은 환자 및 낮은 온도 환경에서 관찰될 수 있다.

빈혈 또는 염증이 있는 환자에서 반응성 변화로서 골수의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 가변적으로 관찰될 수 있다. 항암화학요법 또는 과립구 집락자극인자(granulocyte colony-stimulating factor, G-CSF) 투여 후에 골수에 전반적인  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 보일 수 있다.

### 7-2. 영상 판독(Image interpretation)

### 1) PET 영상의 기술적 조건

PET 영상은 적절한 범위의 값을 제공하기 위해 최소 16비트 깊이의 픽셀을 가져야 하며 적절한 이미지 스케일링을 사용해야 하고, 컬러 스케일을 사용할 수 있다. PET 영상은 축상(axial) 방향으로 표시되어야 하며, 관상면(coronal) 및 시상면(sagittal)의 형태학적 이미지와 상관관계가 있어야 한다.

### 2) 육안적 판독

$^{18}\text{F}$ -FDG 섭취는 육안적으로 분석한다. 섭취의 패턴을 초점형(focal), 선형(linear), 확산형(diffuse)으로 구분할 수 있으며, 섭취 강도를 평가하고 생리학적 섭취와 감별한다. PET 영상의 정보는 CT의 해부학적 정보와 비교한다. 감염/염증에 대한  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취의 민감도는 절대적이지 않으며, PET 결과가 음성인 경우 CT 영상을 확인하여 해부학적 이상구조물이나 위음성 병변의 가능성을 배제하여야 한다.

### 3) 일반적인 해석 기준

$^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 영상을 평가하기 위해 다음 사항을 고려해야 한다.

- 임상적 촬영 목적 및 요청
- 촬영 프로토콜(감쇠 보정 유무 포함)
- $^{18}\text{F}$ -FDG의 생리학적 분포 및 환자의 개인적인 변이
- 임상 정보, 생화학 검사 및 다른 영상 소견
- 위음성의 가능성(병소의 크기가 작은 경우, 고혈당, 주변의 강한 생리적 섭취로 인해 병소가 가려진 경우, 대사 속도 저하, 섭취에 영향을 미치는 스테로이드 등의 약물 사용 등)

- 위양성의 가능성(방사성의약품의 주사 부위 섭취 및 외부 오염, 과도한 감쇠 보정, 생리학 섭취, 감염/염증과 관련이 없는 이상 섭취 등)

PET 영상의 감쇠 보정에 저선량 CT 영상을 사용한 경우(특히 금속 장치 또는 임플란트가 있는 경우) PET 영상 판독 시 주의가 필요하다. 필요한 경우 감쇠 보정 및 비감쇠 보정 영상 모두를 평가하는 것이 권장된다.

#### 4) 특정 질환에 대한 해석 기준

##### (1) 척추 감염(Spine infection)

의심되는 부위의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 인접한 척추 및 주변 연조직보다 높으면 양성으로 간주한다. 디스크염(discitis)의 경우 추간판 공간에서 선형 또는 원판형 패턴으로 명확하게 섭취가 증가되어있고, 척추 추간염(spondylodiscitis)의 경우 디스크염의 소견과 함께 인접한 척추의 플레이트 침범을 보인다[45].

##### (2) 당뇨병성 족부 감염(Diabetic foot infection)

골수염의 경우 뼈 실질 자체에 반대측보다 더 높은 초점형 또는 확산형의 섭취 증가가 보인다. 초점형 또는 확산형 섭취 증가가 연조직에서만 보이고 뼈에서는 보이지 않을 때는 연조직염을 진단할 수 있다[46].

##### (3) 골수염 및 인공관절 감염(Osteomyelitis and Prosthetic joint infection)

뼈와 보철물 사이의 인접면을 따라 섭취가 증가되었거나, 자연 영상에서 섭취 감소가 관찰될 때 감염성 또는 염증성 질환을 의심해볼 수 있다[47]. 그러나 이러한 기준의 유효성에 대한 보편적 합의는 아직 없다. 특히  $^{18}\text{F}$ -FDG는 악성 골종양과 감염/염증을 명확히 구별할 수 없는 경우가

있어 주의가 필요하다[48]. 항생제 투여 후 반복적인 PET 촬영은 치료 반응을 평가하는 데 유용할 수 있다. 대퇴부의 인공관절의 경우, 보철물 주위의 섭취 증가가 수술 후 2년까지도 관찰될 수 있어 주의를 요한다.

#### (4) 혈관염(Vasculitis)

큰 혈관의 육안적  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 간 섭취와 유사하거나 그보다 높은 정도일 경우 혈관염을 의심해볼 수 있다[8, 49]. 이 방법은 특이성이 높고 관찰자 간 및 관찰자 내 재현성이 높은 장점이 있다. 섭취가 없거나 간보다 낮은 섭취를 보인다면 혈관염이 배제될 가능성이 높다. 일반적인 혈관염의 경우 확산형(간혹 처음에는 분절형)으로 섭취가 증가된 경우가 많고, 초점형 섭취일 때는 죽상경화반에 기인한 소견일 수 있다[8].

#### (5) 혈관 이식 감염(Vascular graft infection)

이식부의 육안적  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 비활성 근육 및 지방보다 더 높고 초점형일 경우 혈관 이식 감염을 의심해볼 수 있다[50].

#### (6) 감염성 심내막염(Infectious endocarditis)

심장의 판막에서  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 증가된 경우이다. 이때 섭취 위치는 판막의 지지 구조를 따라 기술해야 하고 섭취 패턴은 초점형/확산형 및 균질성/이질성에 따라 기술하는 것을 권장한다[2].

#### (7) 심장 사르코이드증(Cardiac sarcoidosis)

심장의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가는 아래의 4가지 패턴으로 분류할 수 있다[51].

- $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 없음
- 확산형(diffuse)  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취
- 초점형(focal)  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취
- 확산성 초점형(focal on diffuse)  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취

초점형 또는 확산성 초점형은 비정상적인 섭취 패턴으로서 사르코이드증을 고려해볼 수 있는 반면, 확산성 섭취는 비특이적인 소견일 수 있다. 전반적으로 확산성 섭취 분포를 보이면서 이질적인  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 있는 경우 다발성 사르코이드증에 의한 소견일 수 있다. 심근의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취가 좌심실의 혈액풀과 비슷한 정도로 균일하다면 정상 소견으로 간주된다. 함께 촬영한 CT를 검토하여 종양의 가능성을 배제하여야 한다.

#### (8) 폐 사르코이드증(Pulmonary sarcoidosis)

① 우측 기관 주위 및 양측 폐문 림프절 침범: 이 부위에서의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가를 소위 람다 징후( $\lambda$ )라 하며,  $^{67}\text{Ga}$ -구연산염 신티그래피의 람다 징후와 유사하게 활동성 사르코이드증을 시사하는 소견이다[52].  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT는 활동성 사르코이드증 평가에  $^{67}\text{Ga}$ -구연산염 신티그래피보다 우수하다[53].

② 폐: 작은 결절들이 기관지혈관다발, 주엽간열, 흉막하부, 소엽간중격 등 림프선 주변에 분포하는 것이 특징적이다(perilymphatic distribution). 작은 결절들이 모여 경계가 불분명한 간유리음영이나 폐경화를 보일 수 있다(사르코이드증 성운 징후, sarcoid galaxy sign)[54].

③ 누선 및 타액선 침범: 활동성 사르코이드증을 암시하는 또다른 전형적인 영상 소견으로 소위 판다 징후라 하는데 눈물샘, 귀밑샘 및 턱밑샘의 섭취가 증가된 것을 의미한다[54].

#### (9) 후복막 섬유화증(Retroperitoneal fibrosis)

병소의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 간 섭취와 비슷한 정도거나 그 이상인 경우 후복막 섬유화증을 의심해볼 수 있다[55].

#### (10) 원인 불명열(Fever of unknown origin)

전신에서 비정상적인 섭취 증가를 보이는 모든 병소(미상의 염증 또는 악성 병소)을 파악해야 한다. 전신성 루푸스, 사이토메갈로바이러스 감염, 특소플라즈마증, 요로 감염, 패혈증, 신우신염 및 크론병에서 위음성이 있을 수 있다[56].

#### (11) 결핵(Tuberculosis)의 대사 활성 평가

① 폐 침범: 활동성 결핵은 CT 영상에서 공동(cavity)이 있는 폐경화(consolidation), 싹이 트인 나무 패턴(tree-in-bud appearance)이 특징적인 소견이며, PET 영상에서 일반적으로 높은 정도의  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가를 보인다. 비활동성 결핵을 나타내는 소견은 섬유화 또는 석회화이다[57].

② 흉막 삼출의 침범: 두꺼워진 흉막을 따라 광범위하게 증가된  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취를 관찰할 수 있다[58].

#### (12) 염증성 장 질환(Inflammatory bowel disease)

장관에서 분절형의 높은  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 증가가 관찰될 때 양성 소견으로 간주한다[59].  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 패턴에 따라 크론병과 궤양성 대장염을 구별할 수 있는데 크론병은 비연속적 병변(skip lesion)이 특징인 반면 궤양성 대장염은 주로 직장으로부터 연속적인 병변을 보인다.

#### (13) 감염성 동맥류(Mycotic aneurysm)

혈관염과 유사하게 동맥류의 벽을 따라 확산형 또는 초점형의 섭취 증가가 관찰된다.  $^{18}\text{F}$ -FDG

PET/CT는 감염성 동맥류의 진단에 활용될 수 있으며 치료 반응 평가에도 사용될 수 있다[60].

### 7-3. 영상 보고(Reporting)

판독문은 아래의 정보를 포함해야 하며, 제기된 특정 임상 질문에 답하기 위한 간결하고 구조화된 보고서를 제공하는 것이 권고된다[61].

#### 1) 검사와 관련된 기본 정보

보고서에는 기본 정보로 검사명, 환자의 전체 성명, 병원 등록번호, 검사 수행일과 시간이 기재되어야 하며 환자의 성별, 연령 또는 생년월일, 검사 의뢰과, 의뢰의사명이 추가적으로 포함될 수 있다.

#### 2) 임상 정보

검사 의뢰과/의뢰의사가 제시하는 검사를 수행하는 목적과 해결해야 할 구체적 요청이 포함된다. 환자의 병력으로는 진단명과 간단한 치료 병력이 포함된다. 관련된 다른 진단 검사 결과, 비교할 만한 영상 검사 및 이전 PET/CT 소견을 명시할 수 있다.

#### 3) 절차 설명

방사성의약품의 이름, MBq 또는 mCi로 표시된 투여 용량, 투여 경로(정맥주사), 투여 일시, 투여 부위(주사부위)가 포함된다. 전처치로 진정제 등의 약물을 투여하는 경우는 약물의 종류, 투여량, 투여 시간 등에 대하여 기록을 한다. 촬영에 관련해서는 촬영시간, 촬영범위를 명시하며, 환자의 자세(누워 있는 자세, 팔의 위치 등)이 비표준적인 경우 명시되어야 한다. 감쇠 보정 및 방출 영상의 해부학적 위치 파악을 위해 저선량 CT 스캔을 함께 촬영한 점이 명시되어야 한다. 기타 판독

에 영향을 미칠 수 있는 사건 또는 정보(예. 자세, 움직임, CT관련 인공산물 등)가 있으면 이를 명시한다. 움직임 보정과 같이 추가 처리가 필요한 특수한 상황이라면 이에 대한 설명이 필요하다. 구체적인 PET/CT 장비에 대한 정보는 선택적으로 기술할 수 있다.

#### 4) 소견 기술

각 임상 적응증에 적합한 해석 기준에 따라 소견이 보고되어야 한다. 영상 소견은 해부학적 관점과 기능적/대사적 관점 모두에서 설명되어야 하며 가능한 한 환자의 임상 징후와 연관되어야 한다. 이 때 여러 소견들은 중요한 순서대로 또는 부위별로 그룹화하여 기술할 수 있으며, 중요한 소견은 논리적인 방식으로 기술되어야 한다. 스캔에 포함된 각 부위에서 비정상적인 병변의 유무, 병변의 위치,  $^{18}\text{F}$ -FDG 섭취 양상 및 정도, CT에서의 비정상적 병변 유무를 평가해야 한다(검사 목적과 상관없이 예상치 못하게 발견된 소견 포함). 소규모 병소, 저등급 악성 병변, 인공산물 등의 데이터 품질 또는 진단 정확도를 낮출 우려가 있는 요소들 또한 명시되어야 한다. 표준화된 섭취 계수(SUV) 등의 정량지표는 참고적 목적으로 기술할 수 있지만, 이 측정치를 특정 진단을 내리는데 사용해서는 안 된다. 비교 가능한 이전 PET 영상이 있는 경우를 이를 명시하고 비교하여 판독한다. 필요시 적절한 추가 검사 또는 후속 PET/CT 검사 권고 등을 기술할 수 있다.

#### 5) 결론

가장 가능성이 높은 진단을 우선적으로 기술하며 적절한 감별 진단들을 함께 제시할 수 있다. 필요한 경우, 결론을 명확히 하기 위해 후속 PET/CT 촬영 또는 추가적인 다른 진단 검사 권고 문구를 넣을 수 있다.

### VIII. 영상 장비의 제원(Equipment specifications)

PET 방출 데이터의 감쇠 및 산란 보정에 사용할 수 있는 저선량 CT 가 탑재된 3D PET/CT 스캐너가 권고된다. 영상 획득 시스템은 3D 모드에서 정적/동적 또는 list mode의 PET 방출

데이터를 모두 수집할 수 있어야 하고, 단일 또는 다중 프레임에서 감쇠 보정 전/후 영상을 모두 재구성할 수 있어야 한다. 감쇠 보정이 없는 PET 영상은 1차 해석에 사용해서는 안 되지만 감쇠 보정된 PET 영상에서 인공산물을 인식하는 데 유용할 수 있다. 또한 이 영상 획득 시스템은 온라인 랜덤 보정, 산란 보정, 감쇠 보정, 불응시간 보정 및 정규화가 가능해야 한다[62].

## **IX. 품질보증, 안전, 감염관리 및 환자교육(Quality assurance, safety, infection control, and patient education)**

### **9-1. 품질보증 및 안전(Quality assurance and safety)**

핵의학 영상검사의 수행에 있어서 고도의 효율성과 신뢰성을 얻기 위해서 적절한 품질 보장 체계가 필요한데 이를 정도관리(Quality Controls, QC)라 한다. 핵의학 영상장비의 정도관리는 설치 후 품질관리를 보증하는 하나의 방법이며 진료의 질을 향상시키고 환자의 안전을 도모하는데 필수적이다.

각 기관은 공급업체 제공 유지보수 및 적절한 정도관리 절차를 따라야 하며, 모든 환자의 검사는 점검을 마친 후 이상 유무가 확인된 경우에만 진행해야 하고, 점검은 정도관리지침서를 준수해야 한다. 정도관리의 구체적인 항목은 학회 정도관리지침을 따른다[63].

### **9-2. 감염관리(Infection control)**

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[64].

환자 접촉과 관련된 매 단계 손위생을 실시하며, 사용한 주사기는 뚜껑을 덮지 않고 needle box에 처리한다. 검사 전 환자의 감염 여부를 확인하고, 감염이 확인된 경우 장갑/마스크/비닐앞치마/고글 등의 적절한 보호장구를 착용한다. 감염의 종류에 따라 행동지침을 수행한다[64].

공통적으로 장비의 테이블에 환자 접촉으로 인한 오염을 줄일 수 있게 시트를 이용하여 덮으며, 검사 종료 후 환경소독제(예: 설파니오스 등)를 사용하여 장비 테이블과 환자와 접촉한 기구를

소독한 후 다음 검사를 진행하며, 검사 종료 후 사용된 시트와 오염물은 따로 보관 처리한다.

### 9-3. 환자교육(Patient education)

검사 담당자는 아래의 내용을 환자에게 설명하여 환자들의 검사에 대한 두려움과 궁금증을 해소하고 검사에 잘 협조할 수 있도록 한다[1, 62, 65].

- 이 검사는  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 검사로 병의 진단을 위해 시행된다.
- 검사 전 최소 4시간 이상의 금식이 필요하다.
- 방사성의약품을 정맥주사 하게 되며, 주사 후 약품이 몸에 잘 퍼지도록 약 한시간 정도 대기실에서 편안히 누워있다.
- 검사 직전 소변을 본 뒤 검사를 진행한다.
- 검사 소요 시간은 10-30분 정도이며, 검사 과정 중 통증이 동반되지는 않는다.
- 검사가 끝난 후 검사가 잘 끝났는지 확인 후 검사를 마치게 되며, 필요 시 추가 촬영이 있을 수 있다.
- 검사 후 특별한 조치는 필요하지 않는다.
- 폐소공포증이 있으면 미리 의료진에게 알려준다.

### X. 이해관계(Conflict of interest)

대한핵의학회 의무위원회 위원들은 이 지침과 관련된 이해 상충이 없음을 선언한다.

### XI. 승인(Acknowledgement)

이 지침은 SNM/EANM 가이드라인 및 관련 문헌을 기준으로 작성되었으며, 대한핵의학회 의무위원회 및 회원들의 의견과 제안을 토대로 국내 사정에 적합하게 작성되었고, 대한핵의학회 이사회에서 2023년 12월 6일에 승인되었다.

## XII. 참고문헌(References)

1. Jamar F, Buscombe J, Chiti A, Christian PE, Delbeke D, Donohoe KJ, et al. EANM/SNMMI guideline for  $^{18}\text{F}$ -FDG use in inflammation and infection. *J Nucl Med*. 2013;54:647-58.
2. Casali M, Lauri C, Altini C, Bertagna F, Cassarino G, Cistaro A, et al. State of the art of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT application in inflammation and infection: a guide for image acquisition and interpretation. *Clin Transl Imaging*. 2021;9:299-339.
3. Smids C, Kouijzer IJ, Vos FJ, Sprong T, Hosman AJ, de Rooy JW, et al. A comparison of the diagnostic value of MRI and  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET/CT in suspected spondylodiscitis. *Infection*. 2017;45:41-9.
4. Treglia G, Sadeghi R, Annunziata S, Zakavi SR, Caldarella C, Muoio B, et al. Diagnostic performance of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography for the diagnosis of osteomyelitis related to diabetic foot: a systematic review and a meta-analysis. *Foot (Edinb)*. 2013;23:140-8.
5. Govaert GA, FF IJ, McNally M, McNally E, Reininga IH, Glaudemans AW. Accuracy of diagnostic imaging modalities for peripheral post-traumatic osteomyelitis - a systematic review of the recent literature. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2017;44:1393-407.
6. Soussan M, Nicolas P, Schramm C, Katsahian S, Pop G, Fain O, Mekinian A. Management of large-vessel vasculitis with FDG-PET: a systematic literature review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94:e622.
7. Pelletier-Galarneau M, Ruddy TD. PET/CT for Diagnosis and Management of Large-Vessel Vasculitis. *Curr Cardiol Rep*. 2019;21:34.
8. Blockmans D, de Ceuninck L, Vanderschueren S, Knockaert D, Mortelmans L, Bobbaers H. Repetitive  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography in giant cell arteritis: a prospective study of 35 patients. *Arthritis Rheum*. 2006;55:131-7.
9. Kim SJ, Lee SW, Jeong SY, Pak K, Kim K. A systematic review and meta-analysis of  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography or positron emission tomography/computed tomography for detection of infected prosthetic vascular grafts. *J Vasc Surg*. 2019;70:307-13.
10. Rojoa D, Kontopodis N, Antoniou SA, Ioannou CV, Antoniou GA.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET in the Diagnosis of Vascular Prosthetic Graft Infection: A Diagnostic Test Accuracy Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;57:292-301.
11. Juneau D, Erthal F, Alzahrani A, Alenazy A, Nery PB, Beanlands RS, Chow BJ. Systemic and inflammatory disorders involving the heart: the role of PET imaging. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2016;60:383-96.
12. Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, Bongiorni MG, Casalta JP, Del Zotti F, et al. [2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis. The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC)]. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2016;17:277-319.
13. Pizzi MN, Roque A, Fernandez-Hidalgo N, Cuellar-Calabria H, Ferreira-Gonzalez I, Gonzalez-

- Alujas MT, et al. Improving the Diagnosis of Infective Endocarditis in Prosthetic Valves and Intracardiac Devices With <sup>18</sup>F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Angiography: Initial Results at an Infective Endocarditis Referral Center. *Circulation*. 2015;132:1113-26.
14. Slart R, Glaudemans A, Gheysens O, Lubberink M, Kero T, Dweck MR, et al. Procedural recommendations of cardiac PET/CT imaging: standardization in inflammatory-, infective-, infiltrative-, and innervation (4Is)-related cardiovascular diseases: a joint collaboration of the EACVI and the EANM. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48:1016-39.
  15. Erba PA, Lancellotti P, Vilacosta I, Gaemperli O, Rouzet F, Hacker M, et al. Recommendations on nuclear and multimodality imaging in IE and CIED infections. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2018;45:1795-815.
  16. Treglia G, Mattoli MV, Bertagna F, Giubbini R, Giordano A. Emerging role of Fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with retroperitoneal fibrosis: a systematic review. *Rheumatol Int*. 2013;33:549-55.
  17. Tanaka T, Masumori N. Current approach to diagnosis and management of retroperitoneal fibrosis. *Int J Urol*. 2020;27:387-94.
  18. Nakajo M, Jinnouchi S, Tanabe H, Tateno R, Nakajo M. <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography features of idiopathic retroperitoneal fibrosis. *J Comput Assist Tomogr*. 2007;31:539-43.
  19. Takeuchi M, Nihashi T, Gafter-Gvili A, Garcia-Gomez FJ, Andres E, Blockmans D, et al. Association of <sup>18</sup>F-FDG PET or PET/CT results with spontaneous remission in classic fever of unknown origin: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97:e12909.
  20. Takeuchi M, Dahabreh IJ, Nihashi T, Iwata M, Varghese GM, Terasawa T. Nuclear Imaging for Classic Fever of Unknown Origin: Meta-Analysis. *J Nucl Med*. 2016;57:1913-9.
  21. Besson FL, Chaumet-Riffaud P, Playe M, Noel N, Lambotte O, Goujard C, et al. Contribution of <sup>18</sup>F-FDG PET in the diagnostic assessment of fever of unknown origin (FUO): a stratification-based meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2016;43:1887-95.
  22. Sobic-Saranovic D, Grozdic I, Videnovic-Ivanov J, Vucinic-Mihailovic V, Artiko V, Saranovic D, et al. The utility of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT for diagnosis and adjustment of therapy in patients with active chronic sarcoidosis. *J Nucl Med*. 2012;53:1543-9.
  23. Sanchez-Montalva A, Barrios M, Salvador F, Villar A, Tortola T, Molina-Morant D, et al. Usefulness of FDG PET/CT in the management of tuberculosis. *PLoS One*. 2019;14:e0221516.
  24. Jeong YJ, Paeng JC, Nam HY, Lee JS, Lee SM, Yoo CG, et al. <sup>18</sup>F-FDG positron-emission tomography/computed tomography findings of radiographic lesions suggesting old healed tuberculosis. *J Korean Med Sci*. 2014;29:386-91.
  25. Kaaru E, Bianchi A, Wunder A, Rasche V, Stiller D. Molecular Imaging in Preclinical Models of IBD with Nuclear Imaging Techniques: State-of-the-Art and Perspectives. *Inflamm Bowel Dis*. 2016;22:2491-8.

26. Bettenworth D, Reuter S, Hermann S, Weckesser M, Kerstiens L, Stratis A, et al. Translational <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging to monitor lesion activity in intestinal inflammation. *J Nucl Med.* 2013;54:748-55.
27. Treglia G, Quartuccio N, Sadeghi R, Farchione A, Caldarella C, Bertagna F, et al. Diagnostic performance of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with chronic inflammatory bowel disease: a systematic review and a meta-analysis. *J Crohns Colitis.* 2013;7:345-54.
28. Holtmann MH, Uenzen M, Helisch A, Dahmen A, Mudter J, Goetz M, et al. <sup>18</sup>F-Fluorodeoxyglucose positron-emission tomography (PET) can be used to assess inflammation non-invasively in Crohn's disease. *Dig Dis Sci.* 2012;57:2658-68.
29. Sharma P, Mukherjee A, Karunanithi S, Bal C, Kumar R. Potential role of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in patients with fungal infections. *AJR Am J Roentgenol.* 2014;203:180-9.
30. Douglas AP, Thursky KA, Worth LJ, Drummond E, Hogg A, Hicks RJ, Slavin MA. FDG PET/CT imaging in detecting and guiding management of invasive fungal infections: a retrospective comparison to conventional CT imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019;46:166-73.
31. Hammoud DA, Boulougoura A, Papadakis GZ, Wang J, Dodd LE, Rupert A, et al. Increased Metabolic Activity on <sup>18</sup>F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography-Computed Tomography in Human Immunodeficiency Virus-Associated Immune Reconstitution Inflammatory Syndrome. *Clin Infect Dis.* 2019;68:229-38.
32. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0. 2014.09.
33. Gatenby RA, Gillies RJ. Why do cancers have high aerobic glycolysis? *Nat Rev Cancer.* 2004;4:891-9.
34. Treves ST, Gelfand MJ, Fahey FH, Parisi MT. 2016 Update of the North American Consensus Guidelines for Pediatric Administered Radiopharmaceutical Activities. *J Nucl Med.* 2016;57:15N-8N.
35. European Association of Nuclear Medicine (EANM). Dosage card (version 5.7.2016). EANM website. [https://www.eanm.org/content-eanm/uploads/2017/01/EANM\\_Dosage\\_Card\\_040214.pdf](https://www.eanm.org/content-eanm/uploads/2017/01/EANM_Dosage_Card_040214.pdf). 2016. Accessed September 22, 2020.
36. Stabin MG, Siegel JA. RADAR Dose Estimate Report: A Compendium of Radiopharmaceutical Dose Estimates Based on OLINDA/EXM Version 2.0. *J Nucl Med.* 2018;59:154-60.
37. Mattsson S, Johansson L, Leide Svegborn S, Liniecki J, Nosske D, Riklund KA, et al. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. *Ann ICRP.* 2015;44:7-321.
38. Vali R, Alessio A, Balza R, Borgwardt L, Bar-Sever Z, Czachowski M, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline on Pediatric <sup>18</sup>F-FDG PET/CT for Oncology 1.0. *J Nucl Med.* 2021;62:99-110.
39. Osborne MT, Hulten EA, Murthy VL, Skali H, Taqueti VR, Dorbala S, et al. Patient preparation for cardiac fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging of

- inflammation. *J Nucl Cardiol.* 2017;24:86-99.
40. Scholtens AM, Verberne HJ, Budde RP, Lam MG. Additional Heparin Preadministration Improves Cardiac Glucose Metabolism Suppression over Low-Carbohydrate Diet Alone in <sup>18</sup>F-FDG PET Imaging. *J Nucl Med.* 2016;57:568-73.
  41. Garg G, Benchekroun MT, Abraham T. FDG-PET/CT in the Postoperative Period: Utility, Expected Findings, Complications, and Pitfalls. *Semin Nucl Med.* 2017;47:579-94.
  42. Wilson WR, Bower TC, Creager MA, Amin-Hanjani S, O'Gara PT, Lockhart PB, et al. Vascular Graft Infections, Mycotic Aneurysms, and Endovascular Infections: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2016;134:e412-e60.
  43. Purohit BS, Ailianou A, Dulguerov N, Becker CD, Ratib O, Becker M. FDG-PET/CT pitfalls in oncological head and neck imaging. *Insights Imaging.* 2014;5:585-602.
  44. Surti S. Update on time-of-flight PET imaging. *J Nucl Med.* 2015;56:98-105.
  45. Hungenbach S, Delank KS, Dietlein M, Eysel P, Drzezga A, Schmidt MC. <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose uptake pattern in patients with suspected spondylodiscitis. *Nucl Med Commun.* 2013;34:1068-74.
  46. Lauri C, Glaudemans A, Campagna G, Keidar Z, Muchnik Kurash M, Georga S, et al. Comparison of White Blood Cell Scintigraphy, FDG PET/CT and MRI in Suspected Diabetic Foot Infection: Results of a Large Retrospective Multicenter Study. *J Clin Med.* 2020;9.
  47. Basu S, Kwee TC, Saboury B, Garino JP, Nelson CL, Zhuang H, et al. FDG PET for diagnosing infection in hip and knee prostheses: prospective study in 221 prostheses and subgroup comparison with combined (111)In-labeled leukocyte/(99m)Tc-sulfur colloid bone marrow imaging in 88 prostheses. *Clin Nucl Med.* 2014;39:609-15.
  48. Romano CL, Petrosillo N, Argento G, Sconfienza LM, Treglia G, Alavi A, et al. The Role of Imaging Techniques to Define a Peri-Prosthetic Hip and Knee Joint Infection: Multidisciplinary Consensus Statements. *J Clin Med.* 2020;9.
  49. Prieto-Gonzalez S, Espigol-Frigole G, Garcia-Martinez A, Alba MA, Tavera-Bahillo I, Hernandez-Rodriguez J, et al. The Expanding Role of Imaging in Systemic Vasculitis. *Rheum Dis Clin North Am.* 2016;42:733-51.
  50. Fukuchi K, Ishida Y, Higashi M, Tsunekawa T, Ogino H, Minatoya K, et al. Detection of aortic graft infection by fluorodeoxyglucose positron emission tomography: comparison with computed tomographic findings. *J Vasc Surg.* 2005;42:919-25.
  51. Slart RHJA, Glaudemans AWJM, Lancelotti P, Hyafil F, Blankstein R, Schwartz RG, et al. A joint procedural position statement on imaging in cardiac sarcoidosis: from the Cardiovascular and Inflammation & Infection Committees of the European Association of Nuclear Medicine, the European Association of Cardiovascular Imaging, and the American Society of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017;18:1073-89.
  52. Oksuz MO, Werner MK, Aschoff P, Pfannenbergl C. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT for the diagnosis of sarcoidosis in a patient with bilateral inflammatory involvement of the parotid and lacrimal glands (panda sign) and bilateral hilar and mediastinal lymphadenopathy (lambda sign). *Eur*

- J Nucl Med Mol Imaging. 2011;38:603.
53. Keijsers RG, Grutters JC, Thomeer M, Du Bois RM, Van Buul MM, Lavalaye J, et al. Imaging the inflammatory activity of sarcoidosis: sensitivity and inter observer agreement of <sup>67</sup>Ga imaging and <sup>18</sup>F-FDG PET. Q J Nucl Med Mol Imaging. 2011;55:66-71.
  54. Prabhakar HB, Rabinowitz CB, Gibbons FK, O'Donnell WJ, Shepard JA, Aquino SL. Imaging features of sarcoidosis on MDCT, FDG PET, and PET/CT. AJR Am J Roentgenol. 2008;190:S1-6.
  55. Grozdic Milojevic IT, Milojevic B, Sobic-Saranovic DP, Artiko VM. Impact of hybrid molecular imaging in retroperitoneal fibrosis: a systematic review. Rheumatol Int. 2018;38:179-87.
  56. Sioka C, Assimakopoulos A, Fotopoulos A. The diagnostic role of <sup>18</sup>F fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with fever of unknown origin. Eur J Clin Invest. 2015;45:601-8.
  57. Skoura E, Zumla A, Bomanji J. Imaging in tuberculosis. Int J Infect Dis. 2015;32:87-93.
  58. Soussan M, Brillet PY, Mekinian A, Khafagy A, Nicolas P, Vessieres A, Brauner M. Patterns of pulmonary tuberculosis on FDG-PET/CT. Eur J Radiol. 2012;81:2872-6.
  59. Caobelli F, Evangelista L, Quartuccio N, Familiari D, Altini C, Castello A, et al. Role of molecular imaging in the management of patients affected by inflammatory bowel disease: State-of-the-art. World J Radiol. 2016;8:829-45.
  60. Davison JM, Montilla-Soler JL, Broussard E, Wilson R, Cap A, Allen T. <sup>18</sup>F- FDG PET/CT imaging of a mycotic aneurysm. Clin Nucl Med. 2005;30:483-7.
  61. Niederkoher RD, Greenspan BS, Prior JO, Schoder H, Seltzer MA, Zukotynski KA, Rohren EM. Reporting guidance for oncologic <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging. J Nucl Med. 2013;54:756-61.
  62. Law I, Albert NL, Arbizu J, Boellaard R, Drzezga A, Galldiks N, et al. Joint EANM/EANO/RANO practice guidelines/SNMMI procedure standards for imaging of gliomas using PET with radiolabelled amino acids and [<sup>18</sup>F]FDG: version 1.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019;46:540-57.
  63. 대한핵의학회. PET 및 PET-CT 정도관리 수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서. 2020; [https://www.ksnm.or.kr/bbs/index.html?code=quality&category=&gubun=&page=1&number=2225&mode=view&order=%20sid&sort=%20desc&keyfield=&key=&page\\_type=](https://www.ksnm.or.kr/bbs/index.html?code=quality&category=&gubun=&page=1&number=2225&mode=view&order=%20sid&sort=%20desc&keyfield=&key=&page_type=).
  64. 대한의료관련감염관리학회. 의료기관의 감염관리 (제5판): 도서출판 한미의학; 2017.
  65. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015;42:328-54.