



¹⁸F-FP-CIT Brain PET/CT: 대한핵의학회 절차 지침

권혜령¹, 문승환², 성창환³, 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 ¹⁸F-radiolabeled N-(3-fluoropropyl)-2β-carboxymethoxy-3β-(4-iodophenyl)

nortropane(FP-CIT) 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 아우르는 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 이에 속한다[1, 2].

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 추적 임상진단이 필요하다[3]. 신경과 전문의라도 임상진단의 오진율은 20% 내외로 보고되고 있는데, 다양한 조건에서 도파민 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]. 도파민신경계 영상용 방사성의약품에는 다양한 종류가 있고, 그 중 ^{18}F -FP-CIT brain PET/CT는 도파민운반체 영상으로, 도파민 신경에 있는 도파민운반체(dopamine transporter) 밀도를 측정하여 파킨슨병이나 기타 파킨슨 증후군 등을 진단하고 파킨슨병의 진행 상태를 객관적으로 평가하는 기술이다[1-5].

이 지침은 파킨슨병에서 ^{18}F -FP-CIT brain PET/CT 검사에 대한 유럽/미국핵의학회 가이드라인 및

현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다[1]. 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 -FP-CIT 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. PET과 CT의 융합 영상을 얻음으로써 PET 영상만으로는 알기 어려웠던 정확한 병소의 위치나 형태 정보를 진단에 이용할 수 있다.
3. ^{18}F -radiolabeled N-(3-fluoropropyl)-2 β -carboxymethoxy-3 β -(4-iodophenyl) nortropine(FP-CIT): 도파민운반체 영상용 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[6].

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

6-1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

^{18}F -FP-CIT는 코카인 유도체로서 도파민 운반체에 특이적으로 결합하여 파킨슨증을 가진 환자에서 도파민 신경세포의 손상 여부 판단을 위해 사용되는 방사성의약품이다. 2008년에 국내 식약처에 승인을 받은 이후로 활발히 이용되고 있으며 약 110분의 반감기를 가진다[7].

^{18}F -FP-CIT에 의한 성인의 뇌에서 흡수선량은 8.11×10^{-3} mGy/MBq이고 유효선량은 1.20×10^{-2} mSv/MBq로, 도파민 운반체 영상을 위해 일반적으로 사용되는 단일광자단층촬영(SPECT) 용 방사성의약품인 ^{123}I -FP-CIT의 0.23 mGy/MBq, 0.024 mSv/MBq 보다 낮다[8, 9]. 방광(0.0586 ± 0.0164 mGy/MBq) 또는 기저핵($0.029 \sim 0.069$ mGy/MBq)이 결정 장기로서 인간에서는 허용 가능한 범위 내에 있다[8, 10].

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

^{18}F -FDG와 달리 금식이나 혈당 수치 조절은 필요하지 않다. 다만, 선조체의 도파민 운반체 결합에 영향을 미칠 수 있는 여러 약물 투약력의 조사가 필요하고 가능하다면 의심되는 약물의 중단을 권고한다. 대표적으로 암페타민(amphetamine), 코카인(cocaine), 메틸페니데이트(methylphenidate)와 같은 중추신경계 자극제는 도파민 운반체에 대한 강한 결합력을 나타내어 ^{18}F -FP-CIT의 도파민 운반체 결합을 감소시킨다. 모다피닐(modafinil), 칸나비디올(cannabidiol), 에페드린(ephedrine), 펜터민(phentermine), 항우울제(부프로피온(bupropion), 라다팍신(radafaxine)}, 마취제(케타민(ketamine),

펜시클리딘(phencyclidine) 및 이소플루란(isoflurane), 아편유사제{펜타닐(fentanyl)}, 항콜린제(벤자트로핀(benzotropine)), 선택적 세로토닌 재흡수 억제제{설트랄린(sertraline)}, 만성 리튬 치료도 ^{18}F -FP-CIT의 도파민 운반체 결합에 영향을 미칠 수 있으나 앞선 약물들에 비해 낮은 수준으로 알려져 있다. 메토클로프라미드(metoclopramide), 레보설피리드(levosulpiride), 클레보프리드(clebopride)와 같이 위장 운동에 영향을 미치는 약물도 ^{18}F -FP-CIT의 도파민 운반체 결합에 영향을 미칠 수 있으며 약물 유발 파킨슨증의 흔한 원인이다[11-13]. 이러한 약물들은 적어도 5번의 반감기에 해당하는 기간 동안 중단하는 것이 ^{18}F -FP-CIT 검사를 위한 준비로서 권고된다[1]. 항파킨슨병 약물(L-도파, 도파민 길항제, NMDA 수용체 차단제, 모노아민 산화효소 B 억제제, COMT 억제제)은 표준 용량에서 도파민 운반체 결합에 실질적으로 영향을 미치지 않으므로 중단이 필요하지 않다[14, 15]. 가임기 여성의 경우 임신 및 수유 가능성을 확인할 필요가 있으며, 임신 또는 수유 중인 여성에게 검사를 시행하는 것은 절대적 금기는 아니지만 핵의학과 전문의와의 상의가 필요하다[9].

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

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

- 환자의 체중과 신장
- 뇌졸중을 포함한 뇌질환의 과거력
- 뇌 MRI, SPECT, PET 등의 이전 검사 유무
- 증상 발생 시기, 증상의 편측성
- 선조체의 도파민 운반체 섭취에 영향을 줄 수 있는 약물 복용력(6-2. 환자의 준비 및 주의사항 참조)
- 임신 및 수유 여부 또는 임신 가능성

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

1) ¹⁸F-FP-CIT 투여

성인에서는 5 mCi (185 MBq)의 ¹⁸F-FP-CIT를 생리식염수와 희석하여 정맥 주사하며, 소아에서의 임상적 이용과 용량은 아직 확립된 바가 없다[1]. ¹⁸F-FP-CIT 주입 완료 후 약 10 mL의 생리식염수를 주입한다.

2) 영상획득

¹⁸F-FP-CIT 주사 3시간 후에 지연영상을 얻는 것이 권고된다[16]. 현재 여러 핵의학 센터에서 환자의 편의를 위해 주사 후 90~120분에 영상을 획득하고 있고, 90분 지연 이미지에서 분석된 선조체의 특이적/비특이적 결합 비율은 동적 분석을 통해 얻은 결합 능력만큼 정상 피험자와 파킨슨병 환자를 잘 구별하는 것으로 보고되었다[17]. 그러나 90분 이내에 유사 평형 상태(pseudo-equilibrium state)에 도달하는 것은 모든 환자에게 적용되지 않을 수 있고, 90분 영상은 3시간 영상보다 환자의 여러 혈액학적 요인에 더 영향을 잘 받는다. 따라서 가능하다면 특이적/비특이적 결합 비율을 보다 일관되게 평가하기 위해 방사성의약품의 주입 후 2~3시간에 지연 영상을 얻는 것이 권고된다[7].

조기영상의 경우에는, 선조체의 특이적인 도파민 운반체 결합이 10분 이후부터 지배적이라는 점을 고려하면, 각 센터의 PET 시스템 환경에 맞춰 처음 10분 이내에 조기 영상을 획득하는 것이 권고된다[18, 19].

안와이공선(orbitomeatal line)과 중앙시상면이 테이블과 직각을 이루는 앙와위 자세로 환자의 머리 뒤쪽을 테이블과 맞닿게 한다. 머리 받침대를 사용하여 환자의 머리가 갠트리를 향하게 한다. 먼저 감쇠보정을 위한 CT 스캔을 실시한 후 PET 영상을 촬영한다. 최근에 많이 이용되고 있는 디지털 PET/CT 시스템에서는 5~7분의 PET 영상 획득으로 충분하며, 기존 PET/CT 시스템의 경우 최적의 영상 품질을 보장하기 위해 영상 획득 시간을 10분으로 늘리는 것이 권고된다[20]. 추가적으로 조기영상획득을 위해서는 스캔 절차 전에 정맥 주사 라인을 확보해야 한다. 감쇠 보정을 위해 CT 영상을 획득한 후 방사성추적자를 천천히 주입하며 리스트 모드로 PET 영상을 획득한다.

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 대신 반복 재구성 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. 최적의 매개변수는 각각의 PET/CT 시스템에 따라 다를 수 있으므로 제조업체의 권장 사항을 참조하는 것이 권장된다. 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 -FP-CIT 분포

^{18}F -FP-CIT는 도파민 신경계를 추적하는 방사성리간드로서 시냅스 전(presynaptic) 도파민 운반체(dopamine transporter, DAT)의 보존 정도를 보여준다.

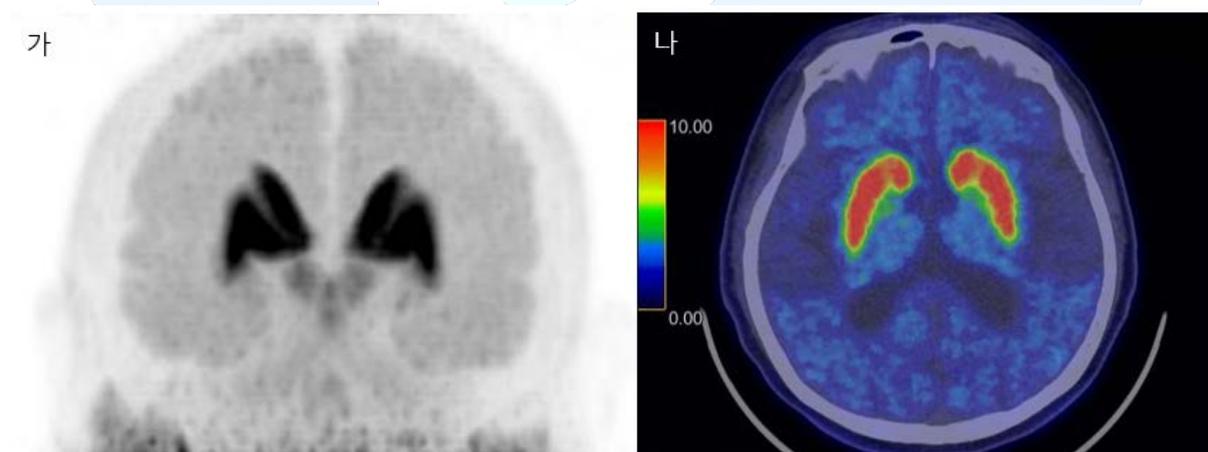


그림 1. 도파민 운반체 밀도의 정상 소견(가. 최대투사강도 영상, 나. 횡단면상).

일반적으로 90분 이상의 지연 영상에서 미상핵(caudate nucleus)과 피각(putamen)을 포함하는 선조체(striatum)에 명확하고 균질한 양상의 섭취가 관찰되는 것이 정상적인 소견이다(그림 1)[21, 22].

침샘(주로 이하선)에도 섭취 증가를 보일 수 있는데 관련 연구가 있으나 임상적 의의는 아직 확립되지 않았다[23].

7-2. 영상 판독(Image interpretation)

¹⁸F-FP-CIT는 정맥주사 후 높은 추출 분율을 통해 뇌에 빠른 추적자 흡수를 보여주기 때문에 주사 후 10분 이내의 조기 영상은 마치 당대사 영상과 비슷한 혈류 영상을 나타내게 된다[24]. 따라서 몇몇 연구에서 조기 영상이 파킨슨병과 다른 피킨슨증후군 간의 감별진단에 활용될 수 있다고 보고하였다[25].

횡단면(axial) 및 관상면(coronal) 방향의 평면 영상과 최대강도투사(maximum intensity projection, MIP) 영상을 종합적으로 평가한다. 영상은 알맞은 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[26].

시각적(정성적) 해석에서는 선조체의 모양, 범위, 대칭성 및 섭취 강도를 정상 및 비정상으로 구별한다. 축상 영상에서 정상적인 선조체는 초승달 또는 쉘모양으로 좌우가 비교적 대칭적이며 경계가 명확하게 묘사되어야 한다. 선조체의 섭취 정도는 배경과 비교하여야 하는데, 미상핵의 머리와 피각은 모든 색상 척도와 모든 연령에서 배경과 확실히 대비되어야 한다. 미상핵과 피각 모두에서 정상적인 노화에 따라 섭취가 일부 감소할 수 있는데(10년에 5%~7% 정도 감소), 이러한 감소는 질병으로 인한 감소에 비해 경미하며 고령의 환자에서 확대해석하지 않도록 주의해야 한다[27]. 비정상적인 선조체는 한쪽 또는 양쪽의 섭취 강도가 감소하는데 임상증상/신경학적 징후의 편측성(lateralization)이 있는 경우 반대측 피각에서의 감소가 눈에 띄게 관찰된다. 일반적으로 전형적 파킨슨병의 경우 피각의 섭취가 미상핵에 비해 질병의 영향을 더 많이 받는다.

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

도파민 신경계 영상의 경우 약물에 많은 영향을 받을 수 있는데 중추신경자극제(central nervous system stimulants), 항우울제(antidepressants), 신경이완제(neuroleptics), 항콜린제(anticholinergics), 마약진통제(opioids), 마취제(anesthetics) 등은 ^{18}F -FP-CIT와 도파민 운반체의 정상적 결합을 방해하고 섭취를 감소시킬 수 있어 해당 약물의 복용력을 촬영 전 반드시 확인해야 하며 충분한 기간동안 중단할 수 있어야 한다[11, 28]. 중추신경자극제는 이들 중 가장 큰 영향을 끼치는 약물로 코카인, 암페타민, 모다피닐 등의 약물이 이에 속한다.

일반적으로 임상적 해석에는 시각적 평가만으로 충분하지만, 소견이 명확하지 않을 경우 반정량적 해석을 보조적으로 사용할 수 있으며 엄격히 수행할 시 진단 정확도를 높일 수 있다. 미상핵과 피각에 적절한 영역을 설정한 뒤 표준화섭취계수(standardized uptake value, SUV) 또는 결합잠재력(binding potential)으로 표현할 수 있으며, 결합잠재력의 경우 선조체 섭취율(striatal binding ratio)을 산출하여 평가할 수 있다. 선조체 섭취율의 산출 방법은 아래와 같다.

• Striatal binding ratio(SBR) = (mean counts of the striatal VOI) - (mean counts of background VOI) / (mean counts of the background VOI)

이 때 background activity로는 후두엽 또는 소뇌를 참고로 사용할 수 있다[29-31].

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 rostrocaudal gradient 소견을 보인다. 질병이 진행됨에 따라 섭취 감소는 앞쪽 피각과 양쪽 피각으로 진행된다. 미상핵과 배쪽(ventral) 피각의 섭취는 비교적 보존되어 있다[22].

2) 다계통 위축증-파킨슨 유형(Multiple system atrophy-Parkinsonian type, MSA-P): 비전형적 파킨슨증의 경우 아직까지 질환별로 전형적인 소견이 정립되어 있지 않아 IPD에 비해 다양한 섭취 양상을 보일 수 있어 진단이 까다롭고 임상소견과의 연계가 필수적이다. 일부 연구에서는 지연 영상에서 등쪽(dorsal)과 배쪽(ventral) 피각의 섭취가 감소된 소견을 보일 수 있고, 이 때

주사 직후 초기 관류영상을 함께 평가하는 것이 도움이 될 수 있다고 보고하였다[22].

3) 진행성 핵상 마비(Progressive supranuclear palsy, PSP): 비전형적 파킨슨 증후군으로서 전형적인 소견은 아직까지 정립되어 있지 않으며 임상소견과의 연계가 필수적이다. 일부 연구에서는 지연 영상에서 미상핵과 피각의 섭취 감소 및 배쪽(ventral) 선조체의 섭취 유지 소견을 보일 수 있고, 이 때 주사 직후 초기 관류영상을 참고하는 것이 도움이 될 수 있다고 보고하였다[22, 26].

4) 루이소체 치매(Dementia with Lewy bodies, DLB): 일부 연구에서 특발성 파킨슨병과 비슷한 양상의 섭취 감소를 보일 수 있다고 알려져 있으나 확립되지는 않았다[32].

5) 혈관성 파킨슨증(Vascular parkinsonism): CT에서 경색이 있는 부위에 일치하는 구멍이 뚫린 듯한(punched-out) 결손을 보이며 이는 전형적인 파킨슨병에 의한 섭취 감소와는 다른 양상이다. 경색 부위와 직접적인 관련이 없는 선조체 구조의 다른 부위는 정상적이거나 약간 감소된 섭취를 보인다[33].

6) 본태성 떨림(Essential tremor, ET)과 약물 유발성 파킨슨증(Drug-induced parkinsonism, DIP): 정상적인 도파민 운반체 섭취를 보인다[34].

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. 도파민 운반체 결합에 영향을 주는 약물이나 진정제를 사용하였다면 약물의 종류, 투여량, 투여 시간 등에 대하여 기록한다. 스캔의 촬영시간, 촬영범위를 명시해야 하고 기타 판독에 영향을 미칠 수 있는 정보(예. 움직임, CT관련 인공산물 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 선조체 섭취에 대한 시각적인 평가가 기술되어야 하는데 섭취가 감소된 부위, 섭취가 감소된 정도, 섭취의 특성(예, 비대칭)이 포함된다. 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.

5) 결론

결론에는 도파민 운반체의 결핍 유무를 명시해야 한다(정상 또는 비정상 스캔). 결핍이 있는 경우 가능성 있는 파킨슨증의 감별 진단들을 제시할 수 있다. 이 때 최종 진단은 임상과의 영역이므로 한가지 진단을 단정적으로 제시하는 것은 피하는 것이 좋다[28]. 정상 스캔은 본태성 떨림, 약물 유발성 파킨슨증, 심인성 파킨슨증, 알츠하이머병 또는 건강상태를 시사한다[26]. 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[35].

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 영상 장비의 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 따르며 유지보수에는 장비 뿐만 아니라 소프트웨어의 품질관리도 포함한다[36].

각 기관에는 방사성의약품의 준비 및 투여, 기타 의약품의 투여, 환자 준비, 스캐너 설정, 데이터 처리, 방사선 안전 및 비상 절차에 대한 절차 매뉴얼이 구비되어 있어야 한다. 모든 품질관리 절차나 서비스에 대한 기록은 적절한 파일로 보관되어야 하며 문제 발생시 책임자 또는 감독자에게 보고되어야 한다.

방사능 안전관리에 대해서는 합리적으로 달성 가능한 낮은 수준(ALARA) 원칙을 준수하면서 환자의 키, 체중, 체질량 지수를 고려한 적절한 용량의 방사성의약품을 사용한다. 특히 소아 환자나 수유 환자에서는 피폭 방사선량이 최소화되도록 주의가 필요하다. 방사선 작업에 종사하는 의료진은 피폭과 오염을 최소화하도록 방사성의약품의 준비, 사용, 폐기에 있어 원자력 관계 법령에 명시된 안전 수칙을 준수한다[37].

9-2. 감염관리(Infection control)

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[38].

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[35, 39].

- 이 검사는 ^{18}F -FP-CIT PET/CT 검사로 파킨슨증의 감별진단을 위해 시행된다.
- 검사 전 특별한 전처치는 필요하지 않다.
- 복용하고 있는 약물이 있다면 검사 전 의료진에게 고지한다.
- 방사성의약품은 정맥주사로 투여되며, 주사 후 약품이 선조체의 도파민 운반체에 잘 결합하도록 최소 90분 이상 최대 3시간까지 안정상태로 대기한다. 조기 영상을 계획하는 경우 정맥주사 후 10분 이내에 영상을 우선 획득할 수 있다.
- 검사 소요 시간은 5분~15분 정도이며, 검사 과정 중 통증이 동반되지는 않는다.
- 검사가 끝난 후 영상이 잘 획득되었는지 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(한국보건 의료연구원); 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. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0. In., 2014.
7. Sung C, Oh SJ, Kim JS. Imaging Procedure and Clinical Studies of [^{18}F] FP-CIT PET. Nuclear

- Medicine and Molecular Imaging. 2024;1-18.
8. Robeson W, Dhawan V, Belakhlef A, Ma Y, Pillai V, Chaly T, et al. Dosimetry of the dopamine transporter radioligand ^{18}F -FPCIT in human subjects. *Journal of Nuclear Medicine*. 2003;44:961-6.
 9. Booij J, Busemann Sokole E, Stabin MG, Janssen AG, de Bruin K, van Royen EA. Human biodistribution and dosimetry of [^{123}I] FP-CIT: a potent radioligand for imaging of dopamine transporters. *European journal of nuclear medicine*. 1998;25:24-30.
 10. Robeson W, Dhawan V, Ma Y, Bjelke D, Margouleff C, Chaly T, et al. Radiation Absorbed Dose to the Basal Ganglia from Dopamine Transporter Radioligand ^{18}F -FPCIT. *BioMed Research International*. 2014;2014:498072.
 11. Booij J, Kemp P. Dopamine transporter imaging with [^{123}I]FP-CIT SPECT: potential effects of drugs. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2008;35:424-38.
 12. Shin H-W, Chung SJ. Drug-induced parkinsonism. *Journal of clinical neurology*. 2012;8:15-21.
 13. Joe J. Levosulpiride-induced neurological adverse effects: A prospective study from a tertiary care center. *Annals of Indian Academy of Neurology*. 2020;23:174-6.
 14. Schillaci O, Pierantozzi M, Filippi L, Manni C, Brusa L, Danieli R, et al. The effect of levodopa therapy on dopamine transporter SPECT imaging with ^{123}I -FP-CIT in patients with Parkinson's disease. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2005;32:1452-6.
 15. Booij J, de Jong J, de Bruin K, Knol R, de Win MM, van Eck-Smit BL. Quantification of striatal dopamine transporters with ^{123}I -FP-CIT SPECT is influenced by the selective serotonin reuptake inhibitor paroxetine: a double-blind, placebo-controlled, crossover study in healthy control subjects. *Journal of Nuclear Medicine*. 2007;48:359-66.
 16. Booij J, Hemelaar JT, Speelman JD, de Bruin K, Janssen AG, van Royen EA. One-day protocol for imaging of the nigrostriatal dopaminergic pathway in Parkinson's disease by [^{123}I] FPCIT

- SPECT. *Journal of Nuclear Medicine*. 1999;40:753-61.
17. Oh JK, Yoo ID, Seo YY, Chung YA, Yoo IR, Kim SH, et al. Clinical significance of F-18 FP-CIT dual time point pet imaging in idiopathic Parkinson's disease. *Nuclear medicine and molecular imaging*. 2011;45:255-60.
 18. Kazumata K, Dhawan V, Chaly T, Antonini A, Margouleff C, Belakhlef A, et al. Dopamine transporter imaging with fluorine-18-FPCIT and PET. *Journal of Nuclear Medicine*. 1998;39:1521-30.
 19. Jin S, Oh M, Oh SJ, Oh JS, Lee SJ, Chung SJ, et al. Additional value of early-phase ¹⁸F-FP-CIT PET image for differential diagnosis of atypical parkinsonism. *Clinical nuclear medicine*. 2017;42:e80-e7.
 20. Alberts I, Sachpekidis C, Prenosil G, Viscione M, Bohn KP, Mingels C, et al. Digital PET/CT allows for shorter acquisition protocols or reduced radiopharmaceutical dose in [¹⁸F]-FDG PET/CT. *Annals of nuclear medicine*. 2021;35:485-92.
 21. Booij J, Habraken JB, Bergmans P, Tissingh G, Winogrodzka A, Wolters EC, et al. Imaging of dopamine transporters with iodine-123-FP-CIT SPECT in healthy controls and patients with Parkinson's disease. *J Nucl Med*. 1998;39:1879-84.
 22. Oh M, Kim JS, Kim JY, Shin KH, Park SH, Kim HO, et al. Subregional patterns of preferential striatal dopamine transporter loss differ in Parkinson disease, progressive supranuclear palsy, and multiple-system atrophy. *J Nucl Med*. 2012;53:399-406.
 23. Kang SY, Yun JY, Kang YK, Moon BS, Yoon HJ, Yoo MY, et al. Salivary Gland Uptake on ¹⁸F-FP-CIT PET as a New Biomarker in Patients With Parkinsonism. *Korean J Radiol*. 2023;24:690-7.
 24. Hong CM, Ryu HS, Ahn BC. Early perfusion and dopamine transporter imaging using ¹⁸F-FP-CIT PET/CT in patients with parkinsonism. *Am J Nucl Med Mol Imaging*. 2018;8:360-72.
 25. Jin S, Oh M, Oh SJ, Oh JS, Lee SJ, Chung SJ, et al. Differential Diagnosis of Parkinsonism

- Using Dual-Phase F-18 FP-CIT PET Imaging. Nucl Med Mol Imaging. 2013;47:44-51.
26. Djang DS, Janssen MJ, Bohnen N, Booij J, Henderson TA, Herholz K, et al. SNM practice guideline for dopamine transporter imaging with ¹²³I-ioflupane SPECT 1.0. J Nucl Med. 2012;53:154-63.
27. Lavalaye J, Booij J, Reneman L, Habraken JB, van Royen EA. Effect of age and gender on dopamine transporter imaging with [¹²³I]FP-CIT SPET in healthy volunteers. Eur J Nucl Med. 2000;27:867-9.
28. 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
29. Oh M, Oh SJ, Lee SJ, Oh JS, Chung SJ, Kim JS. Diagnostic accuracy of ¹⁸F-FP-CIT PET for clinically uncertain Parkinsonian syndrome. Scientific Reports. 2023;13:15069.
30. Oliveira FPM, Walker Z, Walker RWH, Attems J, Castanheira JC, Silva Â, et al. ¹²³I-FP-CIT SPECT in dementia with Lewy bodies, Parkinson's disease and Alzheimer's disease: a new quantitative analysis of autopsy confirmed cases. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2021
31. Darcourt J, Booij J, Tatsch K, Varrone A, Vander Borght T, Kapucu OL, et al. EANM procedure guidelines for brain neurotransmission SPECT using ¹²³I-labelled dopamine transporter ligands, version 2. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2010;37:443-50.
32. McKeith I, O'Brien J, Walker Z, Tatsch K, Booij J, Darcourt J, et al. Sensitivity and specificity of dopamine transporter imaging with ¹²³I-FP-CIT SPECT in dementia with Lewy bodies: a phase III, multicentre study. Lancet Neurol. 2007;6:305-13.
33. Lorberboym M, Djaldetti R, Melamed E, Sadeh M, Lampl Y. ¹²³I-FP-CIT SPECT imaging of dopamine transporters in patients with cerebrovascular disease and clinical diagnosis of vascular parkinsonism. J Nucl Med. 2004;45:1688-93.
34. Lorberboym M, Treves TA, Melamed E, Lampl Y, Hellmann M, Djaldetti R. [¹²³I]-FP/CIT SPECT

imaging for distinguishing drug-induced parkinsonism from Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2006;21:510-4.

35. 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 [¹⁸F]FDG: version 1.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019;46:540-57.
36. 대한핵의학회. PET 및 PET-CT 정도관리 수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서. In., 2020.
37. Imaging SoNMAM. SNM Procedure Guideline for General Imaging V6.0. In., 2010.
38. 대한의료관련감염관리학회. (의료기관의) 감염관리. 제5판. ed. 서울: 서울 : 한미의학; 2017.
39. Chondrogiannis S, Marzola MC, Al-Nahhas A, Venkatanarayana TD, Mazza A, Opocher G, et al. Normal biodistribution pattern and physiologic variants of ¹⁸F-DOPA PET imaging. *Nucl Med Commun.* 2013;34:1141-9.