종양에서 ^{18}F-FDOPA PET/CT: 대한핵의학회 절차 지침

(^{18}F-FDOPA PET/CT in Tumor: Procedural Guideline by the Korean Society of Nuclear Medicine)

문승환[1], 박용진[2], 이인기[3], 이주희[4], 유장[5], 최준영[1*]

성균관의대 삼성서울병원 핵의학과[1], 아주대학교병원 핵의학과[2], 한국원자력의학원 핵의학과[3], 일산차병원 핵의학과[4], 중앙보훈병원 핵의학과[5]

* 저자 순서는 가나다순을 따름.

Seung Hwan Moon[1], Yong-Jin Park[2], Inki Lee[3], Joohee Lee[4], Jang Yoo[5], and Joon Young Choi[1]

[1]Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea

[2]Department of Nuclear Medicine, Ajou University Medical Center, Ajou University School of Medicine, Suwon, Republic of Korea

[3]Department of Nuclear Medicine, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Republic of Korea

[4]Department of Nuclear Medicine, CHA Ilsan Medical Center, CHA University, Goyang, Republic of Korea

[5]Department of Nuclear Medicine, Veterans Health Service Medical Center, 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 검사 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 종양에서 ^{18}F-fluoro-dihydroxyphenylalanine(^{18}F-FDOPA) positron emission tomography/computed tomography(PET/CT) 검사를 시행하는 데에 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}F-FDOPA PET/CT는 파킨슨병 등의 퇴행성 뇌질환에서 도파민 신호전달체계(dopaminergic transmission system)을 평가하기 위해 개발이 되었으며, 신경내분비종양, 뇌종양, 선천성 고인슐린증(congenital hyperinsulinemia) 등 다양한 종양 질환에서도 진단, 병기 설정, 재발진단, 치료반응 평가 등에 임상적으로 사용이 되고 있다[1, 2]. 특히, 소마토스타틴 수용체 스캔(somatostatin receptor scintigraphy)에서 음성을 보이는 신경내분비종양의 평가에 임상적 유용성이 뛰어나다.

이 지침은 종양 질환을 위한 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사에 대한 유럽/미국핵의학회 가이드라인 및 현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다[3-5]. 이 지침에는 검사 적응증, 검사 시행 절차, 영상 판독 및 보고, 영상 장비의 성능 및 품질 관리 등 임상적으로 적용될 수 있는 일반적인 정보를 포함하였다.

II. 지침의 목적(Purpose)

이 지침은 종양 질환을 위한 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사의 임상적 적응증, 시행, 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 종양 질환 환자에게 적절한 핵의학 의료기술 제공, 삶의 질 향상 및 건강 개선에 도움을 주고 보건의료 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)

^{18}F-FDOPA PET/CT는 아래 질환의 진단, 병기설정, 재발 진단, 치료반응 평가 등 사용될 수 있다 [1-5].

1. 인슐린종
2. 사구체종(glomus tumor)
3. 갈색세포종(pheochromocytoma), 부신경절종(paraganglioma)
4. 소화기계 신경내분비종양

5. 갑상선 수질암

6. 원발성 뇌종양

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

방사성의약품을 사용하는 진단절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준수한다[6].

VI. 검사시행 절차(Procedure/specifications of the examination)

6-1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

^{18}F-FDOPA는 PET/CT 영상에서 사용되는 L-디히드록시페닐알라닌(L-dihydroxyphenylalanine, L-DOPA)의 방사성 유사체이다. ^{18}F-FDOPA는 2개의 D형과 L형 이성질체를 가지고 있으며, 이 중 D형 이성질체가 뇌의 혈액뇌장벽의 아미노산 수송체에 대한 낮은 친화력을 가지므로 이성질체의 순도는 PET 영상의 질에 영향을 미친다. 그러므로, L형 이성질체 형태만을 생산하는 것이 가장 이상적으로 여겨지고 있다[7]. ^{18}F-FDOPA는 당단백질 CD98과 연결된 큰 중성 아미노산 전달체(LAT1) 단백질이 주요 매개체인 L형 아미노산 수송체를 통해 세포 안으로 운반된다. 아미노산 탈카르복실화효소(amino acid decarboxylase, AADC)의 활성이 대사된 ^{18}F-FDOPA의 세포 내 유지에 중요하다는 것으로 알려져 있다. 아미노산 탈카르복실화효소 활성과 함께 ^{18}F-FDOPA의 운반이 증가하면 아민 전구체 섭취 및 탈카르복실화 시스템에 기원을 둔 표적 병변에 섭취가 증가된 PET 영상을 얻을 수 있게 된다. 일반적으로, 검사 전 경구 L-alpha-hydrazino-alpha-methyl-b-3,4-dihydroxyphenyl propionic acid(carbidopa)의 복용으로 말초 아미노산 탈카르복실화효소 활성의 억제되고 이로 인해 병변 섭취 대 배경 비율은 향상되게 된다[8].

ICRP 간행물 106에 따르면, ^{18}F-FDOPA 정맥 주사 후 성인에서의 유효선량은 0.025 mSv/MBq이고, 1살 소아 아이에서의 유효선량은 0.1 mSv/MBq라고 보고하였다[9, 10].

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

담당 의사, 간호사, 또는 방사선사는 안전하고 정확한 검사를 위해 환자에게 검사 전 주의사항 및 검사과정에 대하여 자세한 설명을 제공하고 환자를 준비시킨다[2].

검사 60-90분 전에 경구 복용하는 carbidopa 복용에 대해서는 논란이 있다. Carbidopa는 방향족 아미노산 탈카복실화 효소를 막는 역할을 한다. Carbidopa의 복용 용량은 100–200 mg(또는 2 mg/kg)이다. 이전 연구에서 carbidopa의 복용은 신장을 통한 배출을 6배 줄이고, 반면에 종양 섭취를 3배 늘린다고 보고하였다. 이와 반대로, carbidopa 복용 후 췌장 병변에서의 ^{18}F-FDOPA 섭취가 감소된다는 보고들도 있었다. 췌장 병변이 있는 환자에 있어서 carbidopa의 사용은 정상적인 췌장 생리적 섭취를 사라지게 하는 동시에 췌장 종양 섭취 역시 사라지게 만들 수 있으므로, 이러한 환자에서는 carbidopa의 사용이 추천되지 않는다. 현재 갑상선 수질암 및 인슐린종에 있어서 carbidopa의 유용성에 대한 최종 합의는 이루지지 않은 상태이다. Carbidopa를 많이 복용할수록 기저핵, 폐, 심근, 간의 ^{18}F-FDOPA 섭취가 증가하게 되며, 반대로 췌장의 ^{18}F-FDOPA는 감소하게 된다[2, 9]. 뇌종양 환자의 ^{18}F-FDOPA 검사에서는 carbidopa의 복용은 필요하지 않다[5].

경험적인 측면에서 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사에서 금식은 필요하다. ^{18}F-FDOPA가 환자가 먹는 음식 내의 아미노산과의 상호작용을 피하기 위해서 물을 제외하고 적어도 4시간의 금식이 필요하다. 종양 ^{18}F-FDOPA 검사 전에 복용을 중단해야 할 약제로 특별히 알려진 것은 없지만[2], 인슐린종 환자 또는 인슐린종이 의심되는 환자에서 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사 시행 전에 최소 24-72시간동안 diazoxide, somatostatin analogs, cortisone, 그리고 glucagon의 복용을 중단하고 촬영할 것을 권장하고 있다[9, 11, 12].

임신이 확인되거나 의심되는 환자에게 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사를 시행할 경우에는 의학적 이득과 발생할 수 있는 위험을 비교하기 위한 임상 정보가 필요하다. ICRP 간행물 106에서 모유 수유중인 임산부의 경우 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사 시행과 관련해서 모유 수유를 중단할 필요가 없다고 보고하였다[9].

6-3. 검사시행을 위한 사전정보(Required clinical information)

환자에 대한 ^{18}F-FDOPA 검사 전에 다음과 같은 임상적 정보를 확인하는 것이 필요하다. 관련된 증상 및 임상적 소견 확인, 화학적 소견과 관련된 바이오마커 확인, 유전자 변이 또는 관련된 가족력, 영상학적 검사를 통해 병변의 위치 확인, 환자가 현재 치료를 받고 있거나 치료받은 과거력이 있다면 수술, 항암치료, 방사선치료, 소마토스타틴 유도체 치료, 또는 그 외 관련된 치료 여부 및 치료 기간의 확인이 필요하다. 검사 시행 전에 환자의 키와 몸무게를 측정하고 기록하는 것도 필요하다[9].

6-4. 방사성의약품 투여 및 영상획득(Radiopharmaceuticals administration and imaging acquisition)

성인 신경내분비종양 환자에서 정맥 주사로 ^{18}F-FDOPA 2–4 MBq/kg를 주사할 수 있으며, 주사 투여 시간은 1분이 넘도록 천천히 주사를 하여야 한다[2]. 성인 뇌종양 환자에 대한 ^{18}F-FDOPA 정맥 주사의 투여 용량을 185-200 MBq로 사용할 수 있다[5]. 이전 연구에서, 소아 신경아세포종 환자에게는 ^{18}F-FDOPA의 용량을 4 MBq/kg로 주사하였으며[13], 소아 뇌종양 환자의 몸무게에 따라서 ^{18}F-FDOPA를 74-100 MBq를 주사하였다[14]. 하지만, 현재 소아 및 청소년 신경내분비종양 및 뇌종양 환자에 대한 합의된 주사 용량은 없는 실정이며, 유럽핵의학회에서 제공하는 소아 용량 카드를 이용해서 주사 용량을 결정할 수 있다[2, 5]. 갑상선 수질암, 갈색세포종, 부신경절종 환자에 대한 ^{18}F-FDOPA 정맥 주사의 투여 용량으로 2-4 MBq/kg을 사용할 수 있다[3, 4, 15]. 최신 PET/CT 또는 PET/MR 스캐너로 촬영하는 경우에는 이전 문헌에서 알려진 ^{18}F-FDOPA 주사 용량보다 더 적은 용량으로 투여할 수 있다.

촬영 범위 설정을 위해서 PET/CT 촬영에 대한 CT scout topogram을 촬영한다. 토르소 ^{18}F-FDOPA PET/CT 촬영 범위로 두개골 기저부부터 대퇴부 중간까지 포함한다. 감쇠 보정을 위해서 저선량의 CT(PET/MRI의 경우는 MRI 기반 감쇠 보정 스캔) 스캔을 시행해야 하며, CT 영상을 얻을 때 가능하면 피폭저감화 프로그램 사용을 권장한다. 그 후에 정적 또는 연속 PET 영상을 얻을 수 있다[5].

토르소 ^{18}F-FDOPA PET/CT 영상은 주로 주사 60분 전후에 지연 영상을 얻게 되며[2, 3, 9], 필수

는 아니지만 필요한 경우 초기 영상을 추가로 얻는 것이 도움이 된다[2]. 신경내분비종양 환자에서 보통 주사 후 60분에 지연 영상을 촬영한다[2, 9]. ^{18}F-FDOPA는 간담도 또는 비뇨기 계통을 따라 생리적 배설이 되며, 기저핵, 간, 췌장, 부신에서 생리적인 섭취를 보이게 된다[2]. 그러므로, 신경내분비종양이 간, 장, 췌장에 위치한 경우에는 주사 후 5분에 초기 정적 영상을 얻거나 주사 직후 10분 동안 초기 동적 영상을 얻는 것이 도움이 된다[2]. 갈색세포종과 부신경절종 환자에서는 보통 ^{18}F-FDOPA 주사 후 45-90분에 지연 영상을 얻게 된다[4]. 간담도계를 통해 ^{18}F-FDOPA의 배설이 이루어지기 때문에 간담도계 근처에 위치한 복부 부신경절종(paraganglioma)의 위치를 확인하고자 할 때는 복부를 중심으로 주사 후 10분에 얻는 초기 영상이 도움이 된다[4]. 갑상선 수질암 환자에서는 보통 주사 후 30-60분에 지연 영상을 얻게 된다. 갑상선 수질암의 경우에 종종 ^{18}F-FDOPA의 빠른 섭취 감소를 보이기 때문에 주사 후 15분에 목 부위의 초기 영상을 얻는 것이 도움이 될 수 있다[3]. 뇌종양 환자에서는 주사 후 10-30분 후에 10-20분 동안 뇌 부위의 정적 영상을 얻을 수 있다[5].

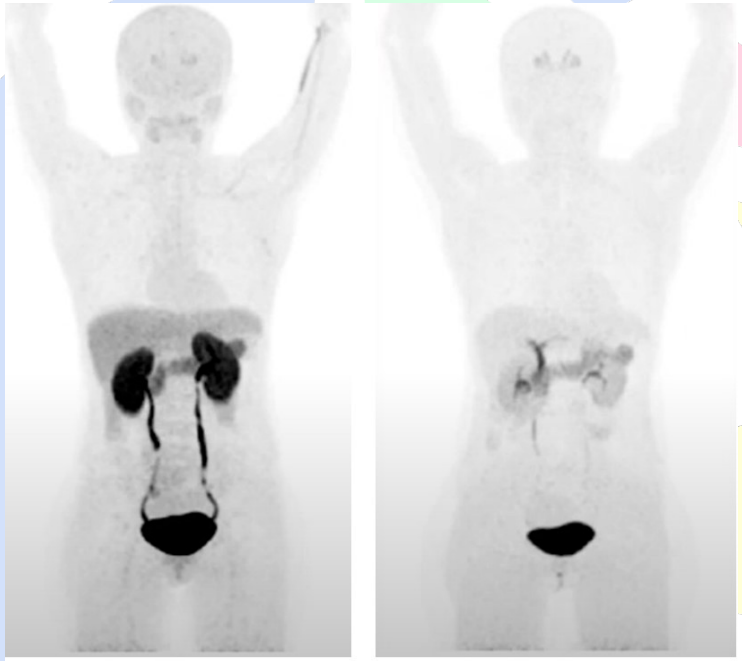
6-5. 영상 처리(Imaging processing)

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[4, 15]. 일반적인 의료 현장에서는 반복적(iterative) 재구성 알고리즘이 영상 재구성 방법 중 표준 알고리즘이다[4, 5, 15]. 그러나 비음의성(nonnegativity) 제약으로 인해 반복 재구성이 상향 편향을 초래하는 경우에는 여과 후 역투사(filtered back projection) 방법을 사용할 수 있다[5]. 최신 PET 스캐너에서는 비행시간(time of flight) 재구성 알고리즘이 가능하며, 비행시간 재구성이 가능하다면 이를 적용하는 것이 추천된다. 비행시간 재구성을 통해 PET/MRI 영상에서 금속 인공산물의 영향을 줄이는데 사용할 수 있다[5]. 영상 재구성 중에는 감쇠, 산란, 무작위, 불응시간, 붕괴 보정과 더불어 측정기 감도 정규화를 포함하여 정량적 해석을 위한 모든 보정들이 필요하다[5]. 재구성된 영상에서 ^{18}F-FDOPA 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.

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

7-1. 생리학적인 ^{18}F-FDOPA 분포



MIP image of normal ^{18}F-FDOPA biodistribution (5 min vs. 60min)

^{18}F-FDOPA는 주로 소변을 통해 배설되며, 일부 간담도계를 통해 배설이 이루어 진다. 생리적 섭취를 보일 수 있는 장기는 다음과 같다.

- 강한 섭취: 담낭/담도계, 요관 및 방광
- 중등도 섭취: 기저핵, 췌장
- 가벼운 섭취: 간, 심근, 부신, 장 (드물게 십이지장이나 유선, 구강의 섭취가 있을 수 있음)

생리적 섭취는 ^{18}F-FDOPA의 섭취 시간, 전처치 등에 따라 달라질 수 있어 해석에 주의를

요한다. 예를 들어 췌장의 경우 구상돌기(uncinate process)에 강한 집적을 보이고 몸통과 꼬리(body–tail region) 위치에는 상대적으로 약한 섭취를 보이며, carbidopa 전처치를 통해 생리적 섭취를 낮출 수 있다. 담도계를 통해서도 일부 배설이 이루어지기 때문에 영상 촬영 시간에 따라 담낭의 섭취 양상이 다르게 나타날 수 있어 잘못 해석하지 않도록 다양한 각도에서 영상을 확인해야 하고 필요 시 적절한 지연 영상을 촬영하여 확인해야 한다[16].

7-2. 영상 판독(Image interpretation)

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.

첫번째 육안적 분석에서 배경 대비 증가된 ^{18}F-FDOPA 축적을 관찰하는 정성적 평가를 수행한다. 대부분의 악성종양의 경우 ^{18}F-FDOPA의 섭취가 증가되어 있다[5, 16].

육안적 평가와 함께 반정량적 방법인 표준섭취계수(standardized uptake value, SUV)를 산출하여 종양 내 방사성의약품 집적 정도를 평가할 수 있다. SUV 계산은 아래의 세가지 방법이 있다[17].

- SUV Body Weight (SUV-BW)

  = (PET image Pixels) * (weight in grams) / (injected dose)

- SUV Body Surface Area (SUV-BSA)

  = (PET image Pixels) * (BSA in m^2) * (10000 cm^2/m^2) / (injected dose).

- SUV Lean Body Mass (SUV-LBM)

  = (PET image Pixels) * (LBM in kg) * (1000 g/kg) / (injected dose)

7-3. 영상 보고(Reporting)

판독문은 아래의 정보를 포함해야 하며, 제기된 특정 임상 질문에 답하기 위한 간결하고

구조화된 보고서를 제공하는 것이 권고된다[16, 18].

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/의뢰의사에서 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. 전처리로 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 판독에 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, 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 내리는 데 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. 영상장비의 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[5].

XI. 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 방편이며 진료의 질을 향상시키고 환자의 안전을 도모하는 데

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[19].

9-2. 감염관리(Infection control)

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[20].

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.

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[5, 16].

- 이 검사는 ^{18}F-FDOPA PET/CT 검사로 병의 진단과 병기설정을 위해 시행된다.
- 검사 전 최소 4시간 이상의 금식이 필요하다.
- 방사성의약품을 정맥주사 하게 되며, 주사 후 약품이 몸에 잘 퍼지도록 약 한시간 정도 대기실에서 편안히 누워있는다.
- 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.
- 폐소공포증(claustrophobia)이 있으면 미리 의료진에게 알려준다.

X. 이해관계(Conflict of interest)

이 문건 작성 및 검토에 참여한 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. 이 지침을 준비하는데 많은 의견과 자료를 제공해 주신 대한핵의학회와 삼성서울병원, 서울아산병원, 아주대학교병원, 일산차병원, 중앙보훈병원 관계자분들께 깊은 감사를 드린다.

참고문헌(References)

1. Kauhanen S, Seppänen M, Ovaska J, Minn H, Bergman J, Korsoff P, et al. The clinical value of ^{18}F-fluoro-dihydroxyphenylalanine positron emission tomography in primary diagnosis, staging, and restaging of neuroendocrine tumors. Endocr Relat Cancer. 2009;16:255-65.
2. Bozkurt MF, Virgolini I, Balogova S, Beheshti M, Rubello D, Decristoforo C, et al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with ^{68}Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and ^{18}F-DOPA. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017;44:1588-601.
3. Giovanella L, Treglia G, Iakovou I, Mihailovic J, Verburg FA, Luster M. EANM practice guideline for PET/CT imaging in medullary thyroid carcinoma. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47:61-77.
4. Taïeb D, Hicks RJ, Hindié E, Guillet BA, Avram A, Ghedini P, et al. European Association of Nuclear Medicine Practice Guideline/Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Procedure Standard 2019 for radionuclide imaging of phaeochromocytoma and paraganglioma. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019;46:2112-37.
5. 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 ^{18}F-FDG: version 1.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019;46:540-57.
6. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0 2014.09.
7. Neves Â CB, Hrynchak I, Fonseca I, Alves VHP, Pereira MM, Falcão A, Abrunhosa AJ. Advances in the automated synthesis of 6-[^{18}F]Fluoro-L-DOPA. EJNMMI Radiopharm Chem. 2021;6:11.
8. Minn H, Kauhanen S, Seppänen M, Nuutila P. ^{18}F-FDOPA: a multiple-target molecule. J Nucl Med. 2009;50:1915-8.
9. Koopmans K, Ziekenhuis M, Eshuis GS. ^{18}F-DOPA PET/CT in Neuroendocrine Tumours and in Presynaptic Dopaminergic Deficits.
10. Balogova S, Talbot JN, Nataf V, Michaud L, Huchet V, Kerrou K, Montravers F. ^{18}F-fluorodihydroxyphenylalanine vs other radiopharmaceuticals for imaging neuroendocrine tumours according to their type. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2013;40:943-66.
11. Imperiale A, Sebag F, Vix M, Castinetti F, Kessler L, Moreau F, et al. ^{18}F-FDOPA PET/CT imaging of insulinoma revisited. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015;42:409-18.
12. Kauhanen S, Seppänen M, Minn H, Nuutila P. Clinical PET imaging of insulinoma and beta-cell hyperplasia. Curr Pharm Des. 2010;16:1550-60.
13. Lu MY, Liu YL, Chang HH, Jou ST, Yang YL, Lin KH, et al. Characterization of neuroblastic tumors using ^{18}F-FDOPA PET. J Nucl Med. 2013;54:42-9.
14. Fiz F, Bini F, Gabriele E, Bottoni G, Garrè ML, Marinozzi F, et al. Role of Dynamic Parameters of 18F-DOPA PET/CT in Pediatric Gliomas. Clin Nucl Med. 2022;47:517-24.
15. Taïeb D, Timmers HJ, Hindié E, Guillet BA, Neumann HP, Walz MK, et al. EANM 2012

guidelines for radionuclide imaging of phaeochromocytoma and paraganglioma. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2012;39:1977-95.
16. Chondrogiannis S, Marzola MC, Al-Nahhas A, Venkatanarayana TD, Mazza A, Opocher G, Rubello D. Normal biodistribution pattern and physiologic variants of ^{18}F-DOPA PET imaging. Nucl Med Commun. 2013;34:1141-9.
17. Adams MC, Turkington TG, Wilson JM, Wong TZ. A systematic review of the factors affecting accuracy of SUV measurements. AJR Am J Roentgenol. 2010;195:310-20.
18. Niederkohr RD, Greenspan BS, Prior JO, Schöder H, Seltzer MA, Zukotynski KA, Rohren EM. Reporting guidance for oncologic ^{18}F-FDG PET/CT imaging. J Nucl Med. 2013;54:756-61.
19. 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=.
20. 대한의료관련감염관리학회, 의료기관의 감염관리 (제5판). 도서출판 한미의학; 2017.