



파킨슨 증후군에서의 ^{18}F -FDOPA Brain PET/CT: 대한핵의학회 절차 지침

권혜령¹, 문승환², 성장환³, 이인기⁴, 이주희⁵, 최준영²

일산백병원 핵의학과¹, 삼성서울병원 핵의학과², 서울아산병원 핵의학과³, 원자력병원 핵의학과⁴,
일산차병원 핵의학과⁵

* 저자 순서는 가나다순을 따름.

서문(Preamble)

대한핵의학회는 대한민국 핵의학의 임상 및 기술적 발전을 도모하기 위해 1961년 창립되었으며, 핵의학 의사와 관련 과학자를 중심으로 현재 약 600여 명의 회원으로 구성되어 있다. 대한핵의학회는 주기적으로 핵의학 검사 지침을 제정, 개정하여 핵 의학을 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 정도관리의 구체적인 항목은 학회 정도관리지침을 따른다. 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 3,4-dihydroxy-6- ^{18}F fluoro-L-phenylalanine(FDOPA) Brain positron emission

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)

파킨슨 증후군(Parkinsonian syndromes)이란 서동, 경직, 안정떨림, 자세불안정 등 파킨슨증의 징후가 복합적으로 나타나는 여러 신경퇴행성 질병을 포함하는 용어이다[1, 2]. 파킨슨 증후군을 일으킬 수 있는 질환에는 특발성 파킨슨병(idiopathic Parkinson disease, IPD), 비전형적 파킨슨 증후군(atypical Parkinsonism), 이차성 파킨슨 증후군(secondary Parkinsonism) 등이 있는데, 특발성 파킨슨병(IPD)이 파킨슨증의 가장 흔한 원인이며, 그 외 비전형적 파킨슨 증후군에 속하는 루이체 치매(dementia with Lewy bodies, DLB), 다계통 위축(multiple system atrophy, MSA), 피질기저핵 변성(corticobasal degeneration, CBD), 진행성 핵상 마비(progressive supranuclear palsy, PSP) 등이 있다[1, 2].

특발성 파킨슨병(IPD)은 중뇌 흑색질에 존재하는 도파민 분비 신경세포의 소실이 원인으로 점진적인 과정으로 진행되어 50~70% 정도까지 없어지면 운동증상이 나타나게 된다[1, 2]. 국내에서 매년 약 11만명 정도의 신규 파킨슨병 환자의 발생이 추정되나 초기 파킨슨병은 증상이 모호하게 나타날 수 있기 때문에 조기 진단이 어려우며, 장기 추적을 통한 임상진단이 필요하다[3]. 신경과 전문의라도 임상진단의 오진율은 20% 내외로 보고되고 있는데, 다양한 조건에서 도파민 핵의학 영상을 사용하면 진단 정확도를 향상시킬 수 있다[3-5]. 또한 도파민 영상 기술은 비전형적 파킨슨 증후군, 치료에 대한 불만족스러운 반응, 중복 증상이 있는 환자 또는 질병의 초기/경증 증상 단계가 있는 환자에게 특히 도움이 될 수 있다[1, 5].

^{18}F -FDOPA brain PET/CT는 파킨슨병 등의 퇴행성 뇌질환에서 도파민 신호전달체계(dopaminergic transmission system)을 평가하기 위해 개발되었으며, 신경내분비종양, 뇌종양, 선천성 고인슐린 증(congenital hyperinsulinemia) 등 다양한 종양 질환에서도 진단, 병기 설정, 재발진단, 치료반응 평가 등에 임상적으로 사용이 되고 있다[6, 7].

이 지침은 파킨슨병에서 ^{18}F -FDOPA brain PET/CT 검사에 대한 유럽/미국핵의학회 가이드라인 및 현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다[1, 8]. 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 파킨슨병에서 ^{18}F -FDOPA brain 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 파킨슨 증후군 질환 환자에게 적절한 핵의학 의료기술 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.
3. 3,4-dihydroxy-6- ^{18}F fluoro-L-phenylalanine(^{18}F -FDOPA): 도파민 합성효소 영상으로서 시냅스 전 도파민 뉴런 말단에서 도파의 섭취와 도파민으로의 전환을 반영하는 방사성추적자이다.

IV. 검사 적응증(Clinical indications)

파킨슨 증상을 나타내는 환자 중 도파민 신경세포의 손상을 동반하는 파킨슨증과 도파민

신경세포의 손상을 동반하지 않는 파킨슨증의 감별에 사용한다.

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

방사성의약품을 사용하는 진단 절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준수한다[9].

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

6-1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

^{18}F -FDOPA는 PET/CT 영상에서 사용되는 L-디히드록시페닐알라닌(L-dihydroxyphenylalanine, L-도파)의 방사성의약품이다. ^{18}F -FDOPA는 2개의 D형과 L형 이성질체를 가지고 있으며, 이 중 L형 이성질체가 뇌의 혈액뇌장벽의 아미노산 수송체에 대한 낮은 친화력을 가지는 동시에 L형 이성질체의 순도는 PET 영상의 질에 영향을 미친다. 그러므로, L형 이성질체 형태만을 생산하는 것이 가장 이상적으로 여겨지고 있다. ^{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 카비도파(L-alpha-hydrazino-alpha-methyl-b-3,4-dihydroxyphenyl propionic acid, carbidopa)의 복용으로 말초 아미노산 탈카르복실화효소 활성의 억제되고 이로 인해 ^{18}F -FDOPA의 생체 이용률을 높여 병변 섭취 대 배경 비율은 향상되게 된다[10]. 하지만, 카비도파의 사용 여부는 선택사항이며, 2024.10 기준으로 국내에서는 카비도파 공급이 제한되어 있다.

ICRP 128에 따르면, ^{18}F -FDOPA 정맥 주사 후 성인에서의 유효선량은 0.025mSv/MBq이라고 보고하였다[11].

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

의사 또는 담당 방사선사는 안전하고 정확한 검사를 위해 환자에게 검사 전 주의사항 및 검사과정에 대하여 자세한 설명을 제공하고 환자를 준비시킨다[7].

^{18}F -FDOPA가 환자가 먹는 음식 내의 아미노산과의 상호작용을 피하기 위해서 물을 제외하고 적어도 4시간의 금식이 필요하다. ^{18}F -FDOPA 검사 전에 복용을 중단해야 할 약제가 알려진 것은 없으며, 또한 특별한 약제 간의 상호작용이 알려진 것이 없다[7]. 그러나, 영상 품질 개선을 위해 L-도파를 최소 12시간 복용을 중단할 수 있다[1].

임신이 확인되거나 의심되는 환자에게 ^{18}F -FDOPA brain PET/CT 검사를 시행할 경우에는 의학적 이득과 발생할 수 있는 위험을 비교하기 위한 임상 정보가 필요하다. ICRP 106에서 모유 수유 중인 임산부의 경우 ^{18}F -FDOPA brain PET/CT 검사 시행과 관련해서 모유 수유를 중단할 필요가 없다고 보고하였다[12].

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

환자에 대한 ^{18}F -FDOPA 검사 전에 다음과 같은 임상적 정보를 확인하는 것이 필요하다[1].

- 과거력 및 병력: 두부 외상, 뇌졸중, 정신 질환, 간질 또는 종양의 과거력 또는 현재 병력
- 신경학적 증상: 증상의 종료, 지속 기간 및 좌우측 편향 여부
- 현재 투약 약물: 현재 복용 중인 약물과 마지막 복용 시기

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

성인 뇌 영상에서 ^{18}F -FDOPA 정맥 주사의 권고 용량은 185-200 MBq이다[10]. 최신 PET/CT 또는 PET/MR 스캐너로 촬영하는 경우에는 이전 문헌에서 알려진 ^{18}F -FDOPA 주사 용량보다 더 적은 용량으로 투여할 수 있다.

안와이공선(orbitomeatal line)과 중앙시상면이 테이블과 직각을 이루는 양와위 자세로 환자의 머리 뒤쪽을 테이블과 맞닿게 한다. 소뇌를 포함한 뇌 전체가 시야에 포함되어야 하며, 움직임을 초래할 수 있는 목의 과도한 굴곡이나 신전을 피하고, 전용 머리 고정대와 몰드 등을 활용하여

환자의 머리 안전성을 확보하도록 한다[13].

먼저 감쇄 보정을 위한 저선량의 CT(PET/MRI의 경우는 MRI 기반 감쇄 보정 스캔) 스캔을 시행해야 하며, CT 영상을 얻을 때 가능하면 피폭저감화 프로그램 사용을 권장한다. ^{18}F -FDOPA brain PET/CT 영상은 주사 후 10-90분 후에 10-30분 동안 뇌 부위의 정적 영상을 얻을 수 있으며, 일반적으로 주사 후 60-90분 후 촬영이 선호된다[1, 13-15].

6-5. 영상 처리(Imaging procession)

획득한 PET 영상 데이터는 분산, 감쇠, 무작위 우연 일치(random coincidences) 및 샘플링 비균일성 (sampling non-uniformity)에 대한 보정과 함께 재구성을 수행한다. 2차원 및 3차원 데이터 획득 모드는 일반적으로 전통적인 여과 후 역투사법(filtered back projection) 대신 반복 재구성(Iterative Reconstruction) 알고리즘을 활용한다. 재구성 시스템이 time-of-flight algorithm을 지원하면 이미지 품질을 크게 향상시킬 수 있다. 정량적 분석을 수행하는 경우 이전에 정상 데이터베이스에 적용한 것과 일치하는 재구성 파라미터들로 표준화하는 것이 좋다. 재구성 시 미상핵(caudate nucleus)과 피각(putamen)의 작은 크기를 고려하여 매트릭스 크기와 줌 팩터를 설정해야 한다. 가능한 경우 재구성된 복셀 크기가 어떤 방향에서든 2.0-3.0 mm 이내가 되도록 매트릭스 크기와 줌 팩터를 충분히 크게 설정해야 한다[1, 16]. 최적의 매개변수는 각각의 PET/CT 시스템에 따라 다를 수 있으므로 제조업체의 권장 사항을 참조하는 것이 권장된다. 리스트 모드로 획득된 영상에서는 환자가 움직이는 동안 획득된 데이터를 제외함으로써 머리의 움직임 보정이 가능하다[1, 16]. 재구성 과정에서는 획득한 CT 데이터를 사용하여 감쇠가 보정된 PET 영상과 감쇠가 보정되지 않은 PET 영상을 모두 생성하는 것이 좋다.

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

7-1. 생리학적인 ^{18}F -FDOPA 분포

^{18}F -FDOPA는 간담도 또는 비뇨기 계통을 따라 생리적 배설이 되며, 기저핵, 간, 췌장, 부신에서 생리적인 섭취를 보이게 된다[7]. 정상 뇌조직에서는 선조체 이외에는 섭취가 매우 낮거나 없으며,

선조체에서의 정상적인 ^{18}F -FDOPA 섭취는 도파민 운반체 방사성의약품에 비해 나이에 의한 영향이 적은 것으로 알려져 있다. 정상인에서의 ^{18}F -FDOPA의 선조체 섭취는 균일하고 대칭적으로, 보통 피각의 섭취가 가장 높게 보인다[1, 16].

^{18}F -FDOPA 주사 전에 카비도파(150 mg 또는 2 mg/kg 최대 150 mg, 경구 투여) 또는 카테콜-O-메틸트랜스퍼라제(COMT) 억제제인 엔타카폰(200 mg, 경구 투여)을 60~90분 전에 투여함으로써 ^{18}F -FDOPA의 뇌로 가용성을 증가시키고 방광과 신장의 흡수선량을 줄일 수 있다[17-19].

7-2. 영상 판독(Image interpretation)

^{18}F -FDOPA 영상을 통한 파킨슨증의 평가에 있어 분석의 원칙은 기본적으로 도파민 운반체 영상과 유사하므로 해당 지침서를 함께 참고하는 것을 권장한다. 판독자는 횡단면(axial) 및 관상면(coronal) 방향의 평면 영상과 최대강도투사(maximum intensity projection, MIP) 영상을 종합적으로 평가한다. 영상은 알맞은 3D 정렬(alignment)과 대비도(contrast)가 설정된 상태에서, 흑백 척도(gray scale) 및 색상 척도(color scale)를 활용해서 분석되어야 한다. 이 때 판독자는 친숙한 하나의 색상 척도를 일관되게 선택하는 것이 좋다[8].

시각적(정성적) 해석에서는 선조체의 섭취 결손 정도와 양측 대칭성을 평가한다. 정상적인 선조체의 섭취는 균질적이고 좌우가 비교적 대칭적이며 최대 섭취 증가가 피각에서 관찰된다. 일반적으로 ^{18}F -FDOPA는 도파민신경세포 말단에 섭취되어 도파탈탄산효소의 활성을 반영하지만, 모노아민신경세포에 의해서도 일부 섭취가 일어날 수 있는데 이로 인한 선조체 외 섭취는 감지하기 어려울 정도로 낮은 정도이다. ^{18}F -FDOPA의 섭취는 도파민 운반체 영상에 비해 연령에 따른 영향이 적어 정상적인 노화에 의한 감소가 적다[1]. 비정상적인 선조체는 한쪽 또는 양쪽의 섭취 강도가 감소하는데 임상증상/신경학적 징후의 편측성(lateralization)이 있는 경우 반대측 선조체에서의 감소가 눈에 띄게 관찰된다.

뇌실질의 해부학적 병변(뇌경색, 종양 등)은 선조체의 섭취와 모양, 위치에 영향을 줄 수 있으므로 PET 영상뿐만 아니라 동반된 CT 영상도 함께 확인하여야 한다.

^{18}F -FDOPA의 반정량적 해석에는 striato-occipital ratio(SOR) 측정법 또는 time-activity curve를

통한 Ki상수 측정법 등이 가능하다[20, 21]. SOR 측정법은 후두엽(occipital lobe)의 활성도를 대조군으로 하여 선조체의 섭취를 평가하는 것이며 이 때 소뇌피질(cerebellar cortex) 또한 기준(reference)으로 활용할 수 있다.

다음은 각 질병들의 가능한 섭취 양상을 기술한 것이다.

- 1) 특발성 파킨슨병(Idiopathic Parkinson's disease, IPD): 일반적으로 신경학적 증상의 반대쪽 등쪽(dorsal) 피각에서부터 섭취가 감소하여 피각의 전면과 후면의 섭취가 차이가 나는 도파민 운반체 소실의 전후경사(rostr-caudal gradient) 소견을 보이고 질병이 진행되면서 비대칭성이 소실된다. 미상핵의 섭취는 비교적 보존되어 있는 것이 특징이다[20]. 다만, 질병의 초기에는 시냅스내 도파민 농도를 증가시키기 위한 도파민 합성의 보상성 상향조절로 인해 ^{18}F -FDOPA의 섭취 감소가 뚜렷하지 않아 예민도가 낮을 수 있다[22].
- 2) 비전형적 파킨슨증: 아직까지 질환별로 전형적인 소견이 정립되어 있지 않아 IPD에 비해 다양한 섭취 양상을 보일 수 있어 진단이 까다롭고 임상소견과의 연계가 필수적이다. 일부 연구에서는 선조체의 전반적인 섭취 감소 및 중뇌에서의 카테콜아민성 핵(청반)과 도파민성 핵(흑질)에 의한 섭취로 인해 "미키마우스" 모양이 나타날 수 있다고 보고하였다[23].
- 3) 피질 선조체 퇴행(Corticobasal Degeneration, CBD): 피각과 미상핵에서 비대칭적인 섭취 감소를 보일 수 있다고 알려져 있으나 임상소견과의 연계가 필수적이다[24].
- 4) 혈관성 파킨슨증(Vascular parkinsonism): CT나 MRI에서 선조체의 열공이 있는 부위에 대응되는 ^{18}F -FDOPA의 국소적 결손이 관찰된다.
- 5) 본태성 떨림(Essential tremor, ET)과 약물 유발성 파킨슨증(Drug-induced parkinsonism, DIP): 정상적인 선조체 섭취를 보인다[1].

7-3. 영상 보고(Reporting)

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

- 1) 기본 정보

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

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, 투여부위(주사부위)가 포함된다. 스캔의 촬영시간, 촬영범위를 명시해야 하고 기타 판독에 영향을 미칠 수 있는 정보(예. 움직임, CT관련 인공산물, 추적자의 혈관외유출 등)가 있으면 이를 명시한다. 움직임 보정과 같이 추가 처리가 필요한 상황이라면 이에 대한 설명이 필요하다. 구체적인 PET/CT 장비에 대한 정보는 선택적으로 기술할 수 있다.

4) 소견 기술

의뢰된 임상적 문제 및 파킨슨증의 감별진단에 도움이 될 수 있도록 소견이 보고되어야 한다. 배경과 비교하여 피각 및 미상핵의 섭취에 대한 시각적인 평가가 기술되어야 하는데 섭취가 감소된 부위, 섭취가 감소된 정도, 섭취의 특성(예, 비대칭)이 포함된다. 선조체 외 섭취가 특징적일 경우에도 기술이 필요하다. 동반된 CT 스캔을 평가하고 구조적인 비정상 소견(예, 뇌졸중, 뇌종양, 수두증)에 대한 기술이 이루어져야 한다. 비교 가능한 이전 PET/CT 영상이 있는 경우 이를 명시하고 변화 여부를 비교하여 판독한다. 병변/소뇌의 섭취 비율(SUV_{max} of lesion/ SUV_{max} of cerebellum)과 같은 반정량적 지표(specific to non-specific binding ratio, SNBR)를 활용하여 보고할 수도 있다.

5) 결론

결론에는 선조체 섭취에 대한 정상 또는 비정상 스캔 여부를 명시해야 한다. 섭취 결손이 있는 경우 가능성 있는 파킨슨증의 감별 진단들을 제시할 수 있다. 이 때 최종 진단은 임상과의 영역이므로 한가지 진단을 단정적으로 제시하는 것은 피하는 것이 좋다[26]. 정상 스캔은 본태성

떨림, 약물 유발성 파킨슨증, 심인성 파킨슨증 또는 건강상태를 시사한다[1]. CT 스캔에서 임상징후와 연관된 이상 소견이 발견되었다면 함께 제시한다. 필요한 경우, 후속 PET/CT 촬영 또는 추가적인 다른 진단 검사를 권고할 수 있다.

VIII. 영상장비의 제원(Equipment specifications)

PET 방출 데이터의 감쇠 및 산란 보정에 사용할 수 있는 저선량 CT가 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[13].

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 따르며 유지보수에는 장비 뿐만 아니라 소프트웨어의 품질관리도 포함한다[27].

9-2. 감염관리(Infection control)

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[28].

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 환경소독제를 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 환자가 검사에 대한 두려움과 궁금증을 해소하고 검사에 잘 협조할 수 있도록 한다[13, 29].

- 이 검사는 ^{18}F -FDOPA brain PET/CT 검사로 파킨슨증의 감별진단을 위해 시행된다.
- 검사 전 최소 4시간 이상의 금식이 필요하다.
- 방사성의약품을 정맥주사 하게 되며, 주사 후 약품이 몸에 잘 퍼지도록 최소 10분 이상 최대 90분까지 안정 상태로 대기한다.
- 검사 직전 소변을 본 뒤 검사를 진행한다.
- 검사 소요 시간은 15~20분 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 않다.
- 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 2025년 2월 5일에 승인되었다.

참고문헌(References)

1. Morbelli S, Esposito G, Arbizu J, Barthel H, Boellaard R, Bohnen NI, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for dopaminergic imaging in Parkinsonian syndromes 1.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47:1885-912.
2. Loane C, Politis M. Positron emission tomography neuroimaging in Parkinson's disease. Am J Transl Res. 2011;3:323-41.
3. 파킨슨병 의심 환자에서 ^{18}F FP-CIT PET/CT의 임상적 유용성 평가 및 기존진단법과의 비교 효과연구. NECA(한국보건의료연구원); 2015.
4. Booij J, Knol RJ. SPECT imaging of the dopaminergic system in (premotor) Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord. 2007;13 Suppl 3:S425-8.
5. Kaasinen V, Vahlberg T. Striatal dopamine in Parkinson disease: A meta-analysis of imaging studies. Ann Neurol. 2017;82:873-82.
6. 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.
7. 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.
8. Djang DS, Janssen MJ, Bohnen N, Booij J, Henderson TA, Herholz K, et al. SNM practice guideline for dopamine transporter imaging with ^{123}I -ioflupane SPECT 1.0. *J Nucl Med*. 2012;53:154-63.
 9. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0. In., 2014.
 10. Minn H, Kauhanen S, Seppänen M, Nuutila P. ^{18}F -FDOPA: a multiple-target molecule. *J Nucl Med*. 2009;50:1915-8.
 11. Mattsson S, Johansson L, Leide Svegborn S, Liniecki J, Noßke D, Riklund KÅ, et al. ICRP Publication 128: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. *Annals of the ICRP*. 2015;44:7-321.
 12. Koopmans K, Ziekenhuis M, Eshuis GS. ^{18}F DOPA PET/CT in Neuroendocrine Tumours and in Presynaptic Dopaminergic Deficits.
 13. 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.
 14. Chen W, Silverman DH, Delaloye S, Czernin J, Kamdar N, Pope W, et al. ^{18}F -FDOPA PET imaging of brain tumors: comparison study with ^{18}F -FDG PET and evaluation of diagnostic accuracy. *J Nucl Med*. 2006;47:904-11.
 15. 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.
 16. Morbelli S, Esposito G, Arbizu J, Barthel H, Boellaard R, Bohnen NI, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for dopaminergic imaging in Parkinsonian syndromes

- 1.0. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2020;47:1885-912.
17. Brown WD, Oakes TR, DeJesus OT, Taylor MD, Roberts AD, Nickles RJ, et al. Fluorine-18-fluoro-L-DOPA dosimetry with carbidopa pretreatment. *J Nucl Med*. 1998;39:1884-91.
18. Cumming P, Ase A, Diksic M, Harrison J, Jolly D, Kuwabara H, et al. Metabolism and blood-brain clearance of L-3,4-dihydroxy-³H-phenylalanine (³H-DOPA) and 6-¹⁸F-fluoro-L-DOPA in the rat. *Biochem Pharmacol*. 1995;50:943-6.
19. Sawle GV, Burn DJ, Morrish PK, Lammertsma AA, Snow BJ, Luthra S, et al. The effect of entacapone (OR-611) on brain [¹⁸F]-6-L-fluorodopa metabolism: implications for levodopa therapy of Parkinson's disease. *Neurology*. 1994;44:1292-7.
20. Takikawa S, Dhawan V, Chaly T, Robeson W, Dahl R, Zanzi I, et al. Input functions for 6-¹⁸F-fluorodopa quantitation in parkinsonism: comparative studies and clinical correlations. *J Nucl Med*. 1994;35:955-63.
21. Patlak CS, Blasberg RG, Fenstermacher JD. Graphical evaluation of blood-to-brain transfer constants from multiple-time uptake data. *J Cereb Blood Flow Metab*. 1983;3:1-7.
22. Lee CS, Samii A, Sossi V, Ruth TJ, Schulzer M, Holden JE, et al. In vivo positron emission tomographic evidence for compensatory changes in presynaptic dopaminergic nerve terminals in Parkinson's disease. *Ann Neurol*. 2000;47:493-503.
23. Pavese N, Rivero-Bosch M, Lewis SJ, Whone AL, Brooks DJ. Progression of monoaminergic dysfunction in Parkinson's disease: a longitudinal ¹⁸F-dopa PET study. *Neuroimage*. 2011;56:1463-8.
24. El Quartassi A, Giordana C, Schiazza A, Chardin D, Darcourt J. [¹⁸F]-FDopa positron emission tomography imaging in corticobasal syndrome. *Brain Imaging Behav*. 2023;17:619-27.
25. Pagano G, Niccolini F, Politis M. Current status of PET imaging in Huntington's disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2016;43:1171-82.
26. Fasano A, Gnanakumar R, Rigby H, Ross A, Soucy J-P, Tamm A. CANM GUIDELINES FOR

IMAGING OF THE DOPAMINE TRANSPORT SYSTEM IN EVALUATION OF MOVEMENT DISORDERS. 2020

27. 대한핵의학회. PET 및 PET-CT 정도관리 수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서. In., 2020.
28. 대한의료관련감염관리학회. (의료기관의) 감염관리. 제5판. ed. 서울: 서울 : 한미의학; 2017.
29. Chondrogiannis S, Marzola MC, Al-Nahhas A, Venkatanarayana TD, Mazza A, Opocher G, et al. Normal biodistribution pattern and physiologic variants of ^{18}F -DOPA PET imaging. Nucl Med Commun. 2013;34:1141-9.

