

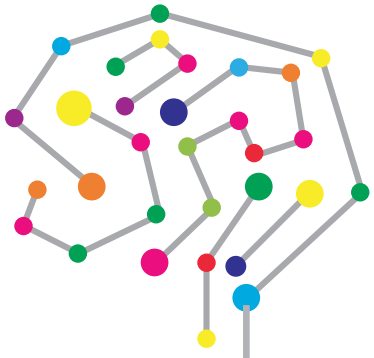
퇴행성 뇌질환에서 근거기반 핵의학 영상기술 진료지침

Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging in Neurodegenerative Diseases

대한핵의학회
The Korean Society of Nuclear Medicine

PACEN
환자중심 의료기술 최적화 연구사업단

환자중심 의료기술 최적화 연구사업단(PACEN) 연구비 지원





퇴행성 뇌질환에서 근거기반 핵의학 영상기술 진료지침

Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging in Neurodegenerative Diseases

Contents

I. 지침 개발 과정 3

1. 진료지침 개발 배경 4
2. 지침의 목적과 대상 4
3. 지침 개발 방법 5
4. 지침개발그룹 및 운영 8
5. 외부검토위원회 10
6. 관련학회 공식 지지선언(Endorsement) 10
7. 지침의 사용안내 10

II. 핵심질문별 권고문 요약 11

III. 핵심질문별 권고문 해설 13

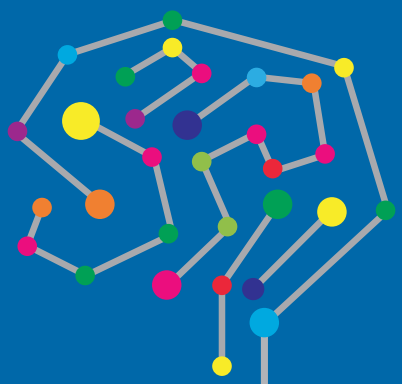
1. 핵심질문 KQ-1. [^{18}F]FDG PET 정량 분석 14
2. 핵심질문 KQ-2. Amyloid PET 정량 분석 40
3. 핵심질문 KQ-3. Amyloid PET 조기 영상 61

IV. 부록 86

1. 의료진 대상 설문조사양식과 설문결과 87
2. 환자 설명자료 102

대한핵의학회 The Korean Society of Nuclear Medicine

PACEN 환자중심 의료기술 최적화 연구사업단





퇴행성 뇌질환에서 근거기반 핵의학 영상기술 진료지침

Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging in Neurodegenerative Diseases

I. 지침 개발 과정

1. 진료지침 개발 배경
2. 지침의 목적과 대상
3. 지침 개발 방법
4. 지침개발그룹 및 운영
5. 외부검토위원회
6. 관련학회 공식 지지선언(Endorsement)
7. 지침의 사용안내

I. 지침 개발 과정



1. 진료지침 개발 배경

초고령화 사회로의 급속한 진입에 따라 알츠하이머병을 비롯한 퇴행성 뇌질환의 유병률이 빠르게 증가하고 있다. 이러한 배경에서 뇌 양전자방출단층촬영(Positron emission tomography, PET)은 퇴행성 뇌질환의 조기 진단과 감별진단에 핵심적인 역할을 수행한다. 포도당대사([^{18}F]fluorodeoxyglucose, FDG) PET은 신경퇴행의 정도와 분포를 반영하는 대표적 생물학적 표지자 영상이며, 아밀로이드(Amyloid) PET은 알츠하이머병의 병리학적 핵심 표지자인 아밀로이드 침착을 직접 확인할 수 있는 검사이다. 그러나 현재 임상 현장에서는 이들 영상의 판독이 대부분 판독자의 시각적 정성 분석에 의존하고 있어, 판독자의 숙련도와 경험에 따라 판독 결과의 일관성과 재현성에 한계가 존재한다. 정량 분석 소프트웨어의 보급과 함께 z-점수 지도, 표준섭취계수비(Standardized uptake value ratio, SUVR), 센틸로이드(Centiloid) 등 정량적 지표를 병용하여 시각 판독의 객관성을 보완하려는 시도가 국내외에서 확대되고 있으며, 아밀로이드 방사성의약품 투여 직후 조기(early-phase) 영상을 함께 획득하여 별도의 [^{18}F]FDG PET 없이도 뇌관류·대사 관련 정보를 함께 얻으려는 임상적 시도 또한 증가하고 있다. 그러나 국내에서는 이들 정량 분석 및 초기영상 활용에 대한 임상적 유용성과 표준화된 적용 방법에 관한 체계적인 근거기반 진료지침이 부재한 상황이었다.

이에 대한핵의학회 임상근거위원회는 환자중심 의료기술 최적화 연구사업단(PAtient-CENtered Clinical Research Coordinating Center, PACEN)의 연구비 지원을 받아 다학제 전문가로 구성된 개발그룹을 통해 과학적 근거에 기반한 임상진료지침을 개발하고자 본 지침을 기획하였다.

2. 지침의 목적과 대상

[1] 지침의 목적

본 지침은 퇴행성 뇌질환에서 핵의학 영상([^{18}F]FDG, Amyloid PET)의 정량 분석 병용 및 조기 영상 촬영 유용성에 관한 국내외 근거를 체계적으로 검토하여, 임상현장에서 바로 적용 가능한 근거기반 권고문을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 의료기관 간 판독의 일관성을 확보하고 진단의 정확도를 향상시켜, 퇴행성 뇌질환의 조기 진단과 정확한 감별진단에 기여하고자 한다.

[2] 지침의 대상

본 지침의 대상자는 퇴행성 뇌질환이 의심되거나 이로 인한 인지기능저하·운동장애 평가를 위해 핵의학 영상검사([^{18}F]FDG, Amyloid PET)를 시행하는 성인 환자이다.

[3] 지침 목표 사용자 및 적용 환경

본 지침의 목표 사용자는 핵의학과 전문의, 신경과 전문의, 정신건강의학과 전문의 등 퇴행성 뇌질환의 진단과 관련된 의료진이며, 적용 환경은 뇌 PET 영상검사의 시행 및 해석이 가능한 2차 또는 3차 의료기관의 핵의학과 및 신경과/정신건강의학과 진료 환경으로 한다.

3. 지침 개발 방법

지침은 가이드라인 개발 방법론 측면에서 핵심질문 전체를 신규 개발(de novo)방식으로 진행하는 Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) 방법론에 따라 개발되었다.

[1] 지침의 범위 및 핵심질문 개발

임상질문은 핵의학 영상검사의 임상 현안과 선행 국외 가이드라인에서 다루어진 내용을 사전 검토하고, 개발위원회에서 제안한 임상질문에 대해 운영위원회와 실무위원회를 대상으로 중요도와 우선 순위에 따라 임상질문을 확정하였다. 임상질문은 PICO (Population, Intervention, Comparators, Outcomes) 요소를 고려하여 구체화하고, 신규개발(de novo) 방식을 적용하여 진행하였다. 지침의 범위(PIPOH)는 다음과 같다.

Table 1. 진료지침개발 범위(PIPOH)

PIPOH	서술
Population	퇴행성 뇌질환으로 핵의학 영상([^{18}F]FDG, Amyloid PET)을 촬영하는 환자
Intervention	[^{18}F]FDG, Amyloid PET 영상의 정량 분석 병용; Amyloid PET 조기 영상 활용을 포함한 영상 촬영
Professionals / Patients	핵의학 전문의, 신경과·정신건강의학과 전문의 등 관련 의료진; 퇴행성 뇌질환 환자
Outcomes	진단적 유용성, 임상적 효과, 효율성
Healthcare setting	2차 또는 3차 의료기관의 핵의학 및 신경과·정신건강의학과 진료 환경, 영상검사 수행 및 해석이 가능한 의료기관

[2] 검색원 및 기본 검색전략

포괄적 문헌검색을 위한 검색원으로 PubMed, EMBASE, Cochrane Library의 국외 데이터베이스와 국내 데이터베이스인 KoreaMed를 검색하였다. 각 핵심질문은 PICO 요소를 반영하여 의학주제표목(MeSH/Emtree) 통제어와 자연어를 조합한 검색식을 구성하였으며, 출판연도 제한은 핵심질문별로 상이하게 적용하였다. 연구의 투명성과 신뢰성 확보를 위해 각 핵심질문의 체계적 문헌고찰·메타분석 프로토콜은 국제 체계적 문헌고찰 등록 플랫폼인 International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO)에 사전 등록하였다.

핵심질문	PROSPERO 등록번호	보고 지침	출판연도 제한	검색 완료 시점
KQ-1	CRD420251130042	PRISMA-DTA	제한 없음	2025. 8. 22.
KQ-2	CRD420251112431	PRISMA-DTA	2000-2025	2025. 8. 20.
KQ-3	CRD420251106631	PRISMA-DTA	2000-2025	2025. 8. 20.

PRISMA-DTA, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses of Diagnostic Test Accuracy Studies

[3] 문헌 선택기준

각 핵심질문의 PICO 요소와 연구설계를 기준으로 선택기준과 배제기준을 마련하였다. 임상질문마다 PICO 요소에 차이가 있어서, 실무위원회의 논의를 통해 임상질문에 따라서 선택기준과 배제기준을 결정하였다.

[4] 선택 문헌의 비뚤림 위험 평가

임상질문별로 최종 선택된 근거의 질평가는 진단정확도 연구의 표준 질 평가 도구인 QUADAS-2 (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2)를 기본으로 적용하였으며, 두 판독방법을 동일 환자군 내에서 비교하는 연구설계의 특성을 반영하기 위하여 비교 진단정확도 연구를 위한 확장판인 QUADAS-Comparative (QUADAS-C)를 함께 적용하였다. 문헌 당 2명의 연구자가 독립적으로 평가하여 의견 불일치 시 논의를 통해 합의하였다.

[5] 근거합성

[5.1] 자료 추출

각 핵심질문의 담당 개발실무위원이 최종 선택된 문헌으로부터 사전에 정한 자료추출 서식에 따라 연구 특성, 판독·검사 방법, 결과지표를 추출하였다. 세부 추출 항목과 결과는 각 핵심질문 문서에 제시하였다.

[5.2] 자료분석 및 합성

결과지표별로 양적 합성이 가능한 경우 메타분석을 시행하고, 합성이 어려운 경우 질적으로 서술하였다. 관찰연구의 특성을 고려하여 임의효과모형(random-effects model)을 기본으로 적용하였으며, 결과지표의 성격(진단정확도, 판독자 간 일치도, 상관계수 등)에 따라 적합한 통계모형을 선택하여 분석하였다. 이질성은 I^2 통계량으로 평가하였으며, 핵심질문에 따라 필요한 경우 추가적인 하위군 분석을 시행하였다. 세부 분석방법과 결과는 각 핵심질문 문서에 제시하였다.

[6] 근거수준과 권고등급

근거수준은 연구설계에 따라 결정되는 시작점에서 출발하여, 비뚤림 위험, 비일관성(이질성), 비직접성, 비정밀성, 출판비뚤림의 5개 하향요인과 큰 효과크기, 용량-반응 관계, 잔여 교란변수의 방향성 등 상향요인을 고려하여 개

별 결과지표별로 최종 판정하였다.

근거수준	정의
높음(High)	효과의 추정치가 실제 효과에 가깝다는 것을 매우 확신할 수 있다.
중등도(Moderate)	효과의 추정치에 대한 확신이 중등도이며, 실제 효과가 추정치에 근접하나 상당히 다를 수도 있다.
낮음(Low)	효과의 추정치에 대한 확신이 제한적이며, 실제 효과가 추정치와 상당히 다를 수 있다.
매우 낮음(Very low)	효과의 추정치에 대한 확신이 거의 없으며, 실제 효과가 추정치와 상당히 다를 것이다.

권고등급은 GRADE Evidence-to-Decision (EtD) 프레임워크에서 고려하는 근거수준, 이득과 위해의 저울질, 대상군의 가치와 선호도, 필요자원(비용)을 종합하여 방향과 강도를 결정하였다.

등급		구분	정의
근거 기반 권고	A	강하게 시행 권고 (Strong for recommend)	이득과 위해, 근거수준, 가치와 선호도, 자원을 고려할 때 대부분의 임상 상황에서 강하게 권고한다.
	B	조건부 시행 권고 (Conditional for recommend)	해당 검사·판독법의 사용은 임상상황에 따라 달라질 수 있어, 선택적 또는 조건부로 시행할 것을 제안한다.
	C	조건부 시행 반대 (Conditional against)	위해가 이득보다 클 수 있어, 일부 상황 또는 조건에서는 시행을 권고하지 않는다.
	D	시행 반대 (Strong against)	위해가 이득보다 크고, 대부분의 임상상황에서 시행을 권고하지 않는다.
	I	권고 보류 (Inconclusive)	근거수준이 낮거나 이득/위해 저울질이 불확실하여 시행 여부를 결정하지 않으며, 임상의의 판단에 따른다.
전문가 합의 권고 (Expert consensus)		임상적 근거문헌은 부족하나, 해당 검사·판독법의 이득과 위해, 근거수준, 가치와 선호도, 자원을 고려했을 때 임상적 경험과 전문가의 합의에 따라 시행 여부를 권고한다.	

[7] 권고문 도출 및 합의

각 핵심질문의 담당 개발실무위원이 근거를 검토하여 작성한 권고문 초안은 전체 개발실무위원회 내 검토 및 운영위원회 논의를 거쳐 확정하였다. 확정된 권고문 초안에 대해서는 유관학회 추천 외부 전문가를 대상으로 델파이(Delphi) 방식의 외부검토를 시행하였으며, 1점(매우 비동의)부터 9점(매우 동의)까지의 척도로 권고문에 대한 동의 정도를 조사하였다. 7~9점 응답 비율이 사전에 정의한 합의 기준(66.7% 이상)을 충족하는 경우 합의에 도달한 것으로 판단하였으며, 검토의견은 개발실무위원회에서 논의하여 반영 여부를 결정하였다.

[8] 이해관계상충 관리

이해관계상충의 관리는 운영위원회 산하 이해상충위원회가 담당하며, 윤리전문가를 포함하여 구성하였다. 이해상충 공개 항목은 관련 기업으로부터의 고용, 연구비·사례비·자문료·주식 등 지분 수령, 연구와 직접 관련된 지적재산권 보유 여부를 포함한다. 지침 개발그룹의 모든 참여자는 정해진 서식에 따라 이해관계상충을 선언하며, 공

개된 이해상충의 성격에 따라 위원 배제 또는 정보 공개 등의 관리방안을 적용하였다.

[9] 재정 및 편집의 독립성

본 임상진료지침은 환자중심 의료기술 최적화 연구사업(PACEN)의 지원을 받아 수행되었다(과제번호: RS-2025-02214254). 재원 제공기관은 연구비 지원 및 진행상황 점검 역할을 수행하며, 권고문 개발의 내용적 독립성에는 관여하지 않는 것을 원칙으로 하였다.

[10] 진료지침의 확산 및 실행

최종 확정된 권고문은 대한핵의학회 공식 웹사이트를 통해 공개하고, 유관학회의 승인을 거쳐 게시를 요청할 예정이다. 아울러 국내외 학술지 게재와 국내 학술대회 발표를 통해 지침의 확산을 도모하며, 임상 현장에서의 실행력을 높이기 위해 대한핵의학회 회원(핵의학 전문의)을 대상으로 뇌 PET 판독 및 정량 분석 활용 현황과 본 권고문의 임상적 유용성을 파악하는 설문조사를 시행하였다.

[11] 진료지침 개정

본 지침은 관련 근거 및 임상현장의 변화가 발생하는 경우, 개발위원회(특히 운영위원회)의 검토를 통해 개정을 고려할 수 있다.

4. 지침개발그룹 및 운영

본 지침의 개발그룹은 운영위원회, 개발실무위원회, 자문위원회, 이해상충위원회로 구성하였다. 이해상충위원회는 운영위원회와 별도로 구성하되 윤리전문가를 포함하였다.

· 운영위원회

운영위원회는 임상진료지침의 기획, 개발 방향성 검토, 핵심질문 우선순위 선정 및 권고문 검토, 권고문의 최종 확정 등 지침 개발 전반에 대한 의사결정을 담당한다.

이름	소속기관 및 전문분야	지침 개발 시 역할(대표 전문 학회)
윤혜전	이대목동병원 핵의학과	운영위원회장(대한핵의학회 임상근거위원회)
어재선	고대구로병원 핵의학과	운영위원(대한핵의학회 보험위원회)
임일한	한국원자력의학원 핵의학과	운영위원(대한핵의학회 학술위원회)
문승환	삼성서울병원 핵의학과	운영위원(대한핵의학회 의무위원회)
방지인	분당차병원 핵의학과	운영위원(대한핵의학회 임상근거위원회)
오민영	서울아산병원 핵의학과	운영위원(대한핵의학회 신경핵의학연구회)
최미영	한국보건의료연구원 임상근거 연구팀	방법론

▪ 개발실무위원회

개발실무위원회는 과학적 근거를 검토하고 핵심질문에 대한 권고문 초안을 도출하는 역할을 담당하며, 대한핵의학회 임상근거위원회 소속 핵의학 전문의를 중심으로 신경과·정신건강의학과 등 관련 학회에서 추천받은 다학제 위원 및 한국보건의료연구원 방법론 전문가로 구성하였다.

이름	소속기관 및 전문분야	지침 개발 시 역할(대표 전문 학회)
박경준	부산대병원 핵의학과	KQ1 개발담당(대한핵의학회 임상근거위원회)
방지인	분당차병원 핵의학과	KQ2 개발담당(대한핵의학회 임상근거위원회)
강서영	이대서울병원 핵의학과	KQ3 개발담당(대한핵의학회 임상근거위원회)
이영주	서울성모병원 핵의학과	KQ2 팀원(대한핵의학회 임상근거위원회)
김지영	이대목동병원 핵의학과	KQ3 팀원(대한핵의학회 임상근거위원회)
윤혜전	이대목동병원 핵의학과	KQ1 팀원(대한핵의학회 임상근거위원회)
나승희	인천성모병원 신경과	KQ1 팀원(대한치매학회)
유한수	강남세브란스병원 신경과	KQ1 팀원(대한파킨슨병 및 이상운동질환 학회)
김낙영	한양대병원 정신건강의학과	KQ2 팀원(대한신경정신의학회)
최미영	한국보건의료연구원	방법론

▪ 자문위원회

자문위원회는 개발그룹과 독립적으로 운영되며, 개발과정에서의 방법론적 자문 및 진료지침 권고문 초안에 대한 내용적 검토를 담당한다.

이름	소속기관	자문영역
최미영	한국보건의료연구원 임상근거연구팀	방법론 자문

▪ 이해상충위원회

이름	소속기관	역할
윤혜전	이대목동병원 핵의학과	운영위원회장
방지인	분당차병원 핵의학과	운영위원
정영진	동아대병원 핵의학과	윤리전문가(대한핵의학회 윤리위원회)

· 개발 행정지원

이름	소속부서	담당역할
배채윤	이대목동병원	행정지원

5. 외부검토위원회

외부검토위원회는 개발그룹에 속하지 않는 독립적인 위원으로 구성되며, 유관학회(대한핵의학회, 대한치매학회, 대한파킨슨병 및 이상운동질환학회, 대한신경정신의학회 등)로부터 추천받은 전문가로 구성하였다. 외부검토위원은 권고안 개발과정에 직접 참여하지 않고, 확정된 권고문 초안에 대해 델파이 방식의 서면 검토를 통해 내용적·방법론적 측면을 검토하였다. 2026년 7월 15일부터 27일까지 7인의 외부 전문가가 참여하였으며, 검토 결과와 반영 여부는 각 핵심질문별 '권고 결정 과정 시 수정보완 내용'에 상세히 기록하였다.

6. 관련학회 공식 지지선언(Endorsement)

본 지침은 개발 완료 후 대한핵의학회의 공식 지지선언(endorsement)을 받았으며, 유관학회를 대상으로 개발된 지침에 대한 승인 절차를 진행하였다. 최종 지침은 대한핵의학회 홈페이지 게시판을 통해 공개될 예정이며, 유관학회의 승인과 함께 각 유관학회 홈페이지 게시를 요청할 예정이다.

7. 지침의 사용안내

본 권고안은 현재 국내 실정을 고려하여 퇴행성 뇌질환이 의심되거나 진단된 환자에서 핵의학 영상검사(FDG, Amyloid PET)를 시행·판독하는 의료진을 위한 기본 원칙을 제시하는 것으로서, 모든 대상자와 모든 의료기관에 일률적으로 적용하기보다는 참고자료로 활용하되 각 기관의 장비·소프트웨어 여건과 환자 개개인의 임상상황을 고려한 판독의의 최종적인 판단에 의한 진료가 중요하다. 본 지침은 개인적인 진료 및 교육 목적으로 활용될 수 있으나, 상업적 목적이나 심사·평가 목적으로 사용될 수 없으며, 이 외의 목적으로 사용하고자 하는 경우에는 지침 개발 운영위원회에 서면으로 문의하여 사전 동의를 받아야 한다.



퇴행성 뇌질환에서 근거기반
핵의학 영상기술 진료지침

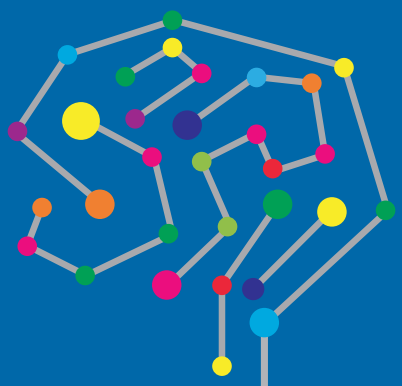
Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging
in Neurodegenerative Diseases

II. 핵심질문별 권고문 요약

II. 핵심질문별 권고문 요약



핵심질문	권고문	권고등급	근거수준
KQ-1. [^{18}F]FDG PET 정량 분석			
신경퇴행성 질환이 의심되어 [^{18}F]FDG PET을 시행한 환자에서 정량 분석을 추가하는 것은 정성 분석만을 시행하는 것과 비교하여 진단에 더 효과적인가?	신경퇴행성 질환이 의심되어 [^{18}F]FDG PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 시각 분석에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다. **고려사항** 비숙련 판독자에서는 정량 분석 병용이 민감도를 일관되고 크게 향상시키므로, 적극적인 병용을 고려할 수 있다. 또한, 인지장애 의심 환자의 일차 감별(알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별)에서 부가 이득이 가장 뚜렷하므로, 우선 적용을 고려할 수 있다. 다만 정량 분석은 시각 판독을 보조하는 수단이므로, 정량 결과는 시각 판독 및 임상정보와 함께 해석하고 단독으로 양·음성 판정의 근거로 삼지 않는다.	B	중등도
KQ-2. Amyloid PET 정량 분석			
Amyloid PET을 시행한 환자에서 정량 분석을 시행하는 것은 정성 분석을 시행하는 것과 비교하여 진단과 치료 결정에 더 효과적인가?	Amyloid PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 기존 시각적 판독에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다.	B	낮음
KQ-3. Amyloid PET 조기 영상			
Amyloid PET을 시행할 시, 조기 영상을 획득하는 것이 진단 및 치료방침 결정에 도움이 되는가?	Amyloid PET을 시행할 때, 뇌관류 정보를 얻기 위해 조기 영상을 함께 획득하는 것을 고려할 수 있다. **고려사항** 본 권고는 early-phase amyloid PET이 모든 임상 상황에서 [^{18}F]FDG PET을 완전히 대체함을 의미하지 않으며, 단일 검사로 뇌관류에 관한 보완적 정보를 함께 획득할 수 있음을 조건부로 제안하는 것이다. Early-phase amyloid PET은 엄밀한 의미의 뇌관류 영상(perfusion imaging)과 완전히 동일하다고 보기 어렵고, [^{18}F]FDG PET과의 상관관계 역시 집단 수준의 통합 상관계수(pooled r)에 근거한 것으로 개인 단위의 진단적 일치도(individual-level agreement)를 보장하지는 않는다. 이러한 한계로 인해 일부 임상 상황에서는 본 권고가 제한적으로 수용될 수 있다. 특히 경도인지장애 및 아밀로이드 음성군에서는 early-phase 영상만으로 [^{18}F]FDG PET을 대체하는 데 주의가 필요하며, 임상적 필요 시 별도의 [^{18}F]FDG PET 시행을 고려한다.	B	매우 낮음





III. 핵심질문별 권고문 해설

1. 핵심질문 KQ-1. [^{18}F]FDG PET 정량 분석
2. 핵심질문 KQ-2. Amyloid PET 정량 분석
3. 핵심질문 KQ-3. Amyloid PET 조기 영상

1. 핵심질문 KQ-1. [^{18}F]FDG PET 정량 분석



핵심질문: 신경퇴행성 질환이 의심되어 [^{18}F]FDG PET을 시행한 환자에서 정량 분석을 추가하는 것은 정성 분석만을 시행하는 것과 비교하여 진단에 더 효과적인가?

PICO 요소

대상환자(Population)	신경퇴행성 질환이 의심되어 [^{18}F]FDG PET을 시행한 환자
중재(Intervention)	시각 분석 + 정량 분석 병용(Visual + Quantitative analysis)
비교군(Comparators)	시각 분석 단독(Visual analysis alone)
결과(Outcome)	Critical outcome – 진단 정확도(Diagnostic accuracy) – 민감도, 특이도
연구설계(Study design)	관찰 연구(cohort & case–control type studies; 동일 피험자 내 완전 대응 설계)

권고문

권고(Recommendation)

신경퇴행성 질환이 의심되어 [^{18}F]FDG PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 시각 분석에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다.(권고등급: B 조건부 시행권고, 근거수준: 중등도(Moderate))

- 고려사항: 비숙련 판독자에서는 정량 분석 병용이 민감도를 일관되고 크게 향상시키므로, 적극적인 병용을 고려할 수 있다. 또한, 인지장애 의심 환자의 일차 감별(알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별)에서 부가 이득이 가장 뚜렷하므로, 우선 적용을 고려할 수 있다. 다만 정량 분석은 시각 판독을 보조하는 수단이므로, 정량 결과는 시각 판독 및 임상정보와 함께 해석하고 단독으로 양·음성 판정의 근거로 삼지 않는다.

배경

뇌 [^{18}F]fluorodeoxyglucose (FDG) Positron emission tomography (PET)은 신경퇴행성 질환의 감별진단에 활용되는 확립된 기능적 영상 바이오마커로, 질환별 특이적 포도당 대사저하(hypometabolism) 패턴을 통해 알츠하이머치매(Alzheimer's dementia, AD), 전두측두치매(frontotemporal dementia, FTD), 루이소체치매(dementia with Lewy bodies, DLB), 파킨슨증(Parkinsonism) 아형 등을 감별하는 데 기여한다.[1,2] 그러나 임상

현장의 [^{18}F]FDG PET 판독은 주로 판독자의 육안에 의존하는 시각 분석(visual analysis)에 기반하며, 이는 본질적으로 주관적이고 판독자의 경험 수준에 따라 정확도와 판독 간 변동성이 달라진다는 한계를 가진다.

이러한 한계를 보완하기 위해 통계적 매핑 및 상용 정량 분석 소프트웨어를 이용한 정량 분석(quantitative analysis)이 도입되어 왔다. 정량 분석은 개별 환자의 영상을 연령 대응 정상 데이터베이스와 비교하여 산출한 z-점수 맵, 복셀(voxel) 기반 통계적 파라메트릭 매핑(statistical parametric mapping, SPM), 표면 투영 기반 영역별 지표(예: 3D-SSP) 등 다양한 방식으로 통계적으로 유의한 대사저하 영역을 제시함으로써 시각 판독을 보조한다.

유럽핵의학회·유럽신경과학회(European Association of Nuclear Medicine and European Academy of Neurology, EANM-EAN) (Nobili 등, 2018)는 신경퇴행성 질환의 뇌 [^{18}F]FDG PET 판독을 보조하기 위해 정량 평가 도구의 사용을 권고하면서도, 이들 도구의 이질성·복잡성·한계를 숙지하여 오판독을 피해야 함을 강조하였다1. EANM 뇌 PET 영상 절차 가이드라인(Guedj 등, 2022) 및 미국핵의학회·유럽핵의학회(Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging·European Association of Nuclear Medicine, SNMMI/EANM) 공동 진료 가이드라인(Arbizu 등, 2025)도 동일한 방향에서 정량 분석의 병용을 권장하고 있다.[3,4] 다만 이러한 권고들은 주로 전문가 합의에 기반하고 있으며, 시각 분석에 정량 분석을 추가했을 때 진단 정확도가 얼마나 향상되는지, 또 그 이득이 어떤 임상 맥락에서 가장 두드러지는지에 대해서는 아직 체계적 메타분석을 통해 정량적으로 평가된 적이 없다. 본 핵심질문은 동일 환자군에서 두 판독 방법을 직접 비교한 근거를 종합하여 이 공백을 메우고자 한다.

문헌 검색 및 선정

PRISMA-DTA 지침에 따라 체계적 문헌 검색을 수행하였으며, PROSPERO에 프로토콜을 사전 등록하였다(등록번호: CRD420251130042). 검색 데이터베이스는 PubMed (MEDLINE), EMBASE, Cochrane Library, KoreaMed이며, 2025년 8월 22일까지 색인된 문헌을 대상으로 하였다. 신경퇴행성 질환(P), [^{18}F]FDG PET (I-1), 정량 분석(I-2)의 세 가지 개념 블록에 대해 의학주제표목(MeSH/Emtree) 통제어와 자연어를 조합한 검색식을 활용하였으며, 동물 단독 연구를 제외하고 영어로 출판된 문헌으로 한정하였다.

문헌 검색 결과 총 2,483편의 논문이 검색되었다(PubMed 669편, EMBASE 1,752편, Cochrane Library 37편, KoreaMed 25편). 중복 616편을 제거한 후 1,867편의 제목을 검토하여 1,295편을 배제하였고, 이어 초록 검토 대상 572편 중 512편을 배제하였다. 전문 평가 대상 60편에 대해 부적격 대상(1편), 부적격 중재(23편), 부적격 비교군(23편), 결과자료 불충분(3편) 등 50편을 배제하여, 최종적으로 10편의 연구가 선정되었다. 이 중 Foster 2007은 Burdette 1996과 환자군이 중복되어 주 분석(9편)에서는 제외하였으며, 중복이 발생하지 않는 하위군 분석(AD vs. 비AD 치매)에만 포함하였다.

비뚤림 위험 평가는 진단 정확도 연구의 질 평가 도구인 QUADAS-2 및 비교 진단 정확도 연구를 위한 확장판 QUADAS-C를 이용하여 2인의 검토자가 독립적으로 수행하였으며, 의견 불일치는 합의를 통해 해결하였다.

환자 선택(Patient selection) 영역에서는 10편 중 7편이 고위험으로 평가되었다. 이는 환자군과 대조군을 별도로 모집하는 증례-대조 설계(case-control design)를 채택하거나, 연속적인 임상 집단을 대표하지 않는 사전

선별된 진단군을 포함하여 스펙트럼 편향(spectrum bias)이 우려되는 경우에 해당한다. 참조표준(Reference standard) 영역에서는 1편(Arnone 2022)이 임상 참조진단에 [^{18}F]FDG PET 정성 소견이 부분적으로 반영되어 통합 편향(incorporation bias)의 적용성 우려가 있는 것으로 평가되었다. QUADAS-C의 지표 검사 비교(Index test comparison) 영역에서는 2편(Massa 2022, Arnone 2022)이 동일 판독자가 시각 판독과 시각+정량 판독을 단계적(stepwise)으로 수행하여 두 판독 전략 간 부분적 비독립성이 존재, 고위험으로 평가되었다. 한편 모든 연구가 동일 환자에게 두 판독 방법을 적용한 완전 대응 설계(fully paired design)이므로, QUADAS-C의 환자 선택 비교 영역의 비뚤림 위험은 모든 연구에서 낮음(Low)으로 평가되었다.

근거 요약

[1] 전체 연구의 진단 정확도(9편)

최종 선정된 10편의 연구는 모두 동일 환자 코호트 내에서 [^{18}F]FDG PET의 시각 분석 단독(visual analysis alone)과 시각+정량 분석 병용(visual plus quantitative analysis)을 직접 비교한 완전 대응 설계(fully paired within-subject design)를 채택하였다.[5-14] 이 중 Foster 2007은 Burdette 1996과 알츠하이머치매 환자군이 동일 기관 코호트에서 유래하여 중복되므로 주 분석에서 제외하였으며, 9편을 대상으로 통합 분석을 수행하였다. 포함된 연구는 알츠하이머치매(AD), 경도인지장애(Mild cognitive impairment, MCI), 루이소체치매(DLB), 전두측두치매(FTD), 파킨슨병(Parkinson's disease, PD), 진행성핵상마비(Progressive Supranuclear Palsy, PSP), 다계통위축(Multiple System Atrophy, MSA), 피질기저핵증후군(Corticobasal Syndrome, CBS) 등 다양한 신경퇴행성 질환을 대상으로 하였다. 연구 설계는 증례-대조 설계(case-control design)가 7편(Burdette 1996, Kwon 2007, Foster 2007, Lim 2009, Kim 2016, Partovi 2017, Massa 2022), 전향적 코호트 설계 2편(Tripathi 2013, Lehman 2012), 후향적 코호트 진단 정확도 연구 1편(Arnone 2022)으로 구성되었으며, Lehman 2012는 전향적 코호트 설계이나 배제 기준이 명확히 기술되지 않아 환자 선택 비뚤림 위험을 불명확으로 평가하였다. 정량 분석 방법으로는 3차원 정위적 표면 투영(3D-SSP)과 통계적 파라메트릭 매핑(SPM)을 포함한 다양한 상용·연구용 소프트웨어가 사용되었다.

통합 민감도와 특이도는 로짓 변환을 적용한 임의효과 일반화선형혼합모형(generalized linear mixed model)으로 시각 분석 단독과 시각+정량 분석 각각에 대해 추정하였으며, 동일 환자 내에서 두 판독 방법을 직접 비교한 상대 교차비(odds ratio)는 베이지안 이변량 이항-로짓 혼합효과모형으로 산출하고 빈도론적 모형으로 보완 검증하였다.

시각 분석 단독의 통합 민감도는 0.85 (95% Confidence Interval [CI]0.77-0.91), 통합 특이도는 0.78 (95% CI 0.63-0.88)이었다. 시각+정량 분석 병용 시 민감도는 0.87 (0.82-0.91), 특이도는 0.88 (0.74-0.95)로, 민감도는 큰 변화 없이 유지된 반면(Δ +2%p) 특이도가 뚜렷하게 개선되었다(Δ +10%p). 베이지안 직접 비교에서 민감도의 상대 교차비(Odds ratio)는 1.29 (95% Credible Interval [CrI]0.86-1.94)로 95% CrI가 1을 포함하여, 두 판독 방법 간 차이가 관찰되지 않았다. 반면, 특이도의 상대 교차비는 1.64 (95% CrI 1.07-2.52)로 95% CrI가 1을 포함하지 않아, 정량 분석 병용 시 특이도가 향상되는 것으로 나타났다.

이질성은 민감도에서 시각 분석 I^2=46.6%, 시각+정량 분석 I^2=34.8%로 중등도 이하였으나, 특이도에서는 양 방법 모두 I^2>80%로 높게 관찰되었다. 다만 이러한 특이도의 이질성은 연구별 질환 스펙트럼과 감별 과제의 복잡성의 차이에 기인하며, 동일 환자 내 대응 설계에서 두 판독 방법에 동등하게 작용한다. 비교 효과(Δ)의 방향성을 기준으로 보면 9편 중 7편(78%)에서 정량 분석 병용이 특이도를 개선하는 일관된 방향을 보였다.

[2] 알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별 진단 정확도(3편)

본 하위군은 알츠하이머치매/경도인지장애(AD/MCI)와 대조군(control)을 감별한 3편(Burdette 1996, Lehman 2012, Partovi 2017)으로 구성되며, 인지장애를 호소하는 환자의 일차 감별에 해당한다.[6,10,13] 기준 표준(reference standard)으로는 NINCDS-ADRDA 임상 진단 기준, ADNI 임상 기준과 아밀로이드 바이오마커 등 잘 정립된 진단 기준이 사용되어 모든 연구에서 참조표준의 비뚤림 위험이 낮았다. 다만 Burdette 1996과 Partovi 2017은 대조군을 별도로 모집한 증례-대조 설계(case-control design)였고, Lehman 2012는 전향적 코호트 설계이나 환자 배제 기준이 명확히 기술되지 않았다.

시각 분석 단독의 통합 민감도는 0.82 (0.73–0.89), 통합 특이도는 0.69 (0.41–0.88)이었다. 시각+정량 분석 병용 시 민감도는 0.85 (0.69–0.93)로 유사하게 유지된 반면, 특이도는 0.94 (0.64–0.99)로 본 메타분석의 모든 하위군 가운데 가장 큰 폭으로 개선되었다(Δ +25%p). 1,000명당 위양성 감소는 유병률 30%·50%·70%에서 각각 175명·125명·75명으로, 사전 정의된 최소 임상 중요 차이(minimum clinically important difference, MCID; 위양성 1,000명당 ≥20명 감소)를 충족하였다.

동일 환자 내 직접 비교에서 민감도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 1.04 (0.46–2.35), 베이지안 모형 1.16 (0.55–2.48)로 두 판독 방법 간 차이가 관찰되지 않았다. 특이도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 4.39 (1.69–11.44), 베이지안 모형 4.29 (1.87–10.84)로 95% CI 및 CrI가 모두 1을 상회하여 정량 분석 병용 시 특이도가 향상됨을 보였다. 비교 효과(Δ 특이도)는 3편 모두에서 개선 방향으로 일관되었다(Burdette +11.0%p, Lehman +34.8%p, Partovi +20.0%p).

근거수준은 민감도가 감점 요인 없이 High (⊕⊕⊕⊕)였으며, 특이도는 대조군을 포함한 증례-대조 설계의 스펙트럼 편향(spectrum bias) 우려로 비뚤림 위험에서 1단계 하향하여 Moderate (⊕⊕⊕◯)로 평가되었다. 정량 분석 병용의 부가 이득이 가장 뚜렷하게 확인된 시나리오로, 인지장애 의심 환자의 [^{18}F]FDG PET 일차 판독 시 정량 분석을 우선 병용할 근거가 된다.

[3] 알츠하이머치매·경도인지장애와 비알츠하이머 치매의 감별 진단 정확도(4편)

본 하위군은 알츠하이머치매/경도인지장애(AD/MCI)와 비알츠하이머 치매(루이소체치매[DLB], 전두측두치매[FTD] 등)를 감별한 4편(Foster 2007, Lim 2009, Kim 2016, Massa 2022)으로 구성된다.[7,8,11,12] 본분석(9편)에서 제외되었던 Foster 2007은 Burdette 1996과 동일 하위군에 배치되지 않아 중복 없이 포함되었다. 4편 모두 사전 확진된 환자군을 비교한 증례-대조 설계(case-control design)였으며, 특히 Foster 2007은 부검 확진(autopsy-confirmed)을 기준 표준으로 사용하여 참조표준의 신뢰도가 높았다.

시각 분석 단독의 통합 민감도는 0.85 (0.69–0.93), 통합 특이도는 0.66 (0.48–0.81)이었고, 시각+정량 분석 병용 시 민감도 0.88 (0.77–0.94), 특이도 0.70 (0.48–0.85)로 두 지표 모두 소폭 변화에 그쳤다(Δ 민감도 +3%p, Δ 특이도 +4%p). 동일 환자 내 직접 비교에서 민감도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 1.56 (0.82–2.99)·베이지안 모형 1.51 (0.81–2.81), 특이도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 1.08 (0.62–1.89)·베이지안 모형 1.08 (0.63–1.84)로 95% CI 및 CrI가 모두 1을 포함하여, 두 판독 방법 간 의미있는 차이가 관찰되지 않았다.

비교 효과(Δ 특이도)의 방향이 4편 중 2편에서만 개선되어(Foster +14.3%p, Massa +10.3%p 개선 vs. Lim 2009 −14.3%p, Kim 2016 −3.6%p 악화) 일관성이 낮았고, 70% 유병률 시나리오에서 1,000명당 위양성 감소가 −12명으로 사전 정의된 최소 임상 중요 차이(MCID, ≥20명)를 충족하지 못하였다. 이에 근거수준은 민감도가 High(⊕⊕⊕⊕)인 반면, 특이도는 증례–대조 설계의 스펙트럼 편향(비뚤림 위험 −1), 비교 효과의 비일관성(−1), 비정밀성(−1)으로 3단계 하향되어 Very Low(⊕○○○)로 평가되었다. 비알츠하이머 치매 자체의 병리·표현형 이질성(DLB, FTD 등)과 2분류·3분류 감별 과제의 복잡성 차이가 정량 분석의 일관된 부가 이득을 제한한 것으로 판단된다. 이처럼 부가 이득이 제한적이고 연구 간 일관성이 낮은 점을 고려하면, 이 맥락에서는 국소 대사저하 양상에 대한 시각 판독과 정량 분석 결과를, 아밀로이드 PET·혈액 기반 바이오마커 등 보완적 검사 및 임상 소견과 함께 종합하여 신중히 해석하는 것을 고려해 볼 수 있다.

[4] 파킨슨병과 비전형 파킨슨증의 감별 진단 정확도(3편)

본 하위군은 파킨슨병(PD)과 비전형 파킨슨증(다계통위축[MSA], 진행성핵상마비[PSP], 피질기저핵증후군[CBS] 등)을 감별한 3편(Kwon 2007, Arnone 2022, Tripathi 2013)으로 구성된다.[5,9,14] Kwon 2007은 증례–대조 설계, Tripathi 2013은 전향적 코호트 설계, Arnone 2022는 후향적 코호트 진단 정확도 연구였으며, Arnone 2022는 임상 참조진단에 [^{18}F]FDG PET 소견이 일부 반영되어 통합 편향(incorporation bias) 우려가 있었다.

시각 분석 단독의 통합 민감도는 0.94 (0.73–0.99), 통합 특이도는 0.89 (0.78–0.95)로 시각 판독만으로도 진단 정확도가 높았다. 시각+정량 분석 병용 시 민감도는 0.91 (0.86–0.95)로 소폭 낮아진 반면(Δ −3%p) 특이도는 0.93 (0.85–0.97)로 일관되게 개선되었다(Δ +4%p; 3편 모두 개선: Kwon +4.5%p, Arnone +8.3%p, Tripathi +1.9%p). 직접 비교에서 민감도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 1.01 (0.17–5.94)·베이지안 모형 1.08 (0.51–2.30), 특이도의 상대 교차비는 빈도론적 모형 1.70 (0.62–4.68)·베이지안 모형 1.58 (0.63–4.05)로 95% CI 및 CrI가 모두 1을 포함하여, 두 판독 방법 간 의미있는 차이가 관찰되지 않았다.

근거수준은 민감도와 특이도 모두 Moderate (⊕⊕⊕○)로 평가되었다. 민감도는 모든 유병률 시나리오에서 진양성 차이(ΔTP)가 음수로 사전 정의된 MCID (≥+5명)를 충족하지 못해 비정밀성으로 1단계 하향되었고, 특이도는 Arnone 2022의 통합 편향과 Kwon 2007의 증례–대조 설계로 인한 스펙트럼 편향 우려로 비뚤림 위험에서 1단계 하향되었다. 시각 판독만으로도 정확도가 높은 영역으로, 정량 분석 병용 시 특이도는 일관되게 개선되나 민감도가 소폭 감소하는 임상적 절충(trade-off)이 존재한다.

본 하위군에 포함된 연구들은 모두 SPM 등 복셀·영역 단위 정량 분석에 기반하였으며, 파킨슨병 관련 패턴(Parkinson's Disease–Related Pattern, PDRP)과 같은 다변량 공간 공분산 패턴(multivariate spatial

covariance pattern) 접근을 시각 판독에 병용하여 시각 단독과 직접 비교한 연구는 확인되지 않았다. PDRP는 질환 특이적 대사 네트워크를 단일 점수로 지표화하여 파킨슨병과 비전형 파킨슨증의 감별에 활용되는 정량 분석의 한 형태이다.[15] 따라서 본 하위군에서 관찰된 정량 분석 병용의 제한적이고 민감도 절충을 동반한 부가 이득은 이러한 패턴 기반 정량 분석의 진단적 부가가치를 직접 반영하지 않으며, 시각 판독 대비 PDRP 병용의 증분 효과는 향후 직접 비교 연구를 통해 규명될 필요가 있다.

[5] 판독자 경험 수준별 진단 정확도(숙련 / 비숙련, 3편)

판독자 경험 수준별 데이터를 별도로 보고한 3편(Arnone 2022, Kim 2016, Lehman 2012)을 숙련 판독자(expert)와 비숙련 판독자(beginner)로 층화하여, 시각 분석 단독 대비 정량 분석 병용의 부가 이득이 판독 경험에 따라 달라지는지를 평가하였다.[5,8,10]

비숙련 판독자에서 시각 분석 단독의 통합 민감도는 0.75 (95% CI 0.62–0.84), 특이도는 0.41 (0.16–0.72)이었으나, 시각+정량 분석 병용 시 민감도는 0.87 (0.81–0.92), 특이도는 0.60 (0.28–0.85)로 향상되었다. 특히 민감도는 정량 분석 병용 시 +12%p 개선되었고(베이지안 OR 2.39, 1.33–4.32; 빈도론 OR 2.58, 1.40–4.74) 3편 모두 동일한 방향(I^2=0%)으로 일관되었다. 근거수준은 민감도 High(⊕⊕⊕⊕), 특이도 Moderate(⊕⊕⊕◯; 비뚤림 위험 –1)로, 본 메타분석에서 정량 분석의 부가 이득이 가장 명확하게 확인된 영역이다.

숙련 판독자에서는 시각 분석 단독의 민감도 0.82 (0.65–0.92)·특이도 0.65 (0.56–0.74)에서 시각+정량 분석 병용 시 민감도 0.87 (0.73–0.95)·특이도 0.75 (0.50–0.91)로 개선되었으나 그 폭이 작고 95% CI 및 CrI가 모두 1을 포함하는 값을 보였다(민감도 베이지안 OR 1.58, 0.87–2.92; 특이도 OR 1.05, 0.60–1.84). 근거수준은 민감도 Moderate(⊕⊕⊕◯; 비뚤림 위험 –1), 특이도 Low(⊕⊕◯◯; 비뚤림 위험 –1, 비일관성 –1)였다. 특이도는 Kim 2016에서 정량 분석 병용 시 오히려 –16.1%p 악화되는 등 진단 맥락에 따라 효과가 일관되지 않았다.

종합하면 정량 분석 병용의 부가 이득은 판독 경험이 부족한 판독자에서 가장 뚜렷하였으며, 이는 정량 분석이 경험 부족에 따른 판독 변동성을 보완하여 두 경험 수준 간 진단 정확도 격차를 줄임을 시사한다.

GRADE 결과요약표(GRADE Summary of Finding Table)

검사 결과 (Test result)	1,000명당 결과 수(95% CI) · Number of results per 1,000 patients tested						연구 수/ 참가자 수	근거수준 (GRADE)
	유병률 30%		유병률 50%		유병률 70%			
	시각+정량	시각 단독	시각+정량	시각 단독	시각+정량	시각 단독		
전체 분석 – 신경퇴행성 질환 감별(n = 9)								
진양성(TP)	**261 (246–273)**	255 (231–273)	**435 (410–455)**	425 (385–455)	**609 (574–637)**	595 (539–637)	9편 / 353명	⊕⊕⊕⊕ High
위음성(FN)	**39 (27–54)**	45 (27–69)	**65 (45–90)**	75 (45–115)	**91 (63–126)**	105 (63–161)		

검사 결과 (Test result)	1,000명당 결과 수(95% CI) · Number of results per 1,000 patients tested						연구 수/ 참가자 수	근거수준 (GRADE)
	유병률 30%		유병률 50%		유병률 70%			
	시각+정량	시각 단독	시각+정량	시각 단독	시각+정량	시각 단독		
진음성(TN)	**616 (518–665)**	546 (441–616)	**440 (370–475)**	390 (315–440)	**264 (222–285)**	234 (189–264)	9편 / 293명	⊕⊕⊕◯ Moderate[a]
위양성(FP)	**84 (35–182)**	154 (84–259)	**60 (25–130)**	110 (60–185)	**36 (15–78)**	66 (36–111)		
알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별(n = 3)								
진양성(TP)	**255 (207–279)**	246 (219–267)	**425 (345–465)**	410 (365–445)	**595 (483–651)**	574 (511–623)	3편 / 90명	⊕⊕⊕⊕ High
위음성(FN)	**45 (21–93)**	54 (33–81)	**75 (35–155)**	90 (55–135)	**105 (49–217)**	126 (77–189)		
진음성(TN)	**658 (448–693)**	483 (287–616)	**470 (320–495)**	345 (205–440)	**282 (192–297)**	207 (123–264)	3편 / 83명	⊕⊕⊕◯ Moderate[a]
위양성(FP)	**42 (7–252)**	217 (84–413)	**30 (5–180)**	155 (60–295)	**18 (3–108)**	93 (36–177)		
알츠하이머치매·경도인지장애와 비알츠하이머 치매의 감별(n = 4)								
진양성(TP)	**264 (231–282)**	255 (207–279)	**440 (385–470)**	425 (345–465)	**616 (539–658)**	595 (483–651)	4편 / 143명	⊕⊕⊕⊕ High
위음성(FN)	**36 (18–69)**	45 (21–93)	**60 (30–115)**	75 (35–155)	**84 (42–161)**	105 (49–217)		
진음성(TN)	**490 (336–595)**	462 (336–567)	**350 (240–425)**	330 (240–405)	**210 (144–255)**	198 (144–243)	4편 / 123명	⊕◯◯◯ Very low[a,b,c]
위양성(FP)	**210 (105–364)**	238 (133–364)	**150 (75–260)**	170 (95–260)	**90 (45–156)**	102 (57–156)		
파킨슨병과 비전형 파킨슨증의 감별(n = 3)								
진양성(TP)	**273 (258–285)**	282 (219–297)	**455 (430–475)**	470 (365–495)	**637 (602–665)**	658 (511–693)	3편 / 149명	⊕⊕⊕◯ Moderate[d]
위음성(FN)	**27 (15–42)**	18 (3–81)	**45 (25–70)**	30 (5–135)	**63 (35–98)**	42 (7–189)		
진음성(TN)	**651 (595–679)**	623 (546–665)	**465 (425–485)**	445 (390–475)	**279 (255–291)**	267 (234–285)	3편 / 101명	⊕⊕⊕◯ Moderate[a]
위양성(FP)	**49 (21–105)**	77 (35–154)	**35 (15–75)**	55 (25–110)	**21 (9–45)**	33 (15–66)		
판독자 경험 – 숙련 판독자(Expert, n = 3)								
진양성(TP)	**261 (219–285)**	246 (195–276)	**435 (365–475)**	410 (325–460)	**609 (511–665)**	574 (455–644)	3편 / 151명	⊕⊕⊕◯ Moderate[a]
위음성(FN)	**39 (15–81)**	54 (24–105)	**65 (25–135)**	90 (40–175)	**91 (35–189)**	126 (56–245)		
진음성(TN)	**525 (350–637)**	455 (392–518)	**375 (250–455)**	325 (280–370)	**225 (150–273)**	195 (168–222)	3편 / 106명	⊕⊕◯◯ Low[a,b]
위양성(FP)	**175 (63–350)**	245 (182–308)	**125 (45–250)**	175 (130–220)	**75 (27–150)**	105 (78–132)		
판독자 경험 – 비숙련 판독자(Beginner, n = 3)								
진양성(TP)	**261 (243–276)**	225 (186–252)	**435 (405–460)**	375 (310–420)	**609 (567–644)**	525 (434–588)	3편 / 151명	⊕⊕⊕⊕ High
위음성(FN)	**39 (24–57)**	75 (48–114)	**65 (40–95)**	125 (80–190)	**91 (56–133)**	175 (112–266)		
진음성(TN)	**420 (196–595)**	287 (112–504)	**300 (140–425)**	205 (80–360)	**180 (84–255)**	123 (48–216)	3편 / 106명	⊕⊕⊕◯ Moderate[a]
위양성(FP)	**280 (105–504)**	413 (196–588)	**200 (75–360)**	295 (140–420)	**120 (45–216)**	177 (84–252)		

CI, 신뢰구간; [^{18}F]FDG PET, [^{18}F]FDG 양전자방출단층촬영; MCID, 최소 임상 중요 차이; TP/FN/TN/FP, 진양성/위음성/진음성/위양성. 굵게 표시한 값은 시각+정량 분석(중재) arm이다.

a. 비뚤림 위험(-1): 증례-대조 설계의 스펙트럼 편향(대조군 또는 사전 확진 진단군 선별) 및 일부 연구의 통합 편향(Arnone 2022 – 임상진단에 [^{18}F]FDG PET 정성 판독 반영).

b. 비일관성(-1): 비교 효과(Δ 특이도)의 방향이 연구 간 일관되지 않음.
c. 비정밀성(-1): 일부 유병률 시나리오에서 위양성 감소가 사전 정의된 MCID (1,000명당 ≥20명)를 충족하지 못함.
d. 비정밀성(-1): 모든 유병률에서 진양성 차이(ΔTP)가 음수로, 시각 단독 대비 정량 병용 시 민감도가 소폭 감소하여 MCID (≥+5명/1,000명)를 충족하지 못함.

권고 고려사항

[1] 이득과 위해

[1.1] 이득

정량 분석은 동일 [^{18}F]FDG PET 영상의 후처리 단계로 수행되어 추가적인 방사선 노출, 침습적 처치, 검사 시간 연장 없이 시행할 수 있다. 진단 정확도의 임상적 의미는 실무위원 합의를 통해 설정한 최소 임상 중요 차이(Minimum Clinically Important Difference, MCID)를 기준으로 평가하였다. 민감도는 1,000명 검사 시 정량 분석 병용이 시각 분석 단독 대비 최소 5명의 추가 진양성을 탐지할 때, 특이도는 위양성 판정이 초래하는 부적절한 약물치료와 추가 검사를 고려하여 1,000명당 최소 20명의 위양성 감소를 보일 때 임상적으로 의미 있는 것으로 사전 설정하였다.

전체 분석(9편)에서 시각+정량 분석 병용은 통합 특이도를 0.78에서 0.88로 향상시켰으며(Δ +10%p; Bayesian OR 1.64, 95% CrI 1.07–2.52), 1,000명당 위양성 감소는 유병률 30%·50%·70%에서 각각 70명·50명·30명으로 모든 유병률에서 MCID를 충족하였다. 통합 민감도는 0.85에서 0.87로 유지되었고(Δ +2%p; OR 1.29, 95% CrI 0.86–1.94), 1,000명당 진양성은 6명·10명·14명 증가하여 MCID를 충족하였다.

부가 이득은 임상 맥락에 따라 달라, 알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군 감별에서 특이도가 0.69에서 0.94로 가장 큰 폭으로 향상되었고(Δ +25%p; OR 4.29, 95% CrI 1.87–10.84), 비숙련 판독자에서는 민감도가 0.75에서 0.87로 향상되어(Δ +12%p; OR 2.39, 95% CrI 1.33–4.32) 경험 부족에 따른 판독 변동성을 보완하였다.

[1.2] 위해

정량 분석은 기존 [^{18}F]FDG PET 영상의 후처리 단계로 수행되므로 추가적인 방사선 노출이나 침습적 처치로 인한 위해는 없으며, 보고된 이상반응이나 부작용 사례도 없다. 다만, 정량 분석 적용 시 몇 가지 기술적 한계를 인지해야 한다. 뇌위축에 따른 부분용적효과(partial volume effect)로 인해 대사저하가 과대해석될 위험이 있고, 분석에 사용되는 임계값(threshold) 설정에 따라 위양성이 발생할 수 있다. 또한, 소프트웨어에 탑재된 정상 데이터베이스가 국내 고령 환자군이나 개별 기관의 스캐너 특성과 일치하지 않을 수 있다. 아울러 정량값은 연령, 혈당 및 금식 상태, FDG 투여 후 영상 획득 시점, 검사 중 환자의 인지·활동 상태 등 생리적 요인과 PET 장비, 영상 재구성 방법, 참조영역(reference region) 설정, 분석 소프트웨어에 따라 달라질 수 있고, 참조영역 자체의 대사 변화도 결과에 영향을 줄 수 있으므로, 특정 절대값이나 절단값(cut-off)을 일률적으로 적용하는 데에는 주의가 필요하다. 이러한 이유로 정상 변이를 비정상으로 오판할 가능성이 있어, 결과 과신뢰에 따른 불필요한 추가 검사·치료 결정이 잠재적 위해로 고려될 수 있다. 그러나 정량 분석은 시각 판독을 대체하지 않는 보조 도구이므로 임상적 위해는 경미하다.

[1.3] 이득과 위해의 저울질

정량 분석은 경미하거나 부재한 위해 하에 특이도 개선과 위양성 감소, 비숙련 판독자의 민감도 향상이라는 순이득(net benefit)을 제공하므로 이득이 위해를 상회한다. 다만 효과의 절대 크기가 전반적으로 크지 않고 임상 맥락에 따른 변동(파킨슨병 감별에서의 민감도 절충, 비알츠하이머 치매 감별에서의 불확실성)이 있으므로, "아마도 해당 중재법이 더 선호됨"으로 판단한다.

[2] 근거수준

본 핵심질문의 핵심 결과(critical outcome)는 진단 정확도(민감도·특이도) 단일 지표이며, 진단 정확도 연구로서 GRADE 출발점은 High이다. 전체 분석에서 민감도는 감점 요인이 없어 High(⊕⊕⊕⊕)로, 특이도는 비뚤림 위험에서 1단계 하향하여 Moderate (⊕⊕⊕◯)로 평가되었다.

특이도의 비뚤림 위험 하향 사유는 포함된 9편 중 6편이 대조군 또는 사전 확진 진단군만 선별한 증례-대조 설계로 스펙트럼 편향에 의해 특이도가 과대추정될 수 있고, Arnone 2022의 참조표준 통합 편향(임상진단에 [^{18}F]FDG PET 정성 판독 반영)이 특이도 추정에 기여할 수 있기 때문이다. 비직접성은 모든 연구가 동일 환자 내에서 두 판독 방법을 직접 비교한 완전 대응 설계이므로 감점하지 않았으며, 비일관성·비정밀성·출판 비뚤림도 감점 사유가 없었다.

GRADE 의사결정은 핵심 결과 중 가장 낮은 근거수준을 기준으로 하므로, 본 권고의 종합 근거수준은 특이도를 기준으로 Moderate이다(민감도 High). 하위군별로는 알츠하이머치매·경도인지장애와 비알츠하이머 치매 감별의 특이도가 Very low, 파킨슨병 감별의 민감도와 숙련 판독자의 특이도가 각각 Moderate 및 Low로, 근거수준이 임상 맥락에 따라 변동을 보였다.

[3] 가치와 선호도

신경퇴행성 질환의 정확한 감별진단은 치료 개시, 돌봄 계획 수립, 예후 상담에 직접 영향하므로 진단 정확도 향상에 대한 환자·가족·임상의의 가치판단 방향은 일치하며 변동성은 낮을 것으로 판단된다. 정량 분석 병용은 검사 결과 통보 시간을 의미 있게 지연시키지 않고 환자에게 추가 부담을 주지 않아 가치판단의 변동성이 작을 것으로 예상되어 "아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임"으로 판단한다. 다만 본 핵심질문에서 환자 가치·선호도에 대한 직접 조사 문헌고찰은 별도로 시행하지 않았다.

[4] 장애요인과 촉진요인

[4.1] 장애요인

정량 분석 소프트웨어 도입 시 기관별 라이선스 및 유지관리를 위한 추가 재원 확보가 요구된다. 또한 소프트웨어 제조사 및 정량화 방식에 따라 산출 수치가 상이하여 표준화된 보고 체계 구축을 저해하며, 한국인 기반 정상 데이터베이스의 부재도 제약 요인으로 작용한다. 이러한 기술적 한계를 극복하기 위해서는 핵의학과와 의뢰 임상과 간 정량 분석 결과 해석에 대한 표준 교육 및 다학제적 합의가 필요하다.

[4.2] 촉진요인

국내 상급종합병원의 높은 정량 분석 소프트웨어 확보율과 대규모 임상연구·코호트 기반의 축적된 활용 경험은 실무 적용에 유리한 토대이다. 이러한 기반을 실제 진료에 온전히 구현하기 위해서는 표준화된 진료지침 제정과 전문 교육 자료의 개발·보급이 필수적이며, 이는 의료진의 제도적 수용성을 높이는 촉매제 역할을 할 것이다.

[4.3] 극복방안

정량 분석 결과의 보고 형식 표준화, 소프트웨어 간 결과 비교를 위한 가이드라인 개발, 한국인 기반 정상 데이터베이스 구축, 핵의학 전문의 및 의뢰의 대상 교육 프로그램 운영이 장애요인 극복의 핵심 방안이다.

[5] 자원(비용)

정량 분석 소프트웨어 도입 비용은 의료기관별 다양성이 존재한다. 이미 소프트웨어를 보유한 기관은 도입 비용이 없으나, 신규 도입 기관은 라이선스 비용이 일회성으로 발생하며, 이후 업그레이드·정상 데이터베이스 갱신·기술 지원 등 유지보수 비용이 추가될 수 있어 기관별 부담의 변동성이 있다.

정량 분석에 대한 별도 보험 수가가 없으므로, 본 권고의 비교 대상인 '시각 분석 단독'과 '시각+정량 분석 병용'에 대한 환자 본인부담금은 차이가 없다. 즉 자원 영향은 환자 측이 아닌 의료기관 측(소프트웨어 도입·유지보수, 인적 자원)에서 발생하며, 따라서 자원 요구의 판단은 '다양함'에 해당한다.

향후 진단 정확도 향상으로 부적절한 약물치료 및 추가 검사 비용의 절감 효과가 기대되나, 이에 대한 경제성 평가는 별도로 필요하다.

[6] 권고 결정 과정 시 수정보완 내용

[6.1] 합의회의 검토결과

합의회의에서는 진단 정확도의 절대적 수치 차이가 크지 않음에도 위해가 경미하고, 특이도 개선이 동일 환자 내 대응 비교라는 직접 근거로 뒷받침되며, 비숙련 판독자에서 부가 이득이 뚜렷하다는 점을 고려하였다. 종합 근거 수준이 Moderate(특이도 기준)인 점을 반영하여 '강하게 권고'가 아닌 '조건부 권고'로 조정하는 방안이 논의되었으며, 이득이 위해를 명확히 상회한다는 판단에 기초하여 조건부 권고로 최종 합의하였다.

[6.2] 외부검토의 검토결과

2026년 7월 15일–27일 외부검토(델파이)를 실시하여 7명의 외부 전문가가 검토의견을 제시하였으며, 1–9점 척도로 동의 정도를 회신 받았다. 평균 7.7점(중앙값 8점, Q1–Q3: 7.0–8.0점)의 검토결과를 얻었으며, 7–9점 동의 응답이 7/7명(100%)으로 사전 설정한 합의 기준(≥66.7%)을 충족하여 합의에 도달하였다. 검토의견으로, 정량 분석의 한계도 함께 다룰 필요가 있다는 의견과 함께 국내 고령군 및 사용 스캐너와 정상 데이터베이스 간의 불일치, 부분용적효과(partial volume effect)에 의한 대사저하의 과대해석, 임계값 설정에 따른 위양성 가능성이 지적

되었으며, 실무위원회는 해당 내용을 '1.2 위해' 항목에 추가 기술하였다. 정량 분석이 시각적 판독을 대체하는 것이 아니라 보조하는 수단임을 명시할 필요가 있다는 의견에 대해서는, 임상적 고려사항에 '정량 분석은 시각 판독을 보조하는 수단이므로, 정량 결과는 시각 판독 및 임상정보와 함께 해석하고 단독으로 양·음성 판정의 근거로 삼지 않는다'는 문장을 추가하였다. 아울러 정량 분석의 이득이 비숙련 판독자와 감별이 어려운 사례에서 크다는 맥락 의존성을 부기하자는 제안에 대하여, 비숙련 판독자에서의 부가 이득은 이미 임상적 고려사항에 기술되어 있어 기존 서술을 유지하였고, 치매 아형 간 감별에 대한 부기는 본 핵심질문이 '시각적 판독에 정량 분석을 병용하였을 때의 추가 이득'에 한정되어 있고 근거요약 3에서 아형 감별에 대한 부가 이득이 제한적이며 연구 간 일관성이 낮게 나타나, 임상적 고려사항에는 부가 이득이 비교적 확실한 상황을 위주로 기술한다는 원칙에 따라 반영하지 않았다. 이상의 논의를 종합하여 실무위원회는 기존의 '조건부 시행권고(권고등급 B)' 및 근거수준 '중등도' 등급을 유지하기로 최종 판단하였다.

[7] 근거기반의사결정틀(Evidence to Decision Frameworks)

[이득과 위해] 이득과 위해를 모두 고려했을 때, 해당 중재법이 비교 중재법보다 더 선호되는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 아마도 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 선호되는 것 없음 ● 아마도 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	[이득] 메타분석 결과, 결과요약표(SoF table) 참조 [위해] 정량 분석 병용은 동일 FDG PET 영상의 후처리 단계로 수행되어 추가 방사선·침습·검사시간 부담 없음. 보고된 이상반응·부작용 사례 없음. [종합] 원하는 효과(진단정확도 개선)가 경미하거나 부재한 원하지 않는 효과를 상회 → 순이득(net benefit) 양(+)의 방향.	▪ 신경퇴행성 질환에서 위양성은 부적절한 약물치료로 이어질 수 있음. 예컨대 알츠하이머치매 위양성 시 불필요한 콜린에스터분해효소 억제제(cholinesterase inhibitor) 투여, 루이소체치매(DLB)를 알츠하이머치매로 오인할 경우 항정신병약 처방에 따른 생명 위협이 가능한 중증 과민반응(severe neuroleptic sensitivity) 노출, 파킨슨증 아형 오분류에 따른 도파민 반응성 기대의 오판 등이 초래될 수 있음. 이는 환자·보호자의 심리적 부담과 함께 특이도 개선의 임상적 가치를 뒷받침함. ▪ 비교 효과 방향이 전체 9편 중 7편(78%)에서 특이도 개선으로 일관되어 효과 추정의 강건성을 뒷받침함. ▪ 시각 분석 단독은 특이도 이질성이 크고($I^2 \approx$ 82%) 판독자 간 변동성이 커, 정량 분석 병용이 일관된 특이도 개선과 함께 판독자 간 변동성을 줄이는 부가 효과를 기대할 수 있음(특히 경험이 부족한 판독자). ▪ 정량 분석의 잠재적 위해는 (a) 결과 과신뢰로 인한 불필요한 추가 검사·치료 결정, (b) 정상 변이를 비정상으로 오해석하는 위양성 가능성 등 이론적 수준이며, 시각 판독을 대체하지 않는 보조 도구이므로 임상적 위해는 경미함. ▪ 효과의 절대 크기가 전반적으로 modest하고 시나리오에 따라 변동(PD 감별의 민감도 절충, 비AD 치매 감별의 불확실성)하며 특이도 종합 근거수준이 Moderate (ROB −1)임을 고려하여, "강하게(definitely)"가 아닌 "아마도(probably) 해당 중재법이 더 선호됨"으로 판단.

[근거의 확신도] 근거의 확신도는 전반적으로 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 매우 낮음 ○ 낮음 ● 보통 ○ 높음 ○ 포함된 연구 없음	결과요약표(SoF table) 참조	▪ GRADE에서 의사결정은 핵심 결과 중 가장 낮은 근거수준을 기준으로 하므로 본 권고의 종합 근거 수준은 Moderate(특이도 기준) ▪ Inconsistency, Imprecision, Indirectness, Publication bias는 모두 감점 사유 없음으로 종합 평가됨 ▪ 비교 DTA의 양 arm 동등 적용 이질성 원칙과 MCID 기반 imprecision 판정 원칙이 일관 적용됨
[가치] 주요 결과에 대한 가치판단에 중요한 불확실성이나 변동성이 존재하는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있음 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음 ● 아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 없음	주요 관심결과의 상대적 중요도 및 가치: ▪ 신경퇴행성 질환의 정확한 조기 진단은 환자·가족·임상의 모두에게 높은 가치를 가짐(치료 개시·돌봄 계획 수립·예후 상담) ▪ 진단 검사의 정확도 향상은 임상의·환자 모두 동일 방향으로 가치 부여 ▪ 본 KQ에서 환자 가치·선호도에 대한 직접 조사 문헌고찰은 별도로 시행하지 않음(관련 직접 근거 없음)	▪ 정량 분석 추가가 검사 결과 통보 시간을 의미 있게 지연시키지 않으며 환자에게 추가 부담이 없음을 고려할 때, 가치판단의 변동성은 작을 것으로 판단 ▪ 다만 정량 분석 결과를 환자에게 어떻게 설명할지에 대한 의료진 간 변동은 존재 가능(의사소통 방식의 변동성)
[필요 자원] 자원(비용)은 얼마나 많이 필요한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 많은 비용이 필요함 ○ 어느 정도 비용이 필요함 ○ 비용 변화의 차이 거의 없음 ○ 어느 정도 비용이 절감됨 ○ 많은 비용이 절감됨 ● 다양함 ○ 잘 모르겠음	비용 측면 검토(예: 보험 수가): ▪ 검사 자체의 본인부담 비용은 요양급여 수가 체계에 따라 산정됨(의료기관 자율 책정 사항 아님) ▪ 정량 분석에 대한 별도 보험 수가는 미설정 → 환자 입장에서 시각 분석 단독 대비 정량 분석 병용 시 추가 본인부담은 발생하지 않음 ▪ 판독자의 정량 분석 검토 시간이 추가되나 일반적으로 5~15분 이내로 제한적	▪ 정량 분석 소프트웨어 도입 비용은 의료기관별 다양성이 존재함: 이미 보유한 기관은 도입 비용이 없고 검사당 추가 비용도 거의 없으나, 신규 도입 기관은 라이선스 비용(수백만~수천만 원)이 일회성으로 발생하며, 이후 업그레이드·정상 데이터베이스 갱신·기술 지원 등 유지보수 비용이 추가될 수 있어 기관별 부담 변동성이 있음. ▪ 정량 분석에 대한 별도 보험 수가가 없어 인적 자원(판독 시간) 추가 부담은 기관 차원에서 흡수되며, 비교 대상이 “시각 분석 단독”과 “시각+정량 분석 병용”이므로 환자 본인부담금의 차이는 없음 — 자원 영향은 환자 측이 아닌 의료기관 측(소프트웨어 도입·유지보수, 인적 자원)에서 발생.

[수용성] 해당 중재법은 주요 이해관계자들에게 수용될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수용될 수 없음 ○ 아마도 수용될 수 없음 ○ 아마도 수용될 수 있음 ● 수용될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	▪ 환자 및 보호자 측면에서는 정량 분석이 동일 영상의 후처리 단계로 추가적인 검사 부담이 없으며, 진단 정확도 및 판독 일관성 향상에 대해 긍정적으로 수용될 것으로 예상됨. ▪ 판독의 측면에서는 정량 분석이 객관적 보조 도구로서 판독 신뢰도를 높이고 불확실한 증례에서의 의사결정 자신감을 향상시킬 수 있음.	▪ 핵의학 전문의 및 의뢰임상의 대상 정량 분석 결과 해석 교육·훈련 부분 필요 ▪ 비숙련 판독자의 결과 해석 자신감 향상을 위한 교육 자료 및 임상 가이드 필요
[수행 가능성] 해당 중재법은 수행될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수행될 수 없음 ○ 아마도 수행될 수 없음 ● 아마도 수행될 수 있음 ○ 수행될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	수행 인프라 현황: ▪ 국내 3차 의료기관 대부분이 FDG PET을 시행 중이며 기존 PET/CT 시스템 및 워크스테이션에 정량 분석 소프트웨어 대부분 구비	장애 요인: ▪ 정량 분석 결과의 표준화된 보고 형식 부재(제조사별 상이) ▪ 상용 소프트웨어에 탑재된 정상 대조군 데이터베이스가 주로 서구인 기반으로 구축되어 있어, 한국인 환자 적용 시 인종 간 뇌 대사 패턴 차이로 인한 해석상 한계 촉진 요인: ▪ 학회 차원의 정량 분석 결과 구조화 보고서 표준안 마련 및 보급 ▪ 다기관 공동연구 또는 국가과제를 통한 한국인 정상 FDG PET 데이터베이스 구축 및 상용 소프트웨어 연동
[형평성] 건강불평등에 미치는 영향은 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 건강 불평등이 증가함 ○ 아마도 건강 불평등이 증가함 ● 아마도 아무 영향이 없음 ○ 아마도 건강 불평등이 감소함 ○ 건강 불평등이 감소함 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	▪ 정량 분석 추가가 환자의 검사 접근성에 직접적인 영향을 미치지 않음. ▪ FDG PET 자체의 접근성 격차는 정량 분석 추가 여부와 무관하게 기존에 존재하는 구조적 문제임.	▪ 정량 분석 추가로 인해 건강 불평등이 새로 발생하거나 기존 격차가 심화될 가능성은 낮은 것으로 판단됨 ▪ 거주지·사회경제적 상태에 따른 PET 검사 접근성 격차는 전액본인부담(100/100) 요양급여라는 비용 부담 구조에서 기인하며, 본 권고(시각 분석 단독 vs. 정량 분석 병용)의 채택 여부와 무관하게 동일 수준으로 유지됨 → 형평성에 대한 한계 효과는 거의 없음으로 판단

	판단						
이득과 위해의 비교	비교 중재법이 더 선호됨	아마도 비교 중재법이 더 선호됨	선호되는 것 없음	**아마도 해당 중재법이 더 선호됨**	해당 중재법이 더 선호됨	다양함	잘 모르겠음
근거의 확신도	매우 낮음	낮음	**중등도**	높음	포함된 연구 없음		
가치	중요 불확실성 또는 변동성이 있음	아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음	**아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임**	중요 불확실성 또는 변동성이 없음			
필요 자원	많은 비용이 필요함	어느 정도 비용이 필요함	비용 변화의 차이 거의 없음	어느 정도 비용이 절감됨	많은 비용이 절감됨	**다양함**	잘 모르겠음
수용성	수용될 수 없음	아마도 수용될 수 없음	아마도 수용될 수 있음	**수용될 수 있음**	다양함	잘 모르겠음	
수행가능성	수행될 수 없음	아마도 수행될 수 없음	**아마도 수행될 수 있음**	수행될 수 있음	다양함	잘 모르겠음	
형평성	건강불평등이 증가함	아마도 건강불평등이 증가함	**아마도 아무 영향이 없음**	아마도 건강불평등이 감소함	건강불평등이 감소함	다양함	잘 모르겠음

Acknowledgements

본 권고안의 체계적 문헌 검색에 김미선 사서(부산대학교 의생명과학도서관, Medical Sciences Library, Pusan National University, Yangsan, Republic of Korea)의 도움을 받았음.

References

1. Nobili F, Arbizu J, Bouwman F, et al. European Association of Nuclear Medicine and European Academy of Neurology recommendations for the use of brain [^{18}F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography in neurodegenerative cognitive impairment and dementia: Delphi consensus. Eur J Neurol 2018;25(10):1201–1217. DOI: 10.1111/ene.13728.
2. Bohnen NI, Djang DSW, Herholz K, Anzai Y, Minoshima S. Effectiveness and safety of [^{18}F]FDG PET in the evaluation of dementia: a review of the recent literature. J Nucl Med 2012;53(1):59–71. DOI: 10.2967/jnumed.111.096578.
3. Guedj E, Varrone A, Boellaard R, et al. EANM procedure guidelines for brain PET imaging using [^{18}F]FDG, version 3. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2022;49(2):632–651. DOI: 10.1007/s00259–021–05603–w.
4. Arbizu J, Morbelli S, Minoshima S, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Brain [^{18}F]FDG PET Imaging, Version 2.0. J Nucl Med 2025;66(Suppl 2):S45–S60. DOI: 10.2967/jnumed.124.268754.
5. Arnone A, Allocca M, Di Dato R, Puccini G, Laghai I, Rubino F, et al. FDG PET in the differential diagnosis of degenerative parkinsonian disorders: usefulness of voxel-based analysis in clinical practice. Neurol Sci 2022;43(9):5333–5341. DOI: 10.1007/s10072–022–06166–w.

6. Burdette JH, Minoshima S, Vander Borght T, Tran DD, Kuhl DE. Alzheimer disease: improved visual interpretation of PET images by using three-dimensional stereotaxic surface projections. Radiology 1996;198(3):837-843. DOI: 10.1148/radiology.198.3.8628880.

7. Foster NL, Heidebrink JL, Clark CM, et al. FDG PET improves accuracy in distinguishing frontotemporal dementia and Alzheimer's disease. Brain 2007;130(10):2616-2635. DOI: 10.1093/brain/awm177.

8. Kim J, Cho SG, Song M, et al. Usefulness of 3-dimensional stereotactic surface projection FDG PET images for the diagnosis of dementia. Medicine (Baltimore) 2016;95(49):e5622. DOI: 10.1097/MD.0000000000005622.

9. Kwon KY, Choi CG, Kim JS, Lee MC, Chung SJ. Comparison of brain MRI and [^{18}F]FDG PET in the differential diagnosis of multiple system atrophy from Parkinson's disease. Mov Disord 2007;22(16):2352-2358. DOI: 10.1002/mds.21714.

10. Lehman VT, Carter RE, Claassen DO, et al. Visual assessment versus quantitative three-dimensional stereotactic surface projection fluorodeoxyglucose positron emission tomography for detection of mild cognitive impairment and Alzheimer disease. Clin Nucl Med 2012;37(8):721-726. DOI: 10.1097/RLU.0b013e3182478d89.

11. Lim SM, Katsifis A, Villemagne VL, et al. The [^{18}F]FDG PET cingulate island sign and comparison to [123I] beta-CIT SPECT for diagnosis of dementia with Lewy bodies. J Nucl Med 2009;50(10):1638-1645. DOI: 10.2967/jnumed.109.065870.

12. Massa F, Chincarini A, Bauckneht M, et al. Added value of semiquantitative analysis of brain FDG PET for the differentiation between MCI-Lewy bodies and MCI due to Alzheimer's disease. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2022;49(4):1263-1274. DOI: 10.1007/s00259-021-05568-w.

13. Partovi S, Yuh R, Pirozzi S, et al. Diagnostic performance of an automated analysis software for the diagnosis of Alzheimer's dementia with [^{18}F]FDG PET. Am J Nucl Med Mol Imaging 2017;7(1):12-23.

14. Tripathi M, Dhawan V, Peng S, et al. Differential diagnosis of parkinsonian syndromes using [^{18}F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography. Neuroradiology 2013;55(4):483-492. DOI: 10.1007/s00234-012-1132-7.

15. Tang CC, Poston KL, Eckert T, et al. Differential diagnosis of parkinsonism: a metabolic imaging study using pattern analysis. Lancet Neurol 2010;9(2):149-158. DOI: 10.1016/S1474-4422(10)70002-8.

보충자료(Supplementary material)

[1] 검색어(Search Query)

[1.1] PubMed

No.	Search Query
#1	Neurodegenerative Diseases[MeSH Terms]
#2	"neurodegenerative disease*"[Text Word] OR "neurodegenerative disorder*"[Text Word] OR "neurodegenerative condition*"[Text Word] OR "degenerative neurologic disease*"[Text Word] OR "degenerative neurologic disorder*"[Text Word] OR "degenerative neurologic condition*"[Text Word] OR "nervous system degenerative disease*"[Text Word] OR "nervous system degenerative disorder*"[Text Word] OR "nervous system degenerative condition*"[Text Word] OR "neurologic degenerative disease*"[Text Word] OR "neurologic degenerative disorder*"[Text Word] OR "neurologic degenerative condition*"[Text Word] OR "degenerative disease*"[Text Word] OR "degenerative disorder*"[Text Word] OR "degenerative condition*"[Text Word] OR "degenerative brain disease*"[Text Word] OR "degenerative brain disorder*"[Text Word] OR "degenerative brain condition*"[Text Word]
#3	"alzheimer*"[Text Word] OR "dementia"[Text Word] OR "parkins*"[Text Word] OR "Huntington"[Text Word] OR "multiple system atrophy"[Text Word] OR "movement disorder*"[Text Word]
#4	#1 OR #2 OR #3
#5	Positron-Emission Tomography[MeSH Terms]
#6	"PET"[Text Word] OR "positron emission tomograph*"[Text Word] OR "positron tomography"[Text Word]
#7	#5 OR #6
#8	Fluorodeoxyglucose F18[MeSH Terms]
#9	"FDG"[Text Word] OR "Fluorodeoxyglucose"[Text Word] OR "2 fluoro 2 deoxy d glucose"[Text Word] OR "2 fluoro 2 deoxyglucose"[Text Word] OR "Fludeoxyglucose"[Text Word] OR "2 18f fluoro 2 deoxy d glucose"[Text Word] OR "deoxyglucose f18"[Text Word] OR ("cerebral metabolic rate of glucose"[Text Word] OR (("Cerebral"[Text Word] OR "brain"[Text Word]) AND "glucose metabol*"[Text Word]))
#10	#8 OR #9
#11	#7 AND #10
#12	((radiomics[MeSH Terms]) OR (Artificial Intelligence[MeSH Terms])) OR (Electronic Data Processing[MeSH Terms])
#13	"quantitat* analysis"[Text Word] OR "statistic* analysis"[Text Word] OR "SSP"[Text Word] OR "stereotactic surface projection*"[Text Word] OR "SPM"[Text Word] OR "statistic* parametric* map*"[Text Word] OR "PALZ"[Text Word] OR "radiomic*"[Text Word] OR "artificial intelligence"[Text Word] OR "analysis tool*"[Text Word] OR "quantit* assess*"[Text Word] OR "data analysis software"[Text Word] OR "imaging software"[Text Word] OR "Measurement-based"[Text Word] OR "automated image analysis"[Text Word] OR "electronic data processing"[Text Word] OR "automatic"[Text Word]
#14	#12 OR #13
#15	#11 AND #14

#16	#4 AND #15
#17	(animals[MeSH Terms]) NOT (humans[MeSH Terms])
#18	#16 NOT #17
#19	english[Language]
#20	#18 AND #19

[1.2] EMBASE

No.	Search Query
#1	'degenerative disease'/exp
#2	'neurodegenerative disease*':ti,ab,kw OR 'neurodegenerative disorder*':ti,ab,kw OR 'neurodegenerative condition*':ti,ab,kw OR 'degenerative neurologic disease*':ti,ab,kw OR 'degenerative neurologic disorder*':ti,ab,kw OR 'degenerative neurologic condition*':ti,ab,kw OR 'nervous system degenerative disease*':ti,ab,kw OR 'nervous system degenerative disorder*':ti,ab,kw OR 'nervous system degenerative condition*':ti,ab,kw OR 'neurologic degenerative disease*':ti,ab,kw OR 'neurologic degenerative disorder*':ti,ab,kw OR 'neurologic degenerative condition*':ti,ab,kw OR 'degenerative disease*':ti,ab,kw OR 'degenerative disorder*':ti,ab,kw OR 'degenerative condition*':ti,ab,kw OR 'degenerative brain disease*':ti,ab,kw OR 'degenerative brain disorder*':ti,ab,kw OR 'degenerative brain condition*':ti,ab,kw
#3	'alzheimer*':ti,ab,kw OR 'dementia':ti,ab,kw OR 'parkins*':ti,ab,kw OR 'huntington':ti,ab,kw OR 'multiple system atrophy':ti,ab,kw OR 'movement disorder*':ti,ab,kw
#4	#1 OR #2 OR #3
#5	'fluorodeoxyglucose f 18'/exp
#6	'fdg':ti,ab,kw OR 'fluorodeoxyglucose':ti,ab,kw OR '2 fluoro 2 deoxy d glucose':ti,ab,kw OR '2 fluoro 2 deoxyglucose':ti,ab,kw OR 'fludeoxyglucose':ti,ab,kw OR '2 18f fluoro 2 deoxy d glucose':ti,ab,kw OR 'deoxyglucose f18':ti,ab,kw OR 'cerebral metabolic rate of glucose':ti,ab,kw OR ((cerebral:ti,ab,kw OR brain:ti,ab,kw) AND 'glucose metabol*':ti,ab,kw)
#7	#5 OR #6
#8	'positron emission tomography'/exp
#9	'pet':ti,ab,kw OR 'positron emission tomograph*':ti,ab,kw OR 'positron tomography':ti,ab,kw
#10	#8 OR #9
#11	#7 AND #10
#12	'quantitative analysis'/exp OR 'radiomics'/exp OR 'artificial intelligence'/exp OR 'information processing'/exp
#13	'quantitat* analysis':ti,ab,kw OR 'statistic* analysis':ti,ab,kw OR 'ssp':ti,ab,kw OR 'stereotactic surface projection*':ti,ab,kw OR 'spm':ti,ab,kw OR 'statistic* parametric* map*':ti,ab,kw OR 'palz':ti,ab,kw OR 'radiomic*':ti,ab,kw OR 'artificial intelligence':ti,ab,kw OR 'analysis tool*':ti,ab,kw OR 'quantit* assess*':ti,ab,kw OR 'data analysis software':ti,ab,kw OR 'imaging software':ti,ab,kw OR 'measurement-based':ti,ab,kw OR 'automated image analysis':ti,ab,kw OR 'electronic data processing':ti,ab,kw OR 'automatic':ti,ab,kw
#14	#12 OR #13

#15	#11 AND #14
#16	#4 AND #15
#17	#16 NOT ('animal'/exp NOT 'human'/exp)
#18	#17 AND [english]/lim
#19	#18 AND ('Article'/it OR 'Article in Press'/it OR 'Chapter'/it OR 'Clinical Trial'/it OR 'Editorial'/it OR 'Letter'/it OR 'Note'/it OR 'Review'/it OR 'Short Survey'/it)

[1.3] Cochrane Library

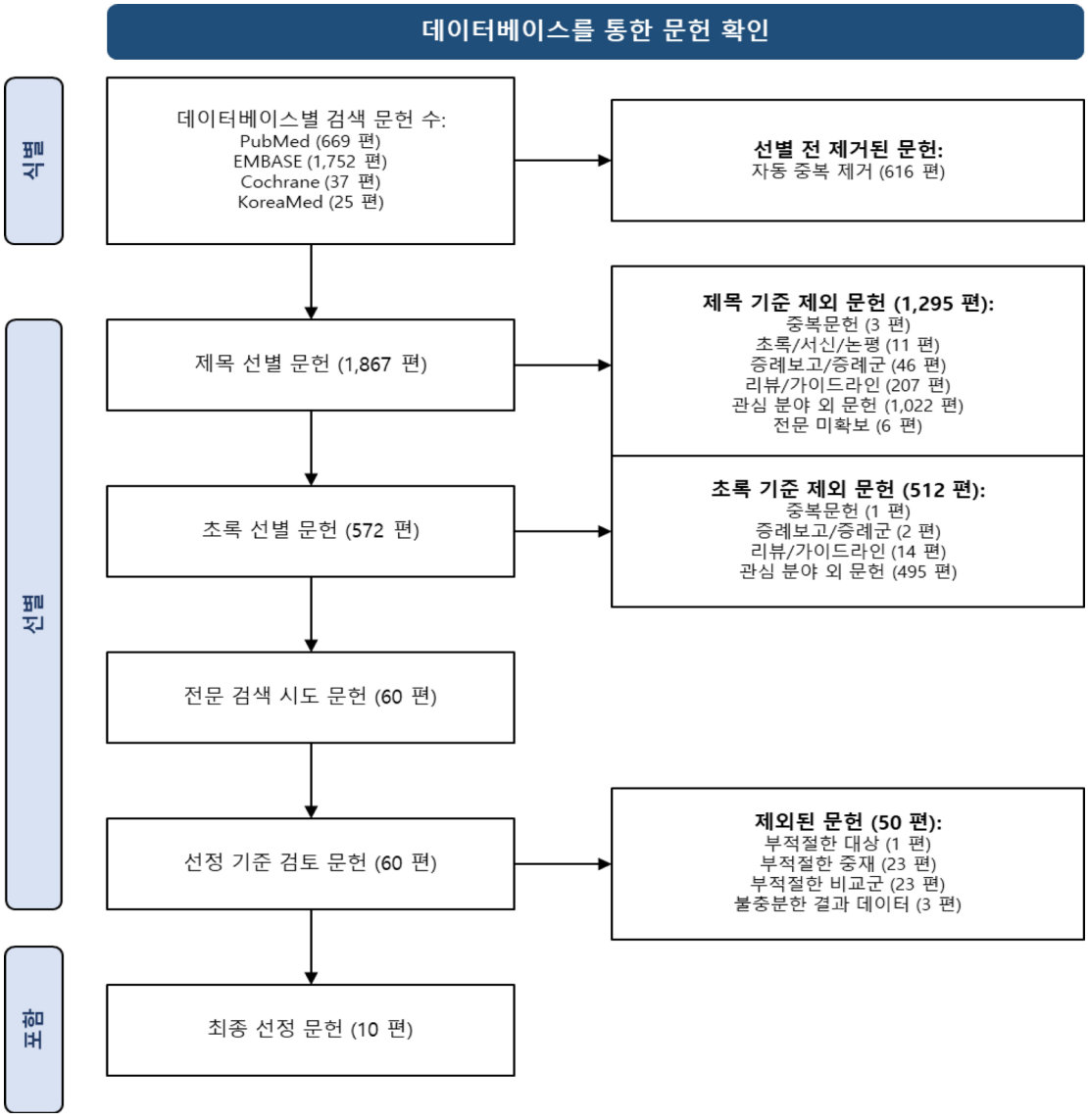
No.	Search Query
#1	[mh "Neurodegenerative Diseases"]
#2	((neurodegenerative NEXT disease*) OR (neurodegenerative NEXT disorder*) OR (neurodegenerative NEXT condition*) OR (degenerative NEXT neurologic NEXT disease*) OR (degenerative NEXT neurologic NEXT disorder*) OR (degenerative NEXT neurologic NEXT condition*) OR (nervous NEXT system NEXT degenerative NEXT disease*) OR (nervous NEXT system NEXT degenerative NEXT disorder*) OR (nervous NEXT system NEXT degenerative NEXT condition*) OR (neurologic NEXT degenerative NEXT disease*) OR (neurologic NEXT degenerative NEXT disorder*) OR (neurologic NEXT degenerative NEXT condition*) OR (degenerative NEXT disease*) OR (degenerative NEXT disorder*) OR (degenerative NEXT condition*) OR (degenerative NEXT brain NEXT disease*) OR (degenerative NEXT brain NEXT disorder*) OR (degenerative NEXT brain NEXT condition*)):ti,ab,kw
#3	(alzheimer* OR dementia OR parkins* OR Huntington OR "multiple system atrophy" OR (movement NEXT disorder*)):ti,ab,kw
#4	#1 OR #2 OR #3
#5	[mh "Positron-Emission Tomography"]
#6	(PET OR (positron NEXT emission NEXT tomograph*) OR "positron tomography"):ti,ab,kw
#7	#5 OR #6
#8	[mh "Fluorodeoxyglucose F18"]
#9	(FDG OR Fluorodeoxyglucose OR "2 fluoro 2 deoxy d glucose" OR "2 fluoro 2 deoxyglucose" OR Fludeoxyglucose OR "2 18f fluoro 2 deoxy d glucose" OR "deoxyglucose f18" OR ("cerebral metabolic rate of glucose" OR ((Cerebral OR brain) AND (glucose NEXT metabol*)))):ti,ab,kw
#10	#8 OR #9
#11	#7 AND #10
#12	[mh Radiomics] OR [mh "Artificial Intelligence"] OR [mh "Electronic Data Processing"]
#13	((quantitat* NEXT analysis) OR (statistic* NEXT analysis) OR SSP OR (stereotactic NEXT surface NEXT projection*) OR SPM OR (statistic* NEXT parametric* NEXT map*) OR PALZ OR radiomic* OR "artificial intelligence" OR (analysis NEXT tool*) OR (quantit* NEXT assess*) OR "data analysis software" OR "imaging software" OR "Measurement based" OR "automated image analysis" OR "electronic data processing" OR automatic):ti,ab,kw

#14	#12 OR #13
#15	#11 AND #14
#16	#4 AND #15
#17	#16 NOT ([mh animals] NOT [mh humans])
#18	English:la
#19	#17 AND #18

[1.4] KoreaMed

No.	Search Query
#1	"neurodegenerative disease*"[TIAB] OR "neurodegenerative disorder*"[TIAB] OR "neurodegenerative condition*"[TIAB] OR "degenerative neurologic disease*"[TIAB] OR "degenerative neurologic disorder*"[TIAB] OR "degenerative neurologic condition*"[TIAB] OR "nervous system degenerative disease*"[TIAB] OR "nervous system degenerative disorder*"[TIAB] OR "nervous system degenerative condition*"[TIAB] OR "neurologic degenerative disease*"[TIAB] OR "neurologic degenerative disorder*"[TIAB] OR "neurologic degenerative condition*"[TIAB] OR "degenerative disease*"[TIAB] OR "degenerative disorder*"[TIAB] OR "degenerative condition*"[TIAB] OR "degenerative brain disease*"[TIAB] OR "degenerative brain disorder*"[TIAB] OR "degenerative brain condition*"[TIAB]
#2	"alzheimer*"[TIAB] OR "dementia"[TIAB] OR "parkins*"[TIAB] OR "Huntington"[TIAB] OR "multiple system atrophy"[TIAB] OR "movement disorder*"[TIAB]
#3	#1 OR #2
#4	"PET"[TIAB] OR "positron emission tomograph*"[TIAB] OR "positron tomography"[TIAB]
#5	"FDG"[TIAB] OR "Fluorodeoxyglucose"[TIAB] OR "2 fluoro 2 deoxy d glucose"[TIAB] OR "2 fluoro 2 deoxyglucose"[TIAB] OR "Fludeoxyglucose"[TIAB] OR "2 18f fluoro 2 deoxy d glucose"[TIAB] OR "deoxyglucose f18"[TIAB] OR ("cerebral metabolic rate of glucose"[TIAB] OR (("Cerebral"[TIAB] OR "brain"[TIAB]) AND "glucose metabol*"[TIAB]))
#6	#4 AND #5
#7	"quantitat* analysis"[TIAB] OR "statistic* analysis"[TIAB] OR "SSP"[TIAB] OR "stereotactic surface projection*"[TIAB] OR "SPM"[TIAB] OR "statistic* parametric* map*"[TIAB] OR "PALZ"[TIAB] OR "radiomic*"[TIAB] OR "artificial intelligence"[TIAB] OR "analysis tool*"[TIAB] OR "quantit* assess*"[TIAB] OR "data analysis software"[TIAB] OR "imaging software"[TIAB] OR "Measurement-based"[TIAB] OR "automated image analysis"[TIAB] OR "electronic data processing"[TIAB] OR "automatic"[TIAB]
#8	#6 AND #7

[2] 문헌선정흐름도


데이터베이스를 통한 문헌 확인
식별
데이터베이스별 검색 문헌 수:
PubMed (669 편)
EMBASE (1,752 편)
Cochrane (37 편)
KoreaMed (25 편)
선별 전 제거된 문헌:
자동 중복 제거 (616 편)
선별
제목 선별 문헌 (1,867 편)
제목 기준 제외 문헌 (1,295 편):
중복문헌 (3 편)
초록/서신/논평 (11 편)
증례보고/증례군 (46 편)
리뷰/가이드라인 (207 편)
관심 분야 외 문헌 (1,022 편)
전문 미확보 (6 편)
초록 선별 문헌 (572 편)
초록 기준 제외 문헌 (512 편):
중복문헌 (1 편)
증례보고/증례군 (2 편)
리뷰/가이드라인 (14 편)
관심 분야 외 문헌 (495 편)
전문 검색 시도 문헌 (60 편)
선정 기준 검토 문헌 (60 편)
제외된 문헌 (50 편):
부적절한 대상 (1 편)
부적절한 중재 (23 편)
부적절한 비교군 (23 편)
불충분한 결과 데이터 (3 편)
포함
최종 선정 문헌 (10 편)

[3] 선택 문헌 특성표

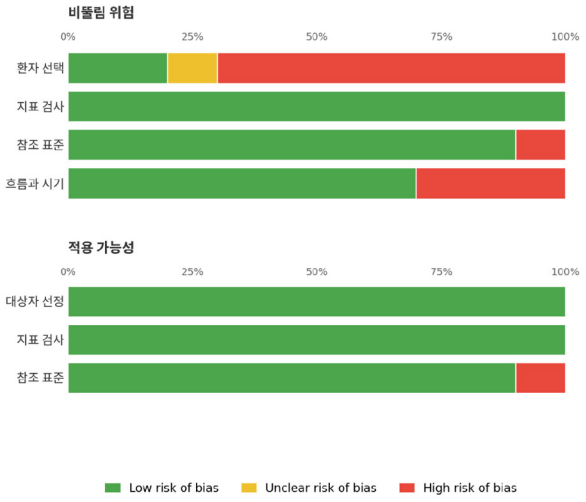
No.	문헌	연구설계	국가	대상질환	대상자 수	시각+정량 분석 병용 방법	시각 분석 단독 방법	Reference standard	결과
1	Arnone et al., 2022	후향적 코호트	이탈리아	파킨슨병 vs. 비전형 파킨슨증	83명 (PD 56, PSP 10, MSA 9, CBS 8)	정성적 시각 평가 + SPM 복셀기반 저대사·과대사 지도	정성적 시각 평가 (핵의학 전문의 4인: 숙련 2, 비숙련 2)	임상 확정 진단 (임상 추적)	민감도 77.7→91.1%, 특이도 75.9→85.2%
2	Burdette et al., 1996	후향적 case-control	미국	알츠하이머치매 vs. 비AD (정상대조군·뇌혈관질환)	79명 (AD 39, 비AD 40 [정상 22, CVD 18])	3D-SSP Z-score 영상 시각 판독	표준 횡단면 영상 시각 판독 (관찰자 4인: 전문 2, 초보 2)	임상 진단 (NINCDS-ADRDA criteria, probable AD)	민감도 85→94%, 특이도 88→99%
3	Foster et al., 2007	후향적 case-control	미국	알츠하이머치매 vs. 전두측두치매	45명 (AD 31, FTD 14)	3D-SSP 대사·통계 지도 시각 판독	축상 FDG PET 시각 판독 (치매 전문가 6인)	부검 확진 (autopsy)	민감도 96→97.6%, 특이도 59→73.2%
4	Kim et al., 2016	후향적 case-control	대한민국	알츠하이머치매/경도인지장애 vs. 루이소체치매·전두측두치매	120명 (AD/MCI 64, DLB 38, FTD 18)	시각 판독 + 3D-SSP 병합	표준 시각 판독 (핵의학 전문의 3인: 경험 상·중·하)	임상 확정 진단 (2년 추적)	AD/MCI 민감도 72→80%, 특이도 47→43%
5	Kwon et al., 2007	후향적 case-control	대한민국	파킨슨병 vs. 다계통위축	31명 (PD 9, MSA 22)	SPM 분석 보조 판독	시각적 평가 (핵의학·신경과 합의)	임상 진단	민감도 90.9→95.5%, 특이도 100→100%
6	Lehman et al., 2012	전향적 코호트	미국	경도인지장애/알츠하이머치매 vs. 정상대조군	54명 (인지장애 31 [MCI 18, AD 13], 정상 23)	3D-SSP Z-score병용	표준 시각 평가 (판독자 4인: 초보 2, 전문 2)	임상 평가 + 추적 (평균 3.6년)	민감도 83→82%, 특이도 41→75% 초보자 특이도 26→63%, 전문가 56→87%
7	Lim et al., 2009	전향적 case-control	호주	알츠하이머치매 vs. 루이소체치매	24명 (AD 10, DLB 14)	3D-SSP Z-score 시각 판독	표준 3면 영상 시각 판독 (판독자 3인)	임상 진단 (일부 부검 확진)	민감도 83→73%, 특이도 93→83%
8	Massa et al., 2022	후향적 case-control	이탈리아	알츠하이머치매 vs. 루이소체치매	79명 (AD 40, DLB 39)	SPM 분석 보조 판독	육안 평가 (전문 판독자 6인)	생체 바이오마커 (아밀로이드 PET·DAT-SPECT)	정확도 76.8→89.7% 민감도 78.2→91.2%, 특이도 77.4→88%
9	Partovi et al., 2017	후향적 case-control	미국	경증 알츠하이머치매 vs. 정상대조군	40명 (경증 AD 20, 정상 20)	3D-SSP Z-score 시각 판독	육안 판독 (경험 판독자 3인; 표준 3면)	임상 진단 (ADNI)	민감도 73→72%, 특이도 70→90%, 정확도 72→89%
10	Tripathi et al., 2013	전향적 코호트	인도	특발성 파킨슨병 vs. 비전형 파킨슨증	136명 (IPD 84, PSP 30, MSA 20, CBS 2)	SPM 분석 보조 판독	PET 전문의 시각 판독 (1인)	임상 진단 (2년 추적)	IPD 민감도 97.6→90%, 특이도 94.2→96%

[4] 비뚤림 위험 평가

질평가도구: QUADAS-2 및 QUADAS-C

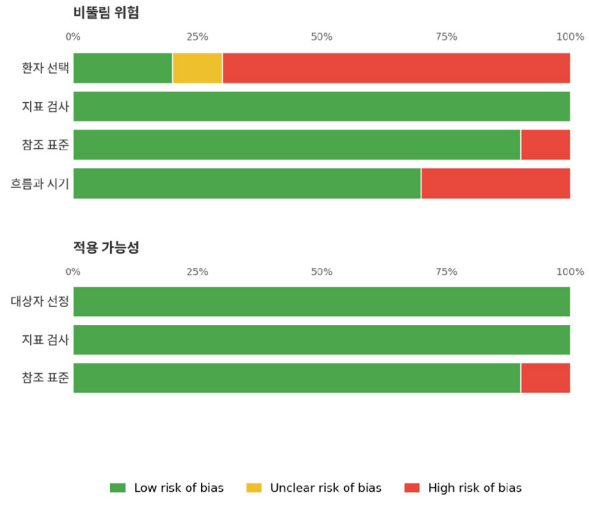
[4.1] 시각+정량 분석 병용

	비뚤림 위험				적용 가능성		
	환자 선택	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기	대상자 선정	지표 검사	참조 표준
Arnone 2022	+	+	−	+	+	+	−
Burdette 1996	−	+	+	−	+	+	+
Foster 2007	−	+	+	+	+	+	+
Kim 2016	−	+	+	+	+	+	+
Kwon 2007	−	+	+	−	+	+	+
Lehman 2012	?	+	+	+	+	+	+
Lim 2009	−	+	+	+	+	+	+
Massa 2022	−	+	+	−	+	+	+
Partovi 2017	−	+	+	+	+	+	+
Tripathi 2013	+	+	+	+	+	+	+



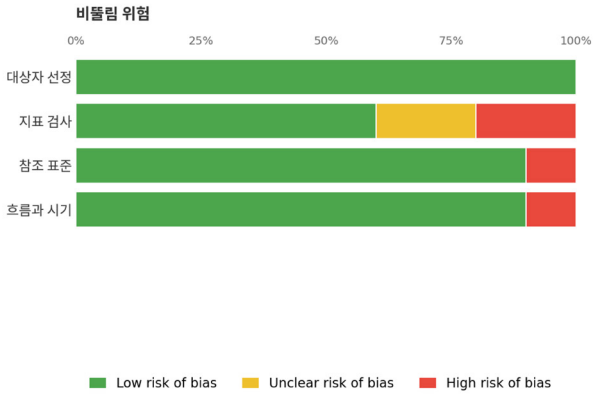
[4.2] 시각 분석 단독

	비뚤림 위험				적용 가능성		
	환자 선택	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기	대상자 선정	지표 검사	참조 표준
Arnone 2022	+	+	−	+	+	+	−
Burdette 1996	−	+	+	−	+	+	+
Foster 2007	−	+	+	+	+	+	+
Kim 2016	−	+	+	+	+	+	+
Kwon 2007	−	+	+	−	+	+	+
Lehman 2012	?	+	+	+	+	+	+
Lim 2009	−	+	+	+	+	+	+
Massa 2022	−	+	+	−	+	+	+
Partovi 2017	−	+	+	+	+	+	+
Tripathi 2013	+	+	+	+	+	+	+



[4.3] QUADAS-C 평가 결과

	QUADAS-C			
	대상자 선정	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기
Arnone 2022	+	−	−	+
Burdette 1996	+	+	+	+
Foster 2007	+	+	+	+
Kim 2016	+	+	+	+
Kwon 2007	+	?	+	−
Lehman 2012	+	+	+	+
Lim 2009	+	+	+	+
Massa 2022	+	−	+	+
Partovi 2017	+	+	+	+
Tripathi 2013	+	?	+	+



[5] 메타분석 결과

[5.1] 전체 연구의 진단 정확도(9편)

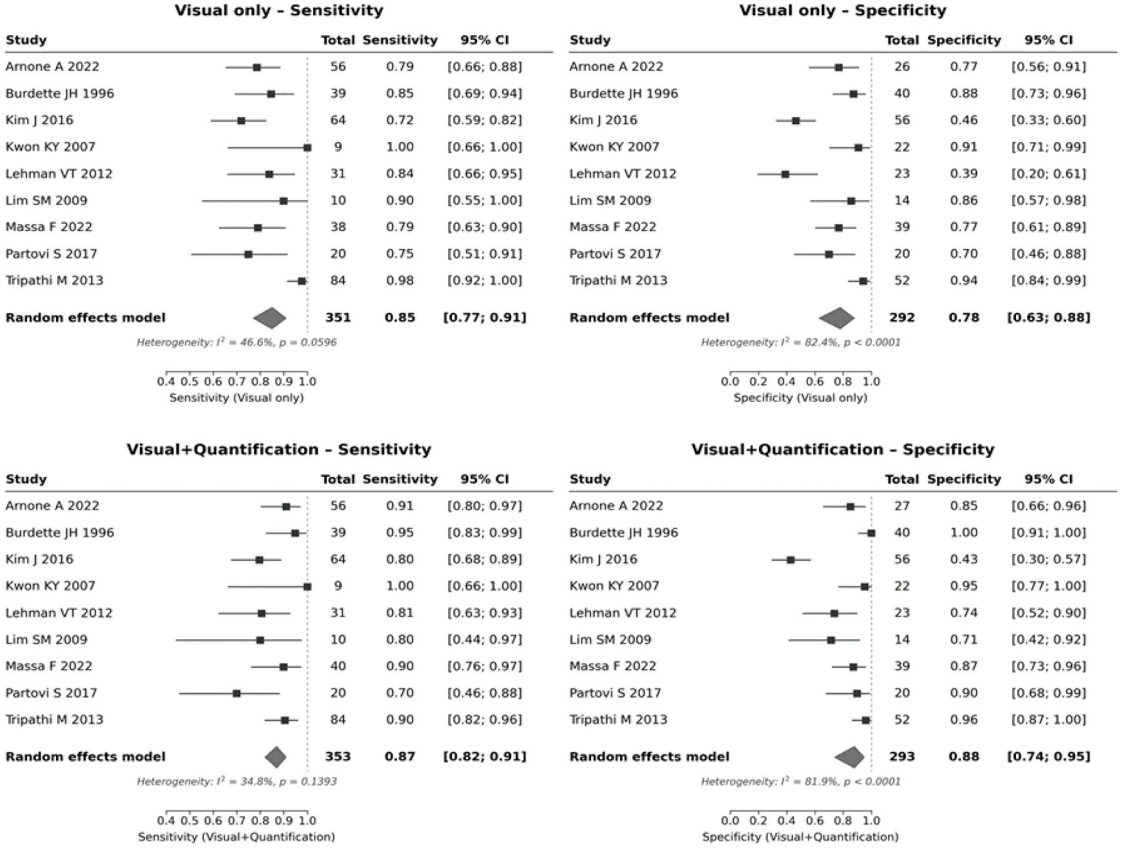


그림 5-1. 전체 연구(9편) – 시각 분석 단독 대비 시각+정량 분석 병용의 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

[5.2] 알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별 진단 정확도(3편)

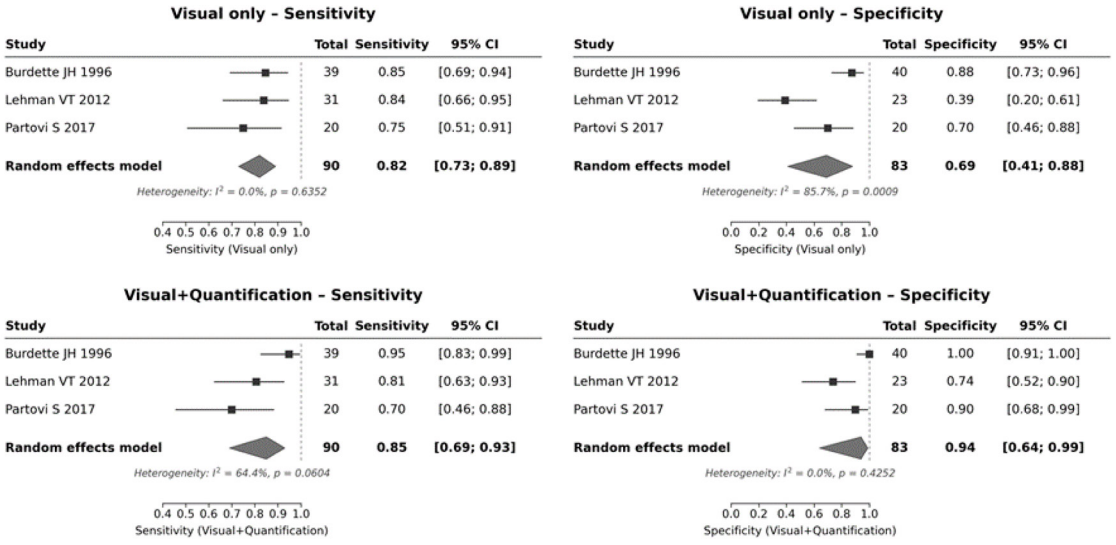


그림 5-2. 알츠하이머치매·경도인지장애와 대조군의 감별(3편) – 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

[5.3] 알츠하이머치매·경도인지장애와 비알츠하이머 치매의 감별 진단 정확도(4편)

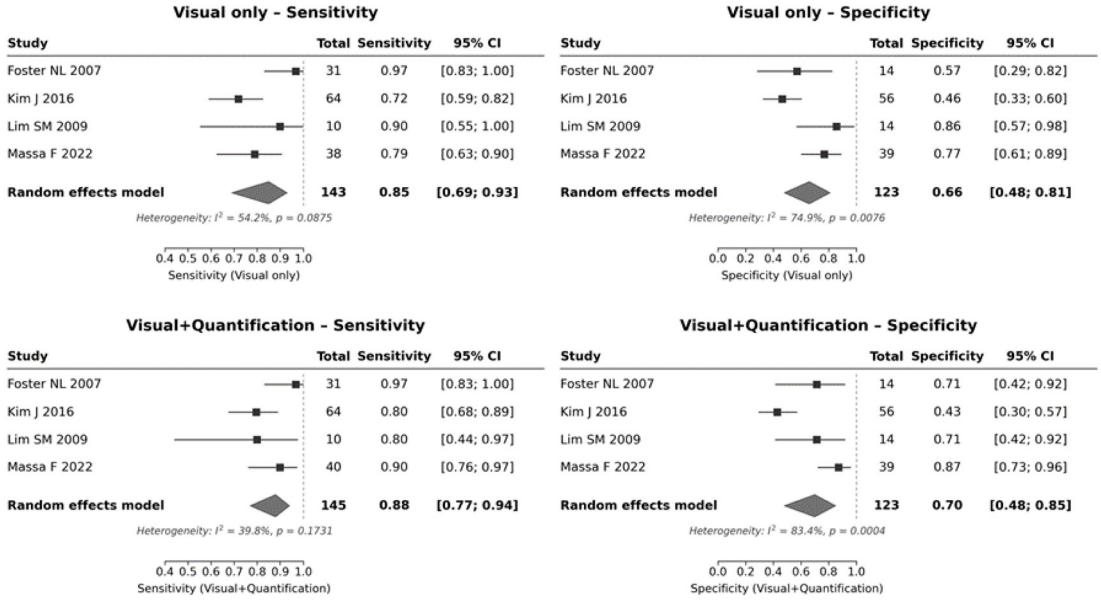


그림 5-3. 알츠하이머치매·경도인지장애와 비알츠하이머 치매의 감별(4편) – 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

[5.4] 파킨슨병과 비전형 파킨슨증의 감별 진단 정확도(3편)

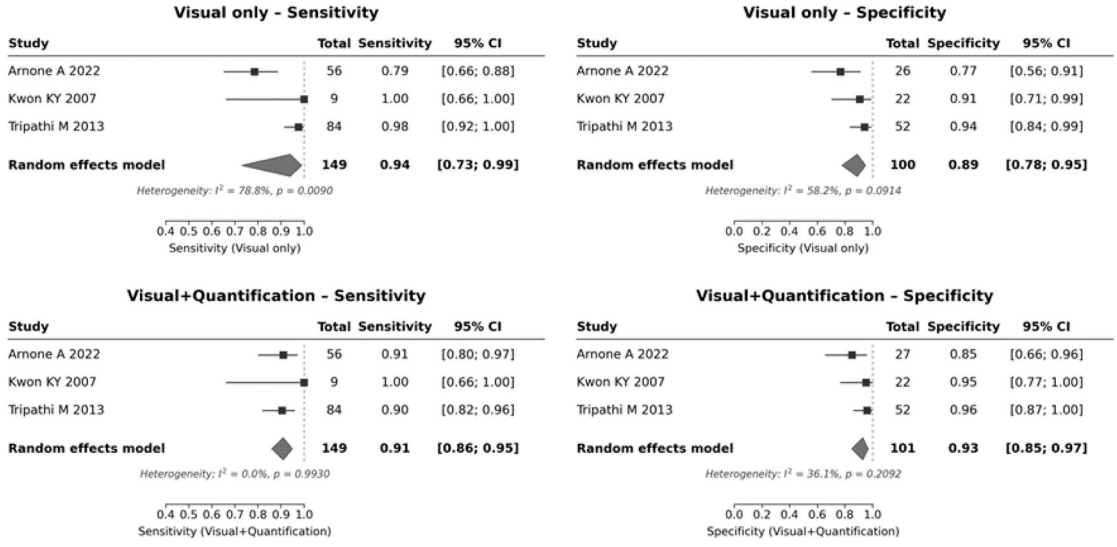


그림 5-4. 파킨슨병과 비전형 파킨슨증의 감별(3편) – 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

[5.5] 판독자 경험 수준별 진단 정확도(숙련 / 비숙련, 3편)

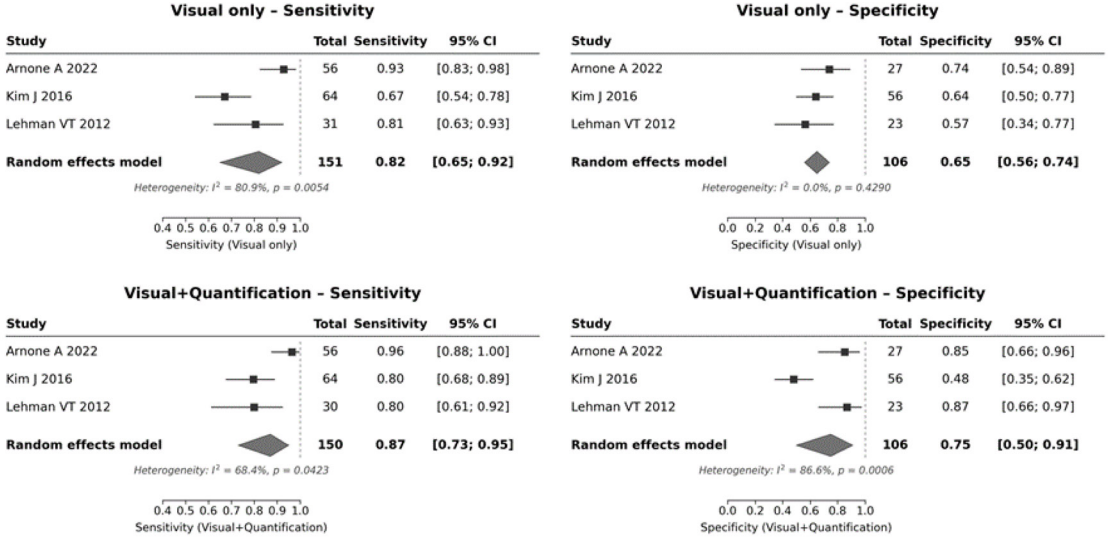


그림 5-5a. 숙련 판독자(expert, 3편) – 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

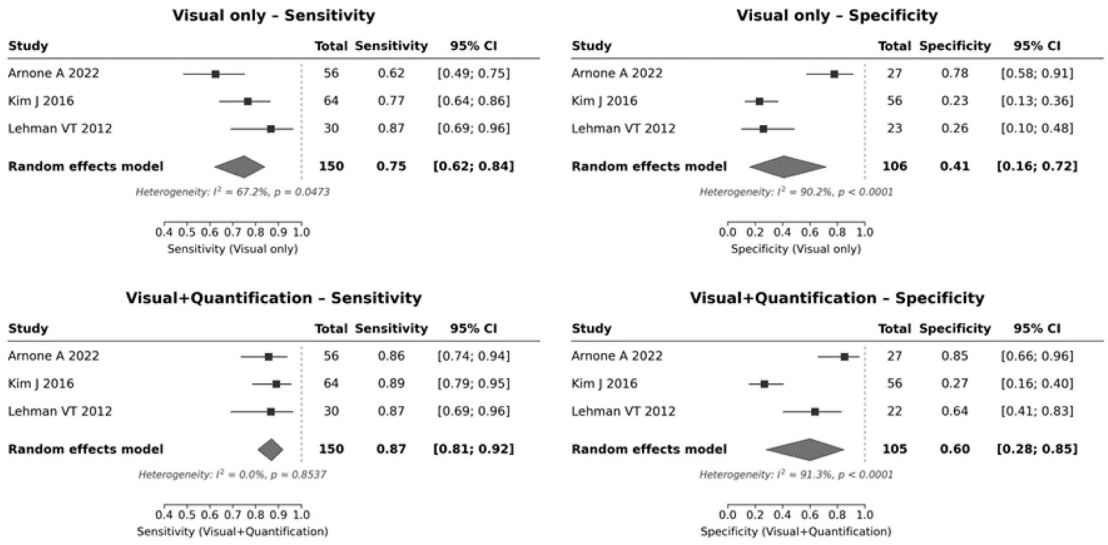


그림 5-5b. 비숙련 판독자(beginner, 3편) – 민감도·특이도 forest plot.
(좌상: 시각 단독 민감도, 우상: 시각 단독 특이도, 좌하: 시각+정량 민감도, 우하: 시각+정량 특이도)

2. 핵심질문 KQ-2. Amyloid PET 정량 분석



핵심질문: Amyloid PET을 시행한 환자에서 정량 분석을 시행하는 것은 정성 분석을 시행하는 것과 비교하여 진단과 치료 결정에 더 효과적인가?

PICO 요소

대상환자(Population)	Amyloid PET을 시행한 환자
중재(Intervention)	정량 분석(Quantitative analysis)
비교군(Comparators)	시각적 판독(Visual interpretation)
결과(Outcome)	Critical outcome – 진단 정확도(Diagnostic accuracy) – 민감도, 특이도 – 판독자 간 일치도(Inter-reader agreement) – Fleiss' kappa Limited importance – 판독 신뢰도(Reader confidence) – 임상적 유용성
연구설계(Study design)	관찰 연구(전향적/후향적 코호트 연구; 동일 피험자 내 완전 대응 설계)

권고문

권고(Recommendation)

Amyloid PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 기존 시각적 판독에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다.(권고등급: B 조건부 시행 권고, 근거수준: 낮음(Low))

배경

아밀로이드 양전자방출단층촬영(amyloid positron emission tomography; amyloid PET)은 알츠하이머병을 비롯한 신경퇴행성 질환의 진단적 평가에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 현재 규제기관이 승인한 표준 판독법은 시각적 판독(visual interpretation)으로, 주요 피질 영역(전두엽, 두정엽, 외측 측두엽, 후대상피질/쐐기앞소엽) 혹은 선조체의 섭취를 평가하여 아밀로이드 침착의 양성 또는 음성을 이분법적으로 판정한다.[1] 그러나 이러한 판독 방식은 판독자의 숙련도에 크게 의존하므로 일관성과 재현성에 한계가 있다. 특히 아밀로이드 침착이 뚜렷하지 않은 경계성 증례를 비롯하여, 비전형적 임상 양상을 보이거나 심한 뇌위축으로 인해 피질 평가가 어려운 증례에서는 판독

자 간 불일치가 발생할 가능성이 높다. 이에 따라 객관적인 판독 보조 수단에 대한 필요성이 꾸준히 제기되어 왔다.

이를 보완하기 위해 표준섭취계수비(standardized uptake value ratio; SUVR), 센틸로이드(Centiloid) 척도 등 정량 분석 도구가 개발되어 임상시험 및 다기관 연구에서 활발히 활용되고 있다. 유럽의약품청(European Medicines Agency; EMA)에서는 3종의 아밀로이드 방사성의약품에 대해 정량 분석을 시각적 판독의 보조 수단으로 공식 추가하였으며, 최근 미국 식품의약품청(Food and Drug Administration; FDA)도 라벨 개정을 통해 이를 반영하였다.[2] 정량 분석, 특히 항아밀로이드 치료의 반응 모니터링 및 종단적 변화 평가(longitudinal change assessment)에서 그 역할이 확대될 것으로 기대되고 있다.[3] 최근에는 자동화 소프트웨어의 보급으로 SUVR, Centiloid 등 정량값을 임상 현장에서도 손쉽게 산출할 수 있게 되었으며, 판독이 어려운 경계성 증례에서 객관화된 수치를 제공함으로써 판독의와 임상의의 진단 확신도를 높이는 데 기여할 수 있다. 그러나 정량 분석의 임상적 효용성에 대한 체계적 근거는 아직 충분하지 않으며, 기존 연구들은 표본 규모가 작거나 방법론이 이질적이어서 결과를 종합하기 어려운 실정이다.

문헌 검색 및 선정

Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies (PRISMA-DTA) 지침에 따라 체계적 문헌 검색을 수행하였으며, International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO: CRD420251112431)에 프로토콜을 사전 등록하였다. 검색 데이터베이스는 PubMed, EMBASE, Cochrane Library, KoreaMed이며, 2000년 이후 2025년 8월 20일까지 색인된 문헌을 대상으로 하였다. 'amyloid', 'PET', 정량 분석 관련 통제어 및 자유어를 조합한 검색식을 활용하였다. 문헌 검색 결과 총 7,042편의 논문이 검색되었으며, 중복 제거 후 5,611편의 제목과 초록을 검토하였다. 이 중 58편의 전문을 검토하였고, 최종적으로 9편의 연구가 선정되었다(진단 정확도 6편, 판독자 간 일치도 3편, 판독 신뢰도 2편, 임상적 유용성 1편).[4-12]

비뚤림 위험 평가는 진단 정확도 연구의 질 평가 도구인 Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2 (QUADAS-2) 및 비교 진단 정확도 연구를 위한 확장판 QUADAS-Comparative (QUADAS-C)를 이용하여 2인의 검토자가 독립적으로 수행하였으며, 의견 불일치는 합의를 통해 해결하였다. 환자 선택 영역에서는 3편이 고위험으로 평가되었다. 이는 환자군과 정상 대조군을 별도로 모집하는 증례-대조 설계(case-control design)를 채택하여 스펙트럼 편향이 우려되거나,[4,10] 판독이 어려운 경계성 증례만을 선택적으로 포함한 경우[6]에 해당한다. 지표 검사(Index test) 영역에서는 5편이 고위험으로 평가되었다.[4,8,10-12] 이는 정량 분석의 절단값(cutoff)을 분석에 사용된 동일한 코호트 내에서 수신자 조작 특성 곡선(Receiver Operating Characteristic curve; ROC curve) 분석을 통해 산출한 경우로, 과적합(overfitting)으로 인해 진단 성능이 과대 추정되었을 가능성이 있다. 적용 가능성(applicability) 측면에서는 2편이 불명확으로 평가되었다. 하나는 알츠하이머병이 아닌 특발성 정상압수두증(idiopathic normal pressure hydrocephalus) 환자를 대상으로 한 연구[8]이며, 다른 하나는 기대 여명 6개월 미만의 말기 치매 환자를 포함하여 일반적인 임상 현장과의 직접적인 비교가 제한되는 연구[5]이다. QUADAS-C 비교 영역의 평가 결과는 QUADAS-2와 대체로 유사하였으며, Collij 2025만 두 판독 방법이 동일 증례에 적용되어 환자 선택 비교 영역이 낮음으로 평가하였다.

근거 요약

[1] 전체 연구

최종 선정된 9편의 연구는 amyloid PET의 시각적 판독과 정량 분석을 동일 코호트 내에서 비교한 연구로 구성되었다. 이 중 알츠하이머병 병리 또는 아밀로이드 양성 여부에 대한 진단 정확도를 보고한 연구는 6편,[4,5,8,10–12] 판독자 간 일치도를 평가한 연구는 3편이었으며,[6,7,9] Collij 등(2025)은 정량 분석의 임상적 유용성도 함께 보고하였다.[6] 2편의 연구에서는 정량 분석 도입에 따른 판독 신뢰도의 변화 양상을 보고하였다.[6,7] 전향적 코호트 기반 연구가 5편,[4–6,10,11] 후향적 코호트 기반 연구가 3편,[7,9,12] 혼합 설계 1편[8]이었다. 대부분의 연구는 알츠하이머병, 경도인지장애, 인지정상군을 포함하였으나, Leinonen 등(2014)은 특발성 정상압수두증 환자를,[8] Clark 등(2012)은 기대여명 6개월 미만의 말기 치매 환자를 대상으로 하여 적용 가능성에 제한이 있었다.[5] 사용된 방사성의약품은 [^{18}F]florbetapir (3편[4,5,9]), [^{18}F]florbetaben (3편[6,7,11]), [^{18}F]flutemetamol (2편[6,8]), [11C]PiB (1편[12]), [^{18}F]florapronol (1편[10])로 다양하였다. 정량 분석의 절단값(cutoff)은 5편에서 동일 코호트 내 ROC 분석을 통해 도출되었고,[4,8,10–12] 3편에서는 외부 기준을 적용하였으며,[5,6,9] 1편은 별도의 절단값 없이 정량값만을 보고하였다.[7] 한편, 선정된 연구는 모두 진단적 판정 시점의 정량 분석을 평가한 것으로, 치료 반응 모니터링이나 종단적 아밀로이드 변화 추적에서의 정량 분석을 직접 평가한 연구는 본 핵심질문의 선정 기준에 부합하지 않았다.

[2] 진단 정확도(Diagnostic accuracy)

6편의 연구는 amyloid PET 정량 분석 및 시각적 판독의 알츠하이머병 병리 또는 아밀로이드 양성 여부에 대한 진단 정확도를 각각 별도로 보고하였다. 기준 표준(reference standard)으로는 뇌 부검 또는 피질 생검을 통한 신경병리학적 확인이 3편에서 사용되었으며,[5,8,11] 나머지 3편에서는 임상적 진단 기준이 적용되었다.[4,10,12]

단변량 무작위효과모형 기준으로 정량 분석의 통합 민감도는 0.91 (95% Confidence Interval [CI]: 0.82–0.96), 통합 특이도는 0.94 (0.85–0.98)였다. 시각적 판독의 통합 민감도는 0.90 (0.82–0.95), 통합 특이도는 0.92 (0.67–0.99)였으며, 두 방법 간 진단 정확도는 전반적으로 유사하였다.

베이지안 이변량 모형을 이용한 직접 비교에서 정량 분석은 민감도 측면에서 시각적 판독과 사실상 동등하였으며 (Odds ratio [OR] 1.04, 95% Credible Interval [CrI]: 0.63–1.73), 특이도의 경우 정량 분석에서 소폭 높은 가능성이 관찰되었으나(OR 1.88, 95% CrI: 1.04–3.49), 빈도론적 메타회귀분석에서는 민감도 및 특이도 모두에서 유의한 차이가 확인되지 않았다(각각 OR 1.04, 95% CI 0.62–1.75; OR 1.96, 95% CI 0.69–5.56).

[3] 판독자 간 일치도(Inter-reader agreement)

판독자 간 일치도를 평가한 3편의 연구[6,7,9](총 252명)를 분석한 결과, 정량 분석의 추가는 시각적 판독 단독에 비해 판독자 간 일치도를 일관되게 향상시켰으며, Fleiss 카파(Fleiss' kappa)의 통합 평균 차이(mean difference, MD)는 0.20 (95% CI: 0.08–0.33)이었다. 개별 연구의 카파 향상 범위는 0.09–0.29였으며, 이질성은 I^2=79.0% (p=0.0085)로 높았으나 모든 연구에서 효과의 방향은 일치하였다.

[4] 판독 신뢰도(Reader confidence)

판독자 간 일치도 향상과 더불어, 2편의 연구[6,7]에서 정량 분석 추가 시 판독자의 신뢰도(confidence)가 향상됨이 확인되었다. 연구 간 신뢰도 척도(reader confidence scale)가 상이하여 정량적 통합은 시행하지 않고 서술적으로 종합하였다. 구체적으로 Kim 등(2021)에서는 정량 분석 추가 후 판독 신뢰도 점수가 유의하게 증가하였으며(1.27±0.78 vs. 1.66±0.62, p<0.001),[7] 저신뢰도 판독은 74건에서 29건으로 감소하고 고신뢰도 판독은 171건에서 267건으로 증가하였다. Collij 등(2025)에서도 정량값 공개 후 판독자 신뢰도의 유의한 향상이 관찰되었다(평균 4.0 vs. 4.34, p<0.001).[6]

[5] 정량 분석의 임상적 유용성

임상적 유용성은 단 1편의 연구[6]에서 평가되었으며, 데이터가 단일 연구에 국한되어 메타분석은 시행하지 않고 서술적으로 종합하여 제시하였다. 해당 연구는 Amyloid Imaging to Prevent Alzheimer's Disease–Diagnostic and Patient Management Study (AMYPAD–DPMS) 코호트 내에서 판독이 어려운 경계성 증례를 선택적으로 포함한 전향적 설계로, 지역 판독자가 정량 정보 없이 먼저 시각적 판독을 수행한 뒤, Centiloid 정량값이 공개된 이후 판독 결과의 변화를 추적하였다. 그 결과, Centiloid 정량값은 전체 판독 평가의 70.3%에서 시각적 판독에 보조적인 역할을 한 것으로 보고되었다. 특히, 정량 정보가 없는 상태에서 지역 판독자는 전문가 합의 판독에 비해 음성으로 분류하는 경향이 높았으며(위음성률 28.7%), 정량값 공개 이후 판독 변경이 주로 이 위음성 사례에서 발생하였다. 이러한 결과는 정량 분석이 스캔 품질이 저하되거나 아밀로이드 침착이 초기 단계에 해당하는 판독 난이도가 높은 증례에서, 숙련도가 상대적으로 낮은 판독자의 임상적 의사결정을 지지하는 데 실질적인 역할을 할 수 있음을 시사한다. 다만, 해당 연구는 경계성 증례를 선별적으로 포함하여 일반적인 임상 환경에서의 효과를 과대추정할 가능성이 있으므로, 결과의 일반화에는 주의가 필요하다.

GRADE 결과요약표(GRADE Summary of Findings Table)

검사 결과 (Test result)	1,000명당 결과 수(95% CI) · Number of results per 1,000 patients tested						연구 수/ 참가자 수	근거수준 (GRADE)
	유병률 20%		유병률 46%		유병률 70%			
	정량	시각	정량	시각	정량	시각		
진단 정확도								
진양성(TP)	182 (164 to 192)	180 (164 to 190)	419 (377 to 442)	414 (377 to 437)	637 (574 to 672)	630 (574 to 665)	6편 / 276명	⨁⨁◯◯ Low[a,c]
위음성(FN)	18 (8 to 36)	20 (10 to 36)	41 (18 to 83)	46 (23 to 83)	63 (28 to 126)	70 (35 to 126)		
진음성(TN)	752 (680 to 784)	736 (536 to 792)	508 (459 to 529)	497 (362 to 535)	282 (255 to 294)	276 (201 to 297)	6편 / 245명	⨁⨁◯◯ Low[b]
위양성(FP)	48 (16 to 120)	64 (8 to 264)	32 (11 to 81)	43 (5 to 178)	18 (6 to 45)	24 (3 to 99)		
판독자 간 일치도								
Fleiss 카파 (Fleiss' kappa)	정량 분석을 추가함으로써 판독자 간 일치도가 중등도 수준으로 향상되었으며, 카파의 평균 차이는 0.20 (95% 신뢰구간 0.08–0.33)임						3편 / 252명	⨁⨁◯◯ Low[d]

a. 증례-대조군 연구(case-control studies)가 포함되어 있어 근거수준을 하향조정함.

b. 시각적 판독의 특이도에서 높은 이질성(I^2=82.1%)이 관찰되었음. 그러나 모든 연구에서 효과의 방향은 일관되었으며, 정량 분석은 모든 연구에서 시각적 판독과 동등하거나 더 우수한 성능을 보였음.

c. 검색 기간 내 포함된 연구 중에는 시각적 판독 단독과 시각적 판독에 정량 분석을 추가한 경우를 직접 비교한 연구가 없어 비직접성(indirectness)으로 인해 근거수준을 하향조정하였음.

d. 판독자 간 일치도에 대한 근거 확실성은 주로 비무작위 관찰연구에 기반하였기 때문에 낮음(low)으로 평가하였음. 그러나 GRADE의 다른 평가 영역에서는 추가적인 하향조정 사유가 확인되지 않았음.

권고 고려사항

[1] 이득과 위해

[1.1] 이득

정량 분석은 동일 영상의 후처리 단계로 추가적인 방사선 노출, 침습적 처치, 또는 환자의 검사 시간 연장 없이 시행 가능하다. 진단 정확도의 임상적 의미는 실무위원 합의를 통해 설정한 최소임상중요차이(Minimum Clinically Important Difference, MCID)를 기준으로 평가하였다. 민감도의 경우 1,000명 검사 시 정량 분석이 시각적 판독 대비 최소 5명의 추가적인 진양성을 탐지해야 임상적으로 의미 있는 것으로 설정하였으며, 특이도의 경우 위양성 판정 시 불필요한 항아밀로이드 치료로 인한 부작용 및 의료자원 낭비를 고려하여 1,000명당 최소 10명의 위양성 감소를 기준으로 설정하였다. 메타분석에 포함된 연구의 실제 평균 유병률인 46%를 적용하였을 때, 정량 분석은 시각적 판독 대비 1,000명당 진양성 5명 증가, 위양성 11명 감소로 점추정치 기준 사전 설정한 MCID에 도달하였다. 이 유병률은 amyloid PET 검사가 가장 활발히 시행되는 경도인지장애 환자군의 실제 보고된 유병률(51%)과 근사한 현실적 시나리오에 해당한다. 판독자 간 일치도는 Fleiss 카파 기준 평균 0.20 향상이 확인되었으며, 특히 경계성 증례 및 판독 경험이 부족한 환경에서 객관적 기준점을 제공함으로써 판독 일관성 및 신뢰도 향상에 기여할 수 있다. 레카네맙(lecanemab) 등 항아밀로이드 치료제 도입 이후 위양성 감소의 임상적 가치가 더욱 부각되고 있다.

[1.2] 위해

정량 분석 자체는 기존 amyloid PET 영상의 후처리 단계로 수행되므로 앞서 기술한 바와 같이 추가적인 신체적 위해는 없다. 정량값은 사용된 방사성의약품의 종류, 참조 영역 및 표적 영역 설정, 영상 획득 프로토콜, PET 장비 및 재구성(reconstruction) 방법, 분석 소프트웨어 등 여러 기술적 요인에 따라 달라질 수 있어 결과 해석 시 주의가 필요하다. 따라서 이러한 변동 요인을 고려하지 않고 특정 절대값이나 기준값을 일률적으로 적용할 경우, 경계성 증례에서 오분류로 이어질 위험이 있다. 다만 이러한 위해는 정량 분석을 시각적 판독을 대체하는 수단이 아닌 보조하는 수단으로 활용하고, 기관별로 적절히 검증된 기준값을 사용함으로써 상당 부분 완화될 수 있어 전체적인 위해 수준은 경미한 것으로 평가된다.

[1.3] 이득과 위해의 저울질

정량 분석은 추가적인 위해 없이 진단 정확도 개선(유병률 46% 기준, 검사 1,000명당 진양성 5명 증가, 위양성 11

명 감소)과 판독자 간 일치도 향상(MD +0.20)을 제공하므로, 이득이 위해보다 클 것으로 판단된다. 특히 항아밀로이드 치료제 도입 시대에 위양성 감소의 임상적 의의가 더욱 중요해지고 있어, “아마도 해당 중재법이 더 선호됨”으로 판단한다.

[2] 근거수준

GRADE 평가에서 진단 정확도의 근거수준은 다음과 같은 이유로 Low로 평가되었다. 진단 정확도 연구는 GRADE 출발점이 High이나, 두 영역에서 각 1단계씩 하향되었다. 첫째, 비뚤림 위험 영역에서 포함된 6편 중 2편(Camus 2012, Park 2025)이 case-control 설계를 채택하여 스펙트럼 편향이 우려되었으며, 5편에서 절단값을 동일 코호트 내에서 도출하여 과적합으로 인한 진단 성능 과대추정의 가능성이 있어 serious로 평가되었다. 둘째, 비직접성 영역에서 본 핵심질문은 시각적 판독에 정량 분석을 추가하는 것의 효과를 묻고 있으나, 시각적 판독에 정량 분석을 병용하는 방법과 시각적 판독 단독을 직접 비교한 진단 정확도 연구가 존재하지 않아 각 방법의 진단 정확도를 개별적으로 보고한 연구들을 간접 근거로 활용하였으므로 serious로 평가되었다. 비일관성 및 비정밀성은 not serious로 평가되었으며, 출판 비뚤림은 포함 연구 수가 적어 통계적 평가가 불가능하여 undetected로 분류되었다. 이에 따라 민감도 및 특이도 모두 최종 근거수준 Low로 평가되었다.

GRADE 평가에서 판독자 간 일치도의 근거수준은 비뚤림 위험, 비일관성, 비직접성, 비정밀성 모두 not serious로 평가되었으나, 비무작위 관찰 연구로서 GRADE 출발점이 Low인 점이 적용되어 최종 근거수준 Low로 평가되었다.

[3] 가치와 선호도

Amyloid PET의 정확한 판독은 항아밀로이드 치료 여부 결정 등 임상적으로 중요한 치료 결정에 직접 영향하므로, 진단 정확도 및 판독 일관성 향상에 대한 환자 및 임상의의 가치판단 방향은 일치하며 변동성은 낮을 것으로 판단된다. 정량 분석 추가가 검사 결과 통보 시간을 의미 있게 지연시키지 않아 가치판단 변동성이 낮을 것으로 예상되며, ‘아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임’으로 판단한다.

[4] 장애요인과 촉진요인

[4.1] 장애요인

정량 분석의 임상 적용에 있어 가장 큰 장애요인은 정량화 소프트웨어 도입 및 운영에 필요한 재원 확보이다. 최근 국내외 정량화 소프트웨어들이 식품의약품안전처를 비롯한 국내외 규제기관의 의료기기 허가를 받아 상용화되어 있다. 그러나 이러한 소프트웨어를 도입하기 위해서는 라이선스 비용과 기술 지원 인력 확보 등 추가적인 자원 투입이 요구되며, 특히 중소 규모 기관이나 자원이 제한된 기관에서는 이러한 초기 투자 비용이 도입의 실질적 장벽으로 작용할 수 있다.

또한, 방사성의약품의 종류, 영상 획득 프로토콜, PET 장비 및 재구성 방법, 그리고 사용하는 소프트웨어에 따라 산출되는 정량값이 달라질 수 있어, 검사·분석 방법의 표준화가 갖춰지지 않은 상태에서는 기관 간 산출된 정량값

을 직접 비교하거나 공통 기준으로 해석하는 데에는 주의가 필요하다. 이러한 기술적 파편화를 극복하고 임상적 유용성을 극대화하기 위해서는 핵의학과 및 의뢰 임상과 간의 정량 분석 결과 해석에 대한 표준 교육 및 다학제적 접근이 필수적이다.

[4.2] 촉진요인

현재 국내 상급종합병원의 높은 정량 분석 소프트웨어 확보율과 대규모 임상 연구 및 코호트 기반의 선제적 활용 경험은 실무 적용을 가속화하는 핵심 동력이다. 이러한 인프라적 이점을 임상 진료 영역으로 온전히 확대하기 위해서는 표준화된 진료지침 제정과 전문 교육 자료의 개발 및 보급이 필수적이며, 이는 의료진의 제도적 수용성을 제고하는 가교 역할을 할 것이다.

[4.3] 극복방안

정량 분석 결과의 보고 형식 표준화, 소프트웨어 간 결과 비교를 위한 가이드라인 개발, 한국인 기반 정상 데이터베이스 구축, 그리고 핵의학 전문의 및 의뢰의 대상 교육 프로그램 운영이 장애요인 극복의 핵심 방안이다.

[5] 자원(비용)

본 정량 분석 기술은 amyloid PET 스캔 후 수행되는 후처리 단계로서 추가적인 검사 행위료는 발생하지 않는 특성이 있다. 그러나 초기 전용 소프트웨어 라이선스 비용과 장기적인 유지관리 비용이 원가 요인으로 작용한다. 현행 건강보험 급여 기준 내에서는 해당 소프트웨어 비용에 대한 별도 산정 수가가 부재하여 가용 재원에 따른 기관별 비용 부담의 편차가 존재한다. 결과적으로 본 기술의 도입 및 지속 가능성을 위해서는 '초기 인프라 구축 및 유지보수를 위한 일정 규모의 재정적 자원 투입이 불가피함'으로 판단된다.

[6] 권고 결정 과정 시 수정보완 내용

[6.1] 합의회의 검토결과

합의회의에서 진단 정확도의 절대적 수치 차이가 크지 않음에도 불구하고, 위해가 경미하고 판독자 간 일치도 향상 효과가 직접 근거로 뒷받침된다는 점을 고려하여 최종 권고등급을 조건부 시행 권고(B)로 확정하였다.

최근 항아밀로이드 치료 도입으로 임상 현장에서 적응증 선별을 위한 정량적 지표의 중요성이 높아질 것으로 예상되어, 본 권고안이 '조건부 시행 권고'로 결정된 점이 예상보다 낮은 수준으로 판단된다는 의견이 제기되었다. 그러나 결론 도출 과정과 근거의 타당성을 면밀히 검토한 결과, 추가적인 수정 의견 없이 원안대로 최종 합의되었다.

[6.2] 외부검토의 검토결과

2026년 7월 15-27일 외부검토(델파이)를 실시하여 7명의 외부 전문가가 검토의견을 제시하였으며, 1-9점 척도로 동의 정도를 회신 받았다. 평균 8.0점(중앙값 8점, Q1-Q3: 7.5-8.5점)의 검토결과를 얻었으며, 7-9점 동의 응답이 7/7명(100%)으로 사전 설정한 합의 기준(≥66.7%)을 충족하여 합의에 도달하였다. 한 검토자는 핵심질문

이 '정량 분석 대 시각적 판독의 우열'을 묻는 것인지, '시각적 판독 단독 대 시각적 판독+정량 분석 병용'의 효과를 묻는 것인지 모호하다는 의견을 제시하였다. 실무위원회는 이러한 지적이 근거수준(GRADE) 평가의 비직접성(indirectness) 하향조정 사유와 일치함을 확인하였다. 즉, 진단 정확도 근거는 시각적 판독과 정량 분석을 각각 별도로 평가한 연구에 기반한 간접 비교이며, 정량 분석을 시각적 판독에 병용하였을 때의 직접적 효과를 평가한 연구가 부재하여 이미 GRADE 평가에서 비직접성으로 하향조정하였음을 근거 서술문에 명시하였다. 반면, 판독자 간 일치도, 판독 신뢰도, 임상적 유용성 지표는 정량 분석을 추가(add-on)하였을 때의 변화를 평가한 연구들로 권고문의 '병용' 개념에 보다 직접적으로 부합하는 근거임을 함께 기술하였다. 아울러 해당 검토자는 항아밀로이드 치료 확대에 따라 시각등급 2 또는 1+에서 치료 시기 결정 및 amyloid clearance 평가, 향후 혈액 바이오마커와의 상관성 분석에 정량 분석 값이 임상적으로 중요하다는 의견을 제시하였으며, 실무위원회는 이를 권고의 임상적 맥락을 뒷받침하는 의견으로 받아들였다. 이상의 논의를 종합하여 실무위원회는 기존의 '조건부 시행 권고(권고등급 B)' 및 근거수준 '낮음' 등급을 유지하기로 최종 판단하였다.

[7] 근거기반의사결정틀(Evidence to Decision Frameworks)

[이득과 위해] 이득과 위해를 모두 고려했을 때, 해당 중재법이 비교 중재법보다 더 선호되는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 아마도 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 선호되는 것 없음 ● 아마도 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	메타분석결과 참고 결과요약표 참고	• 정량 분석은 동일 영상의 후처리로 추가적인 위해가 거의 없음. • 판독이 어려운 경계 증례나 판독 경험이 적은 환경에서 정량 분석의 부가가치가 더 클 것으로 예상됨.
[근거의 확신도] 근거의 확신도는 전반적으로 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 매우 낮음 ● 낮음 ○ 보통 ○ 높음 ○ 포함된 연구 없음	결과요약표 참고	
[가치] 주요 결과에 대한 가치판단에 중요한 불확실성이나 변동성이 존재하는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있음 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음 ● 아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 없음	• Amyloid PET의 정확한 판독은 치료 결정(항아밀로이드 치료 여부)에 직접 영향 • 진단 정확도 향상 및 판독자 간 일관성 향상은 환자·임상의 모두에게 높은 가치	• 환자 가치·선호도에 대한 직접 조사 문헌고찰 별도로 시행하지 않음 • 정량 분석 추가가 검사 결과 통보 시간을 의미 있게 지연시키지 않아 가치판단 변동성은 낮을 것으로 판단

[필요 자원] 자원(비용)은 얼마나 많이 필요한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 많은 비용이 필요함 ● 어느 정도 비용이 필요함 ○ 비용 변화의 차이 거의 없음 ○ 어느 정도 비용이 절감됨 ○ 많은 비용이 절감됨 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음		▪ 소프트웨어 라이선스 비용(수백만~수천만 원)이 일회성으로 발생하며, 이후 소프트웨어 업그레이드·정상 데이터베이스 갱신·기술지원 등 유지보수 비용이 추가될 수 있음.
[수용성] 해당 중재법은 주요 이해관계자들에게 수용될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수용될 수 없음 ○ 아마도 수용될 수 없음 ○ 아마도 수용될 수 있음 ● 수용될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	▪ 환자 및 보호자 측면에서는 정량 분석이 동일 영상의 후처리 단계로 추가적인 검사 부담이 없으며, 진단 정확도 및 판독 일관성 향상에 대해 긍정적으로 수용될 것으로 예상됨. ▪ 임상의 측면에서는 정량 분석이 객관적 보조 도구로서 판독 신뢰도를 높이고 불확실한 증례에서의 의사결정 자신감을 향상시킬 수 있음.	▪ 핵의학 전문의 및 의뢰의 대상 정량 분석 결과 해석 교육·훈련 부분 필요 ▪ 비숙련 판독자의 결과 해석 자신감 향상을 위한 교육 자료 및 임상 가이드 필요
[수행 가능성] 해당 중재법은 수행될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수행될 수 없음 ○ 아마도 수행될 수 없음 ● 아마도 수행될 수 있음 ○ 수행될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	▪ 국내 3차 의료기관 대부분에서 amyloid PET을 시행하고 있으며, 정량 분석 소프트웨어도 상당 부분 보급되어 있어 수행 가능성은 있는 것으로 판단됨. 다만 소프트웨어가 도입되지 않은 기관에서는 별도의 도입 비용이 필요함. ▪ 현재 정량 분석 결과의 보고 형식이 제조사별로 상이할 뿐만 아니라 SUVR, Centiloid 등 분석 방식에 따라 산출되는 수치와 기준값이 달라 동일 환자에서도 방법에 따른 결과 차이가 발생할 수 있음. 이러한 표준화된 보고 체계의 부재는 임상 현장에서의 일관된 적용을 제한하는 장애 요인으로 작용할 수 있음.	

[형평성] 건강불평등에 미치는 영향은 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 건강 불평등이 증가함 ○ 아마도 건강 불평등이 증가함 ● 아마도 아무 영향이 없음 ○ 아마도 건강 불평등이 감소함 ○ 건강 불평등이 감소함 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	▪ 정량 분석 추가가 환자의 검사 접근성에 직접적인 영향을 미치지 않음. ▪ Amyloid PET 자체의 접근성 격차는 정량 분석 추가 여부와 무관하게 기존에 존재하는 구조적 문제임.	▪ 정량 분석 추가로 인해 건강 불평등이 새로 발생하거나 기존 격차가 심화될 가능성은 낮은 것으로 판단됨

	판단						
이득과 위해의 비교	비교 중재법이 더 선호됨	아마도 비교 중재법이 더 선호됨	선호되는 것 없음	**아마도 해당 중재법이 더 선호됨**	해당 중재법이 더 선호됨	다양함	잘 모르겠음
근거의 확신도	매우 낮음	**낮음**	중등도	높음	포함된 연구 없음		
가치	중요 불확실성 또는 변동성이 있음	아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음	**아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임**	중요 불확실성 또는 변동성이 없음			
필요 자원	많은 비용이 필요함	**어느 정도 비용이 필요함**	비용 변화의 차이 거의 없음	어느 정도 비용이 절감됨	많은 비용이 절감됨	다양함	잘 모르겠음
수용성	수용될 수 없음	아마도 수용될 수 없음	아마도 수용될 수 있음	**수용될 수 있음**		다양함	잘 모르겠음
수행가능성	수행될 수 없음	아마도 수행될 수 없음	**아마도 수행될 수 있음**	수행될 수 있음		다양함	잘 모르겠음
형평성	건강불평등이 증가함	아마도 건강불평등이 증가함	**아마도 아무 영향이 없음**	아마도 건강불평등이 감소함	건강불평등이 감소함	다양함	잘 모르겠음

Acknowledgements

본 권고안의 체계적 문헌 검색에 김나진 사서(가톨릭대학교 성의교정 도서관, Medical Library, The Catholic University of Korea, Seoul, Republic of Korea; ORCID: 0000-0001-7280-9579)의 도움을 받았음.

References

1. Minoshima, S. et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Amyloid PET Imaging of the Brain 1.0. J Nucl Med 57, 1316–1322 (2016). https://doi.org:10.2967/jnumed.116.174615
2. Koo, H. et al. Advancing Theranostics in Alzheimer Disease: FDA Approval of Amyloid-beta PET Drugs for Selection of Patients for Amyloid-beta-Directed Therapies and Other Labeling Updates. J Nucl Med 67, 846–847 (2026). https://doi.org:10.2967/jnumed.125.271312
3. Rabinovici, G. D. et al. Updated Appropriate Use Criteria for Amyloid and Tau PET: A Report from the Alzheimer's Association and Society for Nuclear Medicine and Molecular Imaging Workgroup. J Nucl Med 66, S5–S31 (2025). https://doi.org:10.2967/jnumed.124.268756
4. Camus, V. et al. Using PET with [^{18}F]AV-45 (florbetapir) to quantify brain amyloid load in a clinical environment. Eur J Nucl Med Mol Imaging 39, 621–631 (2012). https://doi.org:10.1007/s00259-011-2021-8
5. Clark, C. M. et al. Cerebral PET with florbetapir compared with neuropathology at autopsy for detection of neuritic amyloid-beta plaques: a prospective cohort study. Lancet Neurol 11, 669–678 (2012). https://doi.org:10.1016/S1474-4422(12)70142-4
6. Collij, L. E. et al. Quantification Supports Amyloid PET Visual Assessment of Challenging Cases: Results from the AMYPAD Diagnostic and Patient Management Study. J Nucl Med 66, 110–116 (2025). https://doi.org:10.2967/jnumed.124.268119
7. Kim, J. Y. et al. Visual interpretation of [^{18}F]Florbetaben PET supported by deep learning-based estimation of amyloid burden. Eur J Nucl Med Mol Imaging 48, 1116–1123 (2021). https://doi.org:10.1007/s00259-020-05044-x
8. Leinonen, V. et al. Diagnostic effectiveness of quantitative [^{18}F]flutemetamol PET imaging for detection of fibrillar amyloid beta using cortical biopsy histopathology as the standard of truth in subjects with idiopathic normal pressure hydrocephalus. Acta Neuropathol Commun 2, 46 (2014). https://doi.org:10.1186/2051-5960-2-46
9. Nayate, A. P. et al. Use of Standardized Uptake Value Ratios Decreases Interreader Variability of [^{18}F] Florbetapir PET Brain Scan Interpretation. AJNR Am J Neuroradiol 36, 1237–1244 (2015). https://doi.org:10.3174/ajnr.A4281
10. Park, S. Y. et al. Cutoff SUVR of [^{18}F]Florapronol PET for Differentiating Alzheimer's Dementia from Normal Controls: Insights from ROC Analysis and Partial Volume Correction. Nucl Med Mol Imaging 59, 229–238 (2025). https://doi.org:10.1007/s13139-025-00911-7
11. Sabri, O. et al. Florbetaben PET imaging to detect amyloid beta plaques in Alzheimer's disease: phase 3 study. Alzheimers Dement 11, 964–974 (2015). https://doi.org:10.1016/j.jalz.2015.02.004
12. Shimokawa, N., Akamatsu, G., Kadosaki, M. & Sasaki, M. Feasibility study of a PET-only amyloid quantification method: a comparison with visual interpretation. Ann Nucl Med 34, 629–635 (2020). https://doi.org:10.1007/s12149-020-01486-3

보충자료(Supplementary material)

[1] 검색어(Search Query)

[1.1] PubMed

No.	Search Query
#1	"Amyloid"[Mesh]
#2	"Amyloid"[TW] OR "Amyloid Substance"[TW] OR "Substance, Amyloid"[TW] OR "Amyloid Fibrils"[TW] OR "Fibrils, Amyloid"[TW] OR "Amyloid Fibril"[TW] OR "Fibril, Amyloid"[TW] OR "amyloid PET"[TW]
#3	"Amyloid beta-Peptides"[Mesh]
#4	"Amyloid beta-Peptides"[TW] OR "Amyloid beta Peptides"[TW] OR "beta-Peptides, Amyloid"[TW] OR "Alzheimer beta-Protein"[TW] OR "Alzheimer beta Protein"[TW] OR "beta-Protein, Alzheimer"[TW] OR "Alzheimer's ABP"[TW] OR "ABP, Alzheimer's"[TW] OR "Alzheimer ABP"[TW] OR "Alzheimers ABP"[TW] OR "Alzheimer's Amyloid Fibril Protein"[TW] OR "Amyloid AD-AP"[TW] OR "AD-AP, Amyloid"[TW] OR "Amyloid AD AP"[TW] OR "Amyloid beta-Peptide"[TW] OR "Amyloid beta Peptide"[TW] OR "beta-Peptide, Amyloid"[TW] OR "Amyloid beta-Protein"[TW] OR "Amyloid beta Protein"[TW] OR "beta-Protein, Amyloid"[TW] OR "Amyloid beta-Proteins"[TW] OR "Amyloid beta Proteins"[TW] OR "beta-Proteins, Amyloid"[TW] OR "Amyloid Fibril Protein, Alzheimer's"[TW] OR "Amyloid Protein A4"[TW] OR "Protein A4, Amyloid"[TW] OR "beta Amyloid"[TW] OR "Amyloid, beta"[TW] OR "beta-Amyloid Protein"[TW] OR "beta Amyloid Protein"[TW] OR "amyloid-β"[TW] OR "Aβ"[TW]
#5	"Amyloidosis"[Mesh]
#6	"Amyloidosis"[TW] OR "Amyloidoses"[TW] OR "brain amyloidosis"[TW]
#7	"flutemetamol" [Supplementary Concept]
#8	"flutemetamol"[TW] OR "(18F)flutemetamol"[TW] OR "flutemetamol F-18"[TW] OR "Vizamyl"[TW]
#9	"florbetapir" [Supplementary Concept]
#10	"florbetapir"[TW] OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl)pyridine"[TW] OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide"[TW] OR "18F-AV-45"[TW] OR "florbetapir F 18"[TW] OR "florbetapir F18"[TW] OR "Amyvid"[TW]
#11	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene" [Supplementary Concept]
#12	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene"[TW] OR "florbetaben"[TW] OR "BAY94 9172"[TW] OR "BAY 94-9172"[TW] OR "BAY94-9172"[TW] OR "18F-BAY94-9172"[TW] OR "18F-florbetaben"[TW]
#13	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole" [Supplementary Concept]
#14	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "6-OH-BTA-1"[TW] OR "N-methyl-2-(4'-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "PIB benzothiazole"[TW] OR "((11)C)PIB"[TW] OR "N-methyl-(11C)2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "Pittsburgh compound B"[TW] OR "(11C)6-OH-BTA-1"[TW] OR "11C-PIB"[TW] OR "PIB"[TW]
#15 Combine	#1 OR #2 #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14

#16	"Positron-Emission Tomography"[Mesh]
#17	"Positron-Emission Tomography"[TW] OR "Positron Emission Tomography"[TW] OR "PET Imaging"[TW] OR "Imaging, PET"[TW] OR "PET Imagings"[TW] OR "Positron-Emission Tomography Imaging"[TW] OR "Imaging, Positron-Emission Tomography"[TW] OR "Positron Emission Tomography Imaging"[TW] OR "Positron-Emission Tomography Imagings"[TW] OR "Tomography Imaging, Positron-Emission"[TW] OR "PET Scan"[TW] OR "PET Scans"[TW] OR "Scan, PET"[TW] OR "Tomography, Positron-Emission"[TW] OR "Tomography, Positron Emission"[TW] OR "amyloid PET"[TW] OR "PET"[TW]
#18	"Positron Emission Tomography Computed Tomography"[Mesh]
#19	"Positron Emission Tomography Computed Tomography"[TW] OR "PET-CT Scan"[TW] OR "PET-CT Scans"[TW] OR "Scan, PET-CT"[TW] OR "Scans, PET-CT"[TW] OR "PET CT Scan"[TW] OR "CT Scan, PET"[TW] OR "CT Scans, PET"[TW] OR "PET CT Scans"[TW] OR "Scan, PET CT"[TW] OR "Scans, PET CT"[TW] OR "PET-CT"[TW] OR "CT PET"[TW] OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography"[TW] OR "CT PET Scan"[TW] OR "CT PET Scans"[TW] OR "PET Scan, CT"[TW] OR "PET Scans, CT"[TW] OR "Scan, CT PET"[TW] OR "Scans, CT PET"[TW] OR "PET/CT"[TW] OR "PET/CT imaging"[TW] OR "imaging"[TW]
#20 Combine	#16 OR #17 OR #18 OR #19
#21 Combine	quantifi*[TW] OR "Quantification"[TW] OR "quantitative "[TW] OR "quantitative analysis"[TW] OR "SUVR"[TW] OR "SUVr"[TW] OR "standardized uptake value"[TW] OR "standardized uptake value ratio"[TW] OR "centiloid"[TW] OR "Centiloid quantification"[TW] OR "z-score"[TW]
#22 Combine	#15 AND #20 AND #21
#23 Limit	#22 AND (alladult[Filter])
#24 Limit	#23 AND (2000:2025[pdat])
#25 Limit	#24 NOT ("animals"[MeSH] NOT "Humans"[MeSH])

[1.2] EMBASE

No.	Search Query
#1	"amyloid"/exp
#2	"Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Substance":ti,ab,kw,de OR "Substance, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Fibrils":ti,ab,kw,de OR "Fibrils, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Fibril":ti,ab,kw,de OR "Fibril, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "amyloid PET":ti,ab,kw,de
#3	"amyloid beta protein"/exp
#4	"Amyloid beta-Peptides":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta Peptides":ti,ab,kw,de OR "beta-Peptides, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Alzheimer beta-Protein":ti,ab,kw,de OR "Alzheimer beta Protein":ti,ab,kw,de OR "beta-Protein, Alzheimer":ti,ab,kw,de OR "Alzheimer^s ABP":ti,ab,kw,de OR "ABP, Alzheimer^s":ti,ab,kw,de OR "Alzheimer ABP":ti,ab,kw,de OR "Alzheimers ABP":ti,ab,kw,de OR "Alzheimer^s Amyloid Fibril Protein":ti,ab,kw,de OR "Amyloid AD-AP":ti,ab,kw,de OR "AD-AP, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid AD AP":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta-Peptide":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta Peptide":ti,ab,kw,de OR "beta-Peptide, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta-Protein":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta Protein":ti,ab,kw,de OR "beta-Protein, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta-Proteins":ti,ab,kw,de OR "Amyloid beta Proteins":ti,ab,kw,de OR "beta-Proteins, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Fibril Protein, Alzheimer^s":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Protein A4":ti,ab,kw,de OR "Protein A4, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "beta Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid, beta":ti,ab,kw,de OR "beta-Amyloid Protein":ti,ab,kw,de OR "beta Amyloid Protein":ti,ab,kw,de OR "amyloid-β":ti,ab,kw,de OR "Aβ":ti,ab,kw,de
#5	"amyloidosis"/exp
#6	"Amyloidosis":ti,ab,kw,de OR "Amyloidoses":ti,ab,kw,de OR "brain amyloidosis":ti,ab,kw,de
#7	"flutemetamol f 18"/exp
#8	"flutemetamol":ti,ab,kw,de OR "(18F)flutemetamol":ti,ab,kw,de OR "flutemetamol F-18":ti,ab,kw,de OR "Vizamyl":ti,ab,kw,de
#9	"florbetapir f 18"/exp
#10	"florbetapir":ti,ab,kw,de OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl) pyridine":ti,ab,kw,de OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide":ti,ab,kw,de OR "18F-AV-45":ti,ab,kw,de OR "florbetapir F 18":ti,ab,kw,de OR "florbetapir F18":ti,ab,kw,de OR "Amyvid":ti,ab,kw,de
#11	"4-(N-methylamino)-4^-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene":ti,ab,kw,de OR "florbetaben":ti,ab,kw,de OR "BAY94 9172":ti,ab,kw,de OR "BAY 94-9172":ti,ab,kw,de OR "BAY94-9172":ti,ab,kw,de OR "18F-BAY94-9172":ti,ab,kw,de OR "18F-florbetaben":ti,ab,kw,de
#12	"2-(4^-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "6-OH-BTA-1":ti,ab,kw,de OR "N-methyl-2-(4^-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "PIB benzothiazole":ti,ab,kw,de OR "((11)C)PIB":ti,ab,kw,de OR "N-methyl-(11C)2-(4^-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "Pittsburgh compound B":ti,ab,kw,de OR "(11C)6-OH-BTA-1":ti,ab,kw,de OR "11C-PIB":ti,ab,kw,de OR "PIB":ti,ab,kw,de
#13 Combine	#1 OR #2 #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11 OR #12
#14	"positron emission tomography"/exp

#15	"Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "PET Imaging":ti,ab,kw,de OR "Imaging, PET":ti,ab,kw,de OR "PET Imagings":ti,ab,kw,de OR "Positron-Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw,de OR "Imaging, Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw,de OR "Positron-Emission Tomography Imagings":ti,ab,kw,de OR "Tomography Imaging, Positron-Emission":ti,ab,kw,de OR "PET Scan":ti,ab,kw,de OR "PET Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET":ti,ab,kw,de OR "Tomography, Positron-Emission":ti,ab,kw,de OR "Tomography, Positron Emission":ti,ab,kw,de OR "amyloid PET":ti,ab,kw,de OR "PET":ti,ab,kw,de
#16	"positron emission tomography-computed tomography"/exp
#17	"Positron Emission Tomography Computed Tomography":ti,ab,kw,de OR "PET-CT Scan":ti,ab,kw,de OR "PET-CT Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET-CT":ti,ab,kw,de OR "Scans, PET-CT":ti,ab,kw,de OR "PET CT Scan":ti,ab,kw,de OR "CT Scan, PET":ti,ab,kw,de OR "CT Scans, PET":ti,ab,kw,de OR "PET CT Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET CT":ti,ab,kw,de OR "Scans, PET CT":ti,ab,kw,de OR "PET-CT":ti,ab,kw,de OR "CT PET":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography":ti,ab,kw,de OR "CT PET Scan":ti,ab,kw,de OR "CT PET Scans":ti,ab,kw,de OR "PET Scan, CT":ti,ab,kw,de OR "PET Scans, CT":ti,ab,kw,de OR "Scan, CT PET":ti,ab,kw,de OR "Scans, CT PET":ti,ab,kw,de OR "PET/CT":ti,ab,kw,de OR "PET/CT imaging":ti,ab,kw,de OR "imaging":ti,ab,kw,de
#18 Combine	#14 OR #15 OR #16 OR #17
#19 Combine	quantifi*:ti,ab,kw,de OR "Quantification":ti,ab,kw,de OR "quantitative ":ti,ab,kw,de OR "quantitative analysis":ti,ab,kw,de OR "SUVR":ti,ab,kw,de OR "SUVr":ti,ab,kw,de OR "standardized uptake value":ti,ab,kw,de OR "standardized uptake value ratio":ti,ab,kw,de OR "centiloid":ti,ab,kw,de OR "Centiloid quantification":ti,ab,kw,de OR "z-score":ti,ab,kw,de
#20 Combine	#13 AND #18 AND #19
#21 Limit	#20 AND ([adult]/lim OR [young adult]/lim OR [middle aged]/lim OR [aged]/lim OR [very elderly]/lim)
#22 Limit	#21 AND [2000-2025]/py
#23 Limit	quantifi*:ti,ab,kw,de OR "Quantification":ti,ab,kw,de OR "quantitative ":ti,ab,kw,de OR "quantitative analysis":ti,ab,kw,de OR "SUVR":ti,ab,kw,de OR "SUVr":ti,ab,kw,de OR "standardized uptake value":ti,ab,kw,de OR "standardized uptake value ratio":ti,ab,k

[1.3] Cochrane Library

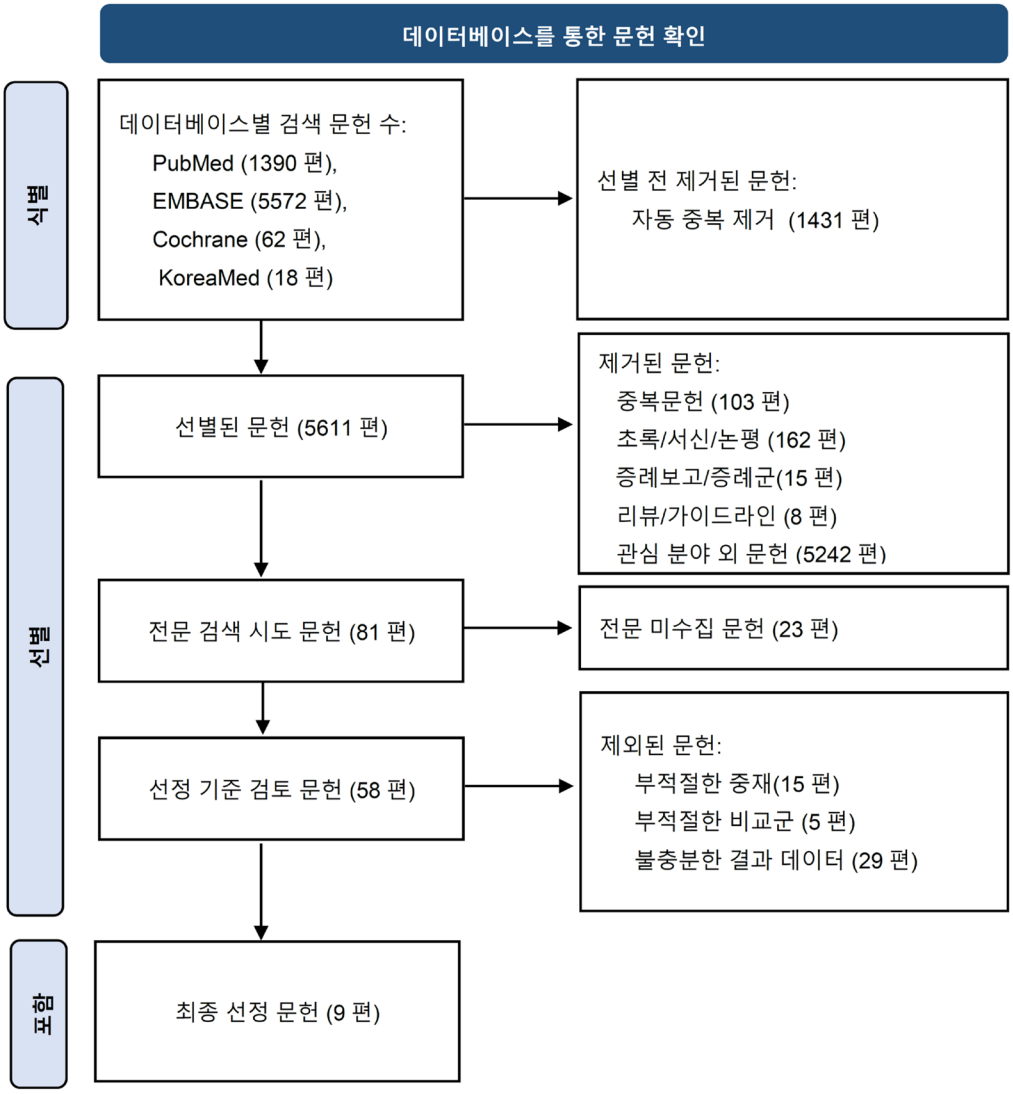
No.	Search Query
#1	[mh "Amyloid"]
#2	"Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Substance":ti,ab,kw OR "Substance, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Fibrils":ti,ab,kw OR "Fibrils, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Fibril":ti,ab,kw OR "Fibril, Amyloid":ti,ab,kw OR "amyloid PET":ti,ab,kw
#3	[mh "Amyloid beta-Peptides"]
#4	"Amyloid beta-Peptides":ti,ab,kw OR "Amyloid beta Peptides":ti,ab,kw OR "beta-Peptides, Amyloid":ti,ab,kw OR "Alzheimer beta-Protein":ti,ab,kw OR "Alzheimer beta Protein":ti,ab,kw OR "beta-Protein, Alzheimer":ti,ab,kw OR "Alzheimer's ABP":ti,ab,kw OR "ABP, Alzheimer's":ti,ab,kw OR "Alzheimer ABP":ti,ab,kw OR "Alzheimers ABP":ti,ab,kw OR "Alzheimer's Amyloid Fibril Protein":ti,ab,kw OR "Amyloid AD-AP":ti,ab,kw OR "AD-AP, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid AD AP":ti,ab,kw OR "Amyloid beta-Peptide":ti,ab,kw OR "Amyloid beta Peptide":ti,ab,kw OR "beta-Peptide, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid beta-Protein":ti,ab,kw OR "Amyloid beta Protein":ti,ab,kw OR "beta-Protein, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid beta-Proteins":ti,ab,kw OR "Amyloid beta Proteins":ti,ab,kw OR "beta-Proteins, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Fibril Protein, Alzheimer's":ti,ab,kw OR "Amyloid Protein A4":ti,ab,kw OR "Protein A4, Amyloid":ti,ab,kw OR "beta Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid, beta":ti,ab,kw OR "beta-Amyloid Protein":ti,ab,kw OR "beta Amyloid Protein":ti,ab,kw OR "amyloid-β":ti,ab,kw OR "Aβ":ti,ab,kw
#5	[mh "Amyloidosis"]
#6	"Amyloidosis":ti,ab,kw OR "Amyloidoses":ti,ab,kw OR "brain amyloidosis":ti,ab,kw
#7	"flutemetamol":ti,ab,kw OR "(18F)flutemetamol":ti,ab,kw OR "flutemetamol F-18":ti,ab,kw OR "Vizamyl":ti,ab,kw
#8	"florbetapir":ti,ab,kw OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl) pyridine":ti,ab,kw OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide":ti,ab,kw OR "18F-AV-45":ti,ab,kw OR "florbetapir F 18":ti,ab,kw OR "florbetapir F18":ti,ab,kw OR "Amyvid":ti,ab,kw
#9	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene":ti,ab,kw OR "florbetaben":ti,ab,kw OR "BAY94 9172":ti,ab,kw OR "BAY 94-9172":ti,ab,kw OR "BAY94-9172":ti,ab,kw OR "18F-BAY94-9172":ti,ab,kw OR "18F-florbetaben":ti,ab,kw
#10	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "6-OH-BTA-1":ti,ab,kw OR "N-methyl-2-(4'-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "PIB benzothiazole":ti,ab,kw OR "((11) C)PIB":ti,ab,kw OR "N-methyl-(11C)2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "Pittsburgh compound B":ti,ab,kw OR "(11C)6-OH-BTA-1":ti,ab,kw OR "11C-PIB":ti,ab,kw OR "PIB":ti,ab,kw
#11 Combine	#1 OR #2 #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#12	[mh "Positron-Emission Tomography"]

#13	"Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography":ti,ab,kw OR "PET Imaging":ti,ab,kw OR "Imaging, PET":ti,ab,kw OR "PET Imagings":ti,ab,kw OR "Positron-Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw OR "Imaging, Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw OR "Positron-Emission Tomography Imagings":ti,ab,kw OR "Tomography Imaging, Positron-Emission":ti,ab,kw OR "PET Scan":ti,ab,kw OR "PET Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET":ti,ab,kw OR "Tomography, Positron-Emission":ti,ab,kw OR "Tomography, Positron Emission":ti,ab,kw OR "amyloid PET":ti,ab,kw OR "PET":ti,ab,kw
#14	[mh "Positron Emission Tomography Computed Tomography"]
#15	"Positron Emission Tomography Computed Tomography":ti,ab,kw OR "PET-CT Scan":ti,ab,kw OR "PET-CT Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET-CT":ti,ab,kw OR "Scans, PET-CT":ti,ab,kw OR "PET CT Scan":ti,ab,kw OR "CT Scan, PET":ti,ab,kw OR "CT Scans, PET":ti,ab,kw OR "PET CT Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET CT":ti,ab,kw OR "Scans, PET CT":ti,ab,kw OR "PET-CT":ti,ab,kw OR "CT PET":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography":ti,ab,kw OR "CT PET Scan":ti,ab,kw OR "CT PET Scans":ti,ab,kw OR "PET Scan, CT":ti,ab,kw OR "PET Scans, CT":ti,ab,kw OR "Scan, CT PET":ti,ab,kw OR "Scans, CT PET":ti,ab,kw OR "PET/CT":ti,ab,kw OR "PET/CT imaging":ti,ab,kw OR "imaging":ti,ab,kw
#16 Combine	#12 OR #13 OR #14 OR #15
#17 Combine	quantifi*:ti,ab,kw OR "Quantification":ti,ab,kw OR "quantitative ":ti,ab,kw OR "quantitative analysis":ti,ab,kw OR "SUVR":ti,ab,kw OR "SUVr":ti,ab,kw OR "standardized uptake value":ti,ab,kw OR "standardized uptake value ratio":ti,ab,kw OR "centiloid":ti,ab,kw OR "Centiloid quantification":ti,ab,kw OR "z-score":ti,ab,kw
#18 Combine	#11 AND #16 AND #17
#19 Limit	#18 AND ([mh "Adult"] OR [mh "Aged"] OR [mh "Middle Aged"] OR [mh "Young Adult"])
#20 Limit	#19 with Cochrane Library publication date from Jan 2000 to Dec 2025
#21 Limit	#20 NOT ([mh "animals"] NOT [mh "Humans"])

[1.4] KoreaMed

(amyloid[ALL] OR ""beta amyloid""[ALL] OR ""amyloid beta""[ALL] OR flutemetamol[ALL] OR florbetapir[ALL] OR amyvid[ALL] OR florbetaben[ALL] OR neuraceq[ALL] OR PIB[ALL] OR "Pittsburgh compound B"[ALL]) AND (PET[ALL] OR PETCT[ALL] OR imaging[ALL] OR"positron emission tomography"[ALL]) AND (quantitative[ALL] OR quantification[ALL] OR SUVR[ALL] OR SUVr[ALL] OR centiloid[ALL] OR z-score[ALL])

[2] 문헌선정흐름도


데이터베이스를 통한 문헌 확인
식별
데이터베이스별 검색 문헌 수:
PubMed (1390 편),
EMBASE (5572 편),
Cochrane (62 편),
KoreaMed (18 편)
선별 전 제거된 문헌:
자동 중복 제거 (1431 편)
선별
선별된 문헌 (5611 편)
제거된 문헌:
중복문헌 (103 편)
초록/서신/논평 (162 편)
증례보고/증례군(15 편)
리뷰/가이드라인 (8 편)
관심 분야 외 문헌 (5242 편)
전문 검색 시도 문헌 (81 편)
전문 미수집 문헌 (23 편)
선정 기준 검토 문헌 (58 편)
제외된 문헌:
부적절한 중재(15 편)
부적절한 비교군 (5 편)
불충분한 결과 데이터 (29 편)
포함
최종 선정 문헌 (9 편)

[3] 선택 문헌 특성표

No.	문헌	결과지표	연구설계	국가	대상자	대상자 수	방사성의약품	정량 분석 지표(절단값)	참고표준
1	Camus 2012	진단 정확도	전향적	프랑스	AD; MCI; HC	34	Florbetapir	SUVR (1.122)	임상진단
2	Clark 2012	진단 정확도	전향적	미국	정상~진행된 치매(예상 생존 기간 6개월 미만)	59	Florbetapir	SUVR (1.1)	뇌 병리검사
3	Leinonen 2014	진단 정확도	전향+후향	다기관	50세 이상 특발성 정상압 수두증	48	Flutemetamol	SUVR (1.46)	뇌 병리검사
4	Park 2025	진단 정확도	전향적	한국	AD; HC	141	Florapronol	SUVR (1.46)	임상진단
5	Sabri 2015	진단 정확도	전향적	다기관	AD; DLB; 기타치매; 비치매 지원자	73	Florbetaben	SUVR (1.478)	뇌 병리검사
6	Shimokawa, 2020	진단 정확도	후향적	일본	late mild MCI; mild AD	166	PiB	SUVR (1.41)	임상진단
7	Collij 2025	판독자 간 일치도; 임상적 유용성; 판독신뢰도	전향적	다기관	SCD; MCI; dementia(진단이 어려운 증례)	505	Flutemetamol; Florbetaben	Centiloid (30)	해당 없음
8	Nayate 2015	판독자 간 일치도	후향적	다기관	Normal; MCI; early AD	30	Florbetapir	SUVR (1.17)	해당 없음
9	Kim 2021	판독자 간 일치도; 판독신뢰도	후향적	한국	Dementia; MCI; SCI	121	Florbetaben	SUVR (제공안함)	해당 없음

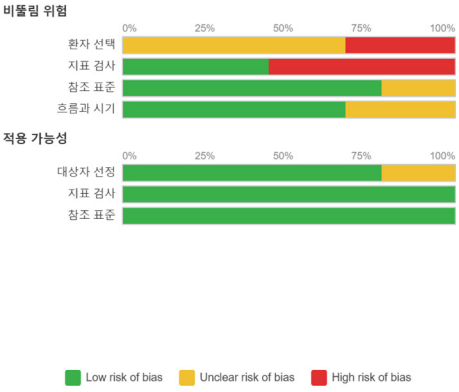
AD, Alzheimer's disease; DLB, dementia with Lewy bodies; HC, healthy control; MCI, mild cognitive impairment; PiB, Pittsburgh compound B; SCD, subjective cognitive decline; SCI, subjective cognitive impairment; SUVR, standardized uptake value ratio

[4] 비뚤림 위험 평가

질평가도구: QUADAS-2 및 QUADAS-C

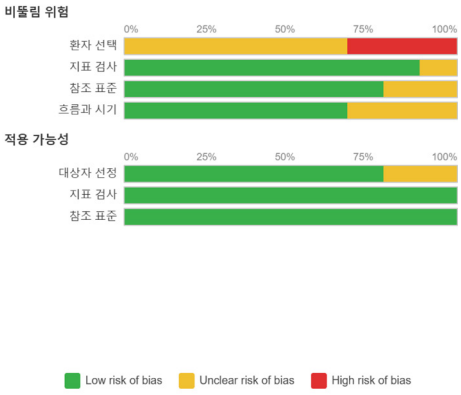
[4.1] 정량 분석

	비뚤림 위험				적용 가능성		
	환자 선택	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기	대상자 선정	지표 검사	참조 표준
Camus 2012	−	−	+	+	+	+	+
Clark 2012	?	+	+	+	?	+	+
Collij 2025	−	+	+	+	+	+	+
Kim 2021	?	+	+	+	+	+	+
Leinonen 2014	?	−	+	?	?	+	+
Nayate 2015	?	+	+	+	+	+	+
Park 2025	−	−	?	+	+	+	+
Sabri 2015	?	−	+	?	+	+	+
Shimokawa 2020	?	−	?	?	+	+	+



[4.2] 시각적 판독

	비뚤림 위험				적용 가능성		
	환자 선택	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기	대상자 선정	지표 검사	참조 표준
Camus 2012	−	+	+	+	+	+	+
Clark 2012	?	+	+	+	?	+	+
Collij 2025	−	+	+	+	+	+	+
Kim 2021	?	+	+	+	+	+	+
Leinonen 2014	?	+	+	?	?	+	+
Nayate 2015	?	+	+	+	+	+	+
Park 2025	−	+	?	+	+	+	+
Sabri 2015	?	+	+	?	+	+	+
Shimokawa 2020	?	?	?	?	+	+	+



[4.3] QUADAS-C 평가 결과

	QUADAS-C			
	대상자 선정	지표 검사	참조 표준	흐름과 시기
Camus 2012	−	−	+	+
Clark 2012	?	+	+	+
Collij 2025	?	+	+	+
Kim 2021	?	+	+	+
Leinonen 2014	?	−	+	?
Nayate 2015	?	+	+	+
Park 2025	−	−	?	+
Sabri 2015	?	−	+	?
Shimokawa 2020	?	−	?	?

[5] 메타분석 결과

[5.1] 진단 정확도(Diagnostic accuracy)

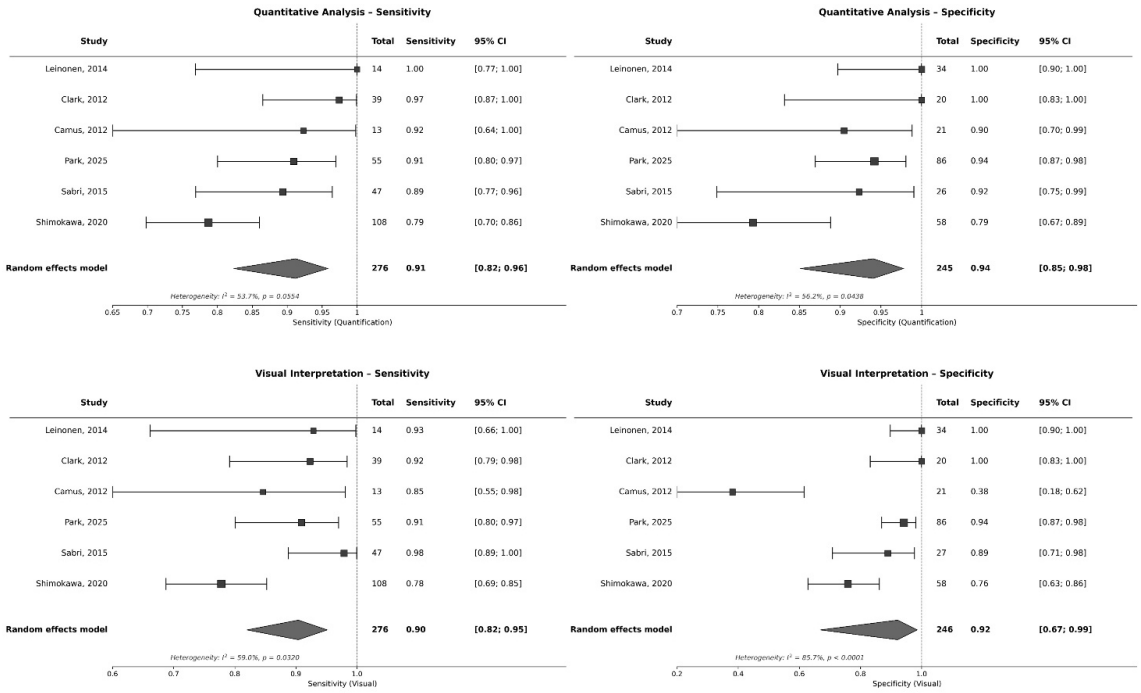


그림5-1. 총 6편 연구 – 정량 분석 및 시각적 판독의 민감도 특이도 forest plot
(좌상: 정량 분석 민감도, 우상: 정량 분석 특이도, 좌하: 시각적 판독 민감도, 우하: 시각적 판독 특이도)

[5.2] 판독자 간 일치도

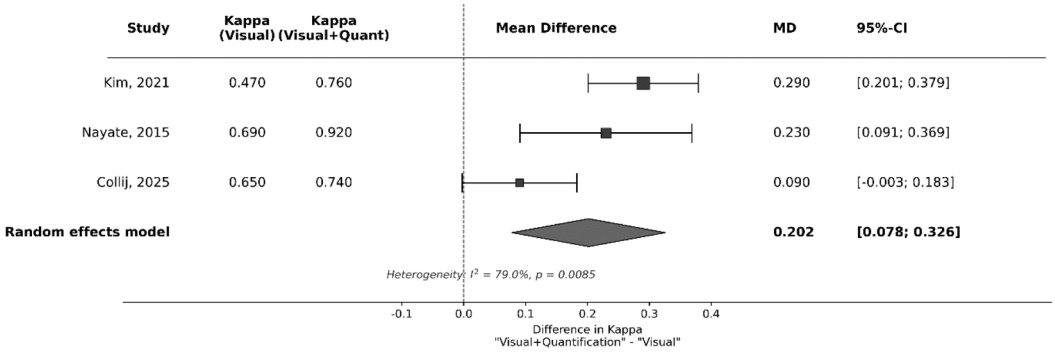


그림 5-2. 총3편 연구– 판독자 간 일치도(Fleiss' kappa) forest plot

3. 핵심질문 KQ-3. Amyloid PET 조기 영상



핵심질문: Amyloid PET을 시행할 시, 조기 영상을 획득하는 것이 진단 및 치료방침 결정에 도움이 되는가?

PICO 요소

대상환자(Population)	Amyloid PET을 시행한 환자
중재(Intervention)	조기 혈류 영상(early-phase perfusion imaging from Amyloid PET)
비교군(Comparators)	[^{18}F]FDG PET(뇌 포도당 대사 영상)
결과(Outcome)	Critical outcome - [^{18}F]FDG PET과 early-phase perfusion imaging 사이의 상관관계 - 상관계수(r)
연구설계(Study design)	방법론적 비교 연구(cohort & case-control type studies)

권고문

권고(Recommendation)

Amyloid PET을 시행할 때, 뇌관류 정보를 얻기 위해 조기 영상을 함께 획득하는 것을 고려할 수 있다. (권고등급: B 조건부 시행 권고, 근거수준: 매우 낮음(Very Low))

- 고려사항: 본 권고는 early-phase amyloid PET이 모든 임상 상황에서 [^{18}F]FDG PET을 완전히 대체함을 의미하지 않으며, 단일 검사로 뇌관류에 관한 보완적 정보를 함께 획득할 수 있음을 조건부로 제안하는 것이다. Early-phase amyloid PET은 엄밀한 의미의 뇌관류 영상(perfusion imaging)과 완전히 동일하다고 보기 어렵고, [^{18}F]FDG PET과의 상관관계 역시 집단 수준의 통합 상관계수(pooled r)에 근거한 것으로 개인 단위의 진단적 일치도(individual-level agreement)를 보장하지는 않는다. 이러한 한계로 인해 일부 임상 상황에서는 본 권고가 제한적으로 수용될 수 있다. 특히 경도인지장애 및 아밀로이드 음성군에서는 early-phase 영상만으로 [^{18}F]FDG PET을 대체하는 데 주의가 필요하며, 임상적 필요 시 별도의 [^{18}F]FDG PET 시행을 고려한다.

배경

아밀로이드 양전자방출단층촬영(amyloid positron emission tomography; amyloid PET)은 알츠하이머병

(Alzheimer's disease; AD)을 비롯한 신경퇴행성 질환의 진단적 평가에서 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 기존 Amyloid PET은 방사성 의약품 투여 후 일정 시간이 경과한 후, 정적 영상(late-phase image)을 이용하여 뇌 아밀로이드 플라크의 침착 여부를 판독하는 방식이다. 그러나 방사성 의약품 투여 직후 조기(early-phase) 영상도 동시에 획득하면, 별도의 PET 검사 없이도 뇌 관류(cerebral perfusion) 및 대사(metabolism) 관련 정보를 함께 얻을 수 있다는 점에서 임상적 주목을 받고 있다.

이러한 접근의 생물학적 근거는 방사성 의약품 투여 직후 조기 영상의 신호가 주로 뇌 조직으로의 추적자 전달(tracer delivery)에 의해 결정된다는 점에 있다. 기준영역 기반 동역학 모델(reference tissue model)에서 산출되는 상대적 전달률 상수 R1 (= K1/K1'; 표적 영역과 기준 영역의 추적자 유입률 상수 K1, K1'의 비)은 국소 뇌혈류에 비례하는 지표이며,[1] 여러 연구에서 early-phase amyloid PET의 표준섭취계수비(standardized uptake value ratio; SUVR)가 R1과 높은 상관을 보이는 것으로 보고되었다.[2] 한편 안정 상태의 뇌에서는 국소 혈류와 포도당 대사가 밀접하게 연동되는 관류-대사 짝지음(perfusion-metabolism coupling)이 확립된 생리학적 개념으로 받아들여지고 있으며,[3] 신경퇴행성 질환에서도 신경세포 소실 및 시냅스 기능 저하가 국소 혈류와 대사의 동반 감소로 나타난다. 따라서 early-phase amyloid PET이 [^{18}F]FDG PET의 대사 저하 패턴과 유사한 정보를 제공할 수 있다는 것은 생물학적으로 타당한 가정이며, 본 핵심질문에서 검토한 상관관계 근거 역시 이러한 기전적 배경 위에서 해석될 수 있다.

다만 관류-대사 짝지음은 알츠하이머병을 포함한 신경퇴행성 질환과 뇌혈관질환에서 부분적으로 해리될 수 있고, 그 정도가 질환 및 병기에 따라 다를 수 있다. 또한 조기 영상의 신호는 순수한 혈류만이 아니라 추적자의 전달 특성, 초회 통과 추출률, 지용성 등 물성과 획득 시간 창의 영향을 함께 받는다. 따라서 기전적 타당성이 곧 개별 환자 수준에서의 대체 가능성을 보장하는 것은 아니다.

[^{18}F]FDG PET은 뇌 포도당 대사를 영상화하여 신경변성(neurodegeneration)의 패턴 및 정도를 평가하는 데 있어 확립된 표준 영상 방법이다. 현재 신경퇴행성 질환에서 시행되는 [^{18}F]FDG PET 은 비용 전액을 환자가 부담하기 때문에 환자에게 실질적인 비용 부담이 발생하고 있다. 따라서 Amyloid PET 단일 촬영으로 아밀로이드 상태와 뇌 관류/신경변성 정보를 동시에 획득할 수 있다면, 별도의 [^{18}F]FDG PET 시행 필요성을 줄여 환자의 방사선 피폭 감소, 검사 부담 경감, 비용 절감 측면에서 상당한 임상적 이점을 가질 수 있다.

그러나 early-phase amyloid PET이 실제로 [^{18}F]FDG PET을 대체할 수 있는지에 대한 체계적 근거는 아직 충분하지 않으며, 조기 영상 획득 시간 창(time window), 기준 영역(reference region), 방사성 의약품 종류 등이 연구마다 표준화되어 있지 않아 결과를 종합하기 어려운 상황이다.

문헌 검색 및 선정

Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies (PRISMA-DTA) 지침에 따라 체계적 문헌 검색을 수행하였으며, International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO: CRD420251106631)에 프로토콜을 사전 등록하였다. 검색 데이터베이스

는 PubMed, EMBASE, Cochrane Library, KoreaMed이며, 2025년 8월 20일까지 색인된 문헌을 대상으로 하였다. 'amyloid', 'PET', 'early-phase' 등의 통제어 및 자유어를 조합한 검색식을 활용하였다.

문헌 검색 결과 총 364편의 논문이 검색되었으며, 중복 제거 후 339편의 제목과 초록을 검토하였다. 이 중 63편의 전문을 검토하였고, 최종적으로 [^{18}F]FDG PET과 early-phase amyloid PET의 상관분석을 시행한 14편의 연구(총 928명)가 포함되었다.[4–17] Tiepolt et al. 2016은 [^{11}C]Pittsburgh compound B (PiB)/[^{18}F]florbetaben(FBB) 트레이서별로, Boccalini et al. 2023은 [^{18}F]florbetapir (FBP)/[^{18}F]flutemetamol (FMM) 트레이서별로 분리하여 분석에 포함하였으므로, 실제 메타분석에는 16개 데이터셋이 사용되었다.

비뚤림 위험 평가는 Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2 (QUADAS-2)를 이용하여 2인의 검토자가 독립적으로 수행하였으며, 의견 불일치는 합의를 통해 해결하였다. 본 핵심질문에 포함된 연구들은 민감도/특이도를 주 결과로 보고하는 전형적인 진단 정확도 연구가 아닌, early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간의 상관계수(r)를 평가한 방법론적 비교 연구(methodological comparison study)에 해당한다. 이러한 연구 유형에 특화된 표준화된 질 평가 도구가 현재 확립되어 있지 않은 상황에서, 본 연구진은 QUADAS-2가 핵심 비뚤림 위험 영역—환자 선택(Patient Selection), 지표 검사(Index Test), 참조 표준(Reference Standard), 흐름 및 시점(Flow and Timing)—을 구조적으로 평가할 수 있는 도구로서 본 연구의 특성에 가장 적합하다고 판단하여 적용하였다. 단, 참조 표준 도메인의 경우 [^{18}F]FDG PET 이 완벽한 표준(gold standard)이 아닌 대리 참조 표준(surrogate reference)으로 기능하는 본 연구 맥락을 반영하여, 해당 도메인의 평가 결과는 제한적으로 해석하였다.

QUADAS-2를 이용한 비뚤림 위험 평가 결과, 환자 선택 도메인에서 5편이 연속적 표본 등록 및 배제 여부 미기술로 불명확 비뚤림(Unclear)으로 평가되었으나,[6,9,11–13] 결과의 방향성에 미치는 영향이 제한적으로 판단되었다. 중재검사(Index test) 및 참조 표준(Reference standard) 도메인에서는 모든 연구가 낮은 비뚤림 위험으로 평가되었다. 흐름 및 시점 도메인에서는 4편이 스캔 간격 관련 정보 부재로 비뚤림 위험 불명확으로 평가되었다.[4,11,12,15] 적용가능성(Applicability) 평가에서는 모든 도메인에서 전 연구가 낮음(Low)으로 평가되어 비뚤림 위험으로 인한 근거수준 감등은 적용하지 않았다.

근거 요약

[1] 전체 연구

최종 포함된 14편의 연구는 Amyloid PET의 early-phase 영상과 [^{18}F]FDG PET 간의 상관관계를 평가한 연구로 구성되었다. 사용된 방사성 의약품은 FBB 4편,[4,6,10,11] FBP 4편,[8,12,14,16] FMM 2편,[14,15] PiB 5편,[5,7,9,11,13] 그리고 [^{18}F]florapronol (FPN, 1편)[17] 이었으며, Tiepolt et al. 2016[11]은 FBB와 PiB를 Boccalini et al. 2023[14]은 FBP와 FMM을 사용하였다. Early-phase amyloid PET의 획득 시간 창은 주사 직후 0–4분에서 0–10분까지 연구마다 다양하였다. 대상군은 인지 정상인(Cognitive normal, CN), 경도인지장애(Mild cognitive impairment, MCI), 알츠하이머형 치매(Alzheimer's dementia, AD), 비AD 신경퇴행성 질환(Frontotemporal dementia, FTD; Corticobasal syndrome, CBS 등)을 포함하였다. 전향적 코호트 기반 연구가 5편,[5,6,10,12,15] 후향적 코호트

기반 연구가 9편이었다. 대부분의 연구는 알츠하이머병, 경도인지장애, 인지정상군을 포함하였고, Asghar 2019[8]와 Rostomian 2011[13]은 AD vs 전측두엽 변성(Frontotemporal lobar degeneration, FTLD) 환자군을 포함하고 있었다. 12편의 논문에서 Pearson correlation coefficient[6-17]를 보고하였고 1편의 논문에서는 Spearman's rank,[4] 그리고 나머지 1편의 논문에서는 partial linear correlation[5]을 보고하였다. 일부 연구에서는 단일 통합 상관계수가 보고되지 않고 뇌 영역별 또는 하위군별 상관계수만 제시되었는데(Lojo-Ramírez 2025, Carneiro 2022, Bunai 2019, Oliveira 2018),[4,5,7,9] 이 경우 상관계수를 Fisher's z로 변환한 뒤 표본수(n-3)로 가중평균하고 다시 상관계수로 역변환하여 대표 상관계수를 산출하였다. 또한 Jeong 2019[17]의 경우 초록(29명)과 본문(33명)에 기재된 표본수가 상이하여 저자에게 직접 문의하였으며, 33명이 정확한 표본수임을 회신받아 이를 분석에 사용하였다.

[2] [^{18}F]FDG PET과의 상관관계

단변량 무작위효과모형 기준으로 early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간의 통합 상관계수(pooled r)는 0.83 (95% Confidence interval [CI]: 0.79-0.86)이었으며, 예측 구간(prediction interval)은 [0.68; 0.91]이었다. 이는 사전에 설정한 임상적 대체 가능성 최소 기준($r \geq 0.70$)을 95% CI 전체가 상회하는 결과로, early-phase amyloid PET이 [^{18}F]FDG PET의 진단적 정보를 실질적으로 대체할 수 있는 잠재력을 보여준다. 이질성은 $I^2 = 55.9\%$ ($p = 0.0034$)로 비교적 높은 수준이었다. 포함된 연구들은 관심영역(Region of interest, ROI/Volume of interest, VOI) 기반과 voxel 기반 분석을 혼용하였으며, 분석 단위의 차이는 상관계수의 크기에 영향을 줄 수 있어 연구 간 이질성($I^2 > 50\%$)의 잠재적 요인으로 고려된다.

[3] Subgroup 분석

[3.1] 방사성 의약품(Tracer)별 분석

방사성 의약품별 하위군 분석에서 FBB (r=0.86, 95% CI [0.82-0.90], I^2=0%)와 FMM (r=0.82, 95% CI [0.73-0.88], I^2=0%)은 이질성이 전혀 없는 매우 일관된 강한 상관관계를 보여, 임상 환경에서 가장 안정적으로 활용 가능한 방사성 의약품으로 평가된다. FBP (r=0.83, 95% CI [0.78-0.88], I^2=24.1%)도 중등도 이하의 이질성으로 우수한 상관관계를 나타냈으며, 방사성 의약품 간 하위군 차이 검정에서 통계적으로 유의한 차이가 없어(p=0.5415) 모든 방사성 의약품에서 일관된 방향성이 확인된다. 반면 PiB (r=0.81, 95% CI [0.68-0.89], I^2=83.6%)는 pooled r 자체는 높으나 이질성이 매우 높아 결과의 불확실성이 크며, 이는 PiB 연구들 간 early-phase amyloid PET의 시간 창 설정과 환자군 구성의 차이에 주로 기인하는 것으로 판단된다. FMM의 경우 포함 연구가 2편에 불과하여 정밀도가 제한적이므로 추가 근거 확보가 필요하다.

[3.2] 조기 획득 시간 창(Time window)별 분석

짧은 시간 창(Short time window, ≤5분, r=0.84, 95% CI [0.81-0.87], I^2=18.6%)은 이질성이 현저히 감소하면서 강한 상관관계가 유지되어, 5분 이내 프로토콜이 방법론적 일관성 측면에서 가장 유리한 것으로 확인된다. 긴 시간 창(Long time window, ~10분, r=0.83, 95% CI [0.76-0.87], I^2=63.7%)도 pooled r은 유사하나 이질성이

높아 프로토콜 표준화가 없는 환경에서는 결과의 안정성이 낮을 수 있다. 두 군 간 pooled r의 통계적 차이는 없었으나(p=0.6081), 이질성 감소 효과를 고려할 때 ≤5분 이내 획득 프로토콜을 우선적으로 권장한다.

[3.3] 진단군(Diagnosis)별 분석

알츠하이머 치매(AD) 그룹(r=0.77, 95% CI [0.65–0.85], I^2=41.1%)은 중등도의 이질성에도 비교적 안정적인 상관관계를 보여 임상적 치매 단계에서의 대체 가능성이 지지된다. 정상인(CN) 그룹(r=0.79, 95% CI [0.68–0.87], I^2=0%)도 강한 상관관계를 나타내었으나 3편 71명의 소규모 데이터로 정밀도가 제한적이다. 반면 경도인지장애(MCI) 그룹(r=0.67, 95% CI [0.46–0.81], I^2=56.6%)은 세 진단군 중 상관계수가 가장 낮고 CI가 가장 넓으며 이질성도 높아 불확실성이 가장 크다. 경도인지장애는 초기 신경 퇴행 변화가 미세하고 [^{18}F]FDG PET 이상 소견이 상대적으로 비특이적인 단계이므로, 현재 근거만으로는 이 군에서 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성을 확신하기 어려워 임상적 필요 시, 별도의 [^{18}F]FDG PET 시행을 고려할 필요가 있다.

[3.4] 아밀로이드 상태(Amyloid status)별 분석

아밀로이드 양성군(Aβ+, r=0.81, 95% CI [0.73–0.87], I^2=31.7%)은 사전 설정한 임상적 대체 가능성 최소 기준($r \geq 0.70$)을 충족하며 실용적 대체 지표로서의 가능성을 지지한다. 반면 아밀로이드 음성군(Aβ−, r=0.73, 95% CI [0.63–0.80], I^2=0%)은 pooled r 자체는 기준을 간신히 상회하나, 95% CI 하한이 0.63으로 기준값(0.70)을 하회한다. 이는 아밀로이드 음성 환자에서 뇌 관류/대사 패턴의 개인 간 변동성이 크고 early-phase amyloid PET의 신호가 상대적으로 약해 기대하는 신경 퇴행 정보를 안정적으로 반영하지 못할 가능성을 시사하므로, 이 환자군에서는 early-phase amyloid PET의 영상만으로 [^{18}F]FDG PET을 대체하는 것에 주의가 필요하다.

GRADE 결과요약표(GRADE Summary of Finding Table)

전체 분석(k=14, 16 데이터셋)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	14편/928명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.83 [0.79–0.86]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d,e]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비일관성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 환자 선택 도메인에서 일부 연구(5편)가 Unclear risk로 평가되었으나 연속 등록 및 배제 여부 미기술에 따른 것으로 결과의 방향성에 영향을 줄 가능성은 제한적임.

c. [^{18}F]FDG PET이 완벽한 참고표준이 아닌 surrogate standard로 사용됨.

d. 전체 분석의 I^2 = 55.9% (p = 0.0034)로 중등도-높은 이질성이 확인되었음. Subgroup 분석에서 FBB, FMM, 짧은 시간 창에서는 이질성이 현저히 감소하였으나 PiB, 긴 시간 창에서는 높은 이질성이 지속됨.

e. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 방사성 의약품별 – FBB

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	4편/182명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.86 [0.82–0.90]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 1개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 0% (p = 0.6979); FBB 하위군 내 유의한 이질성 없음.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 방사성 의약품별 – PiB

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계 (r)	5편/321명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.81 [0.68–0.89]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성, 비일관성, 및 비정밀성 3개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 83.6% (p < 0.0001); PiB 하위군 내 실질적 이질성 — early-phase amyloid PET의 시간 창 및 환자군 차이에 기인함.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 방사성 의약품별 – FMM

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	2편/92명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.82 [0.73–0.88]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비정밀성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. FMM 하위군에서 2편만 포함됨; 기여 연구 수가 적어 정밀도 제한.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 방사성 의약품별 – FBP

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	4편/300명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.83 [0.78–0.88]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 1개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 24.1% (p = 0.2667); FBP 하위군 내 통계적 유의성 없는 이질성을 보임

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 조기 획득 시간 창별 – 짧은 시간 창(≤5분)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	5편/431명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.84 [0.81–0.87]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 1개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 18.6% (p = 0.2962); 짧은 시간 창(≤5분) 하위군 내 유의한 이질성 없음.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 조기 획득 시간 창별 – 긴 시간 창(~10분)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	10편/497명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.83 [0.76–0.87]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비일관성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 63.7% (p = 0.0021); 긴 시간 창(~10분) 하위군 내 실질적 이질성 — 방사성 의약품 종류 및 환자군 차이에 기인함.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 진단군별 – 알츠하이머 치매(AD)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	4편/147명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.77 [0.65–0.85]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비정밀성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 41.1% (p = 0.1653); AD 하위군 내 통계적 유의성 없는 중등도의 이질성을 보임

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 진단군별 – 경도인지장애(MCI)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	3편/103명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.67 [0.46–0.81]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성, 비일관성, 및 비정밀성의 3개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 56.6% (p = 0.0999); 95% CI [0.46; 0.81]의 넓은 범위는 실질적 이질성 및 연구 수 부족(n=3)으로 인한 비정밀성을 반영함.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 진단군별 – 인지정상(CN)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	3편/71명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.79 [0.68–0.87]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비정밀성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. CN 하위군에서 3편 71명만 포함됨; 소규모 표본으로 인한 정밀도 제한.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 아밀로이드 상태별 – 아밀로이드 양성(Aβ+)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	4편/180명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.81 [0.73–0.87]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 1개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. I^2 = 31.7% (p = 0.3202); 아밀로이드 양성 하위군에 경미한 이질성을 보이나 통계적으로 유의하지 않음.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

하위군 분석: 아밀로이드 상태별 – 아밀로이드 음성(Aβ–)

결과지표	연구 수/참가자 수	연구설계	Pooled r (95% CI)	근거수준(CoE)
Early-phase amyloid PET과 [^{18}F]FDG PET 간 상관관계(r)	4편/141명	코호트 및 증례-대조 유형 연구	r = 0.73 [0.63–0.80]	⊕◯◯◯ 매우 낮음[a,b,c,d]

a. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 비직접성 및 비정밀성의 2개 도메인에서 Serious로 평가되어 최종 근거수준 Very Low로 평가되었음.

b. 인지정상(CN), 경도인지장애(MCI), 알츠하이머 치매(AD) 및 비AD 신경퇴행성 질환 등 혼합 진단군이 포함됨; early-phase amyloid PET의 획득 시간 창이 연구마다 표준화되지 않음(범위: 0–4분 ~ 0–10분); [^{18}F]FDG PET이 직접적 임상 결과가 아닌 대리 참조 표준으로 사용됨.

c. 95% CI 하한(0.63)이 사전 설정된 임상적 대체 가능성 기준(r = 0.70)을 하회하여 임상적 결정 경계 주변의 비정밀성을 나타냄.

d. 본 근거 테이블은 표준 진단 정확도 형식을 수정하여 적용한 것임. 이 핵심질문에는 기존 진단 정확도 지표(민감도/특이도)가 적용될 수 없으므로, 상관계수(r)를 early-phase amyloid PET의 [^{18}F]FDG PET 대체 가능성의 대리 지표로 사용하였음.

권고 고려사항

[1] 이득과 위해

[1.1] 이득

Early-phase amyloid PET은 기존 amyloid PET 촬영 프로토콜에 조기 영상 획득 시간(주사 직후 ~5분)만 추가하는 방식으로 수행되므로, 추가적인 방사성 의약품 투여가 필요하지 않다. 메타분석 결과 pooled r = 0.83 [0.79–0.86]으로 [^{18}F]FDG PET 과 강한 상관관계를 보여, 단일 검사로 아밀로이드 상태와 뇌 관류 및 신경퇴행 정보를 동시에 획득할 수 있다. 이를 통해 기존에 [^{18}F]FDG PET 촬영을 추가적으로 시행하였던 환자군에서 [^{18}F]FDG PET 촬영 없이 유사한 정보를 획득할 수 있다. 또한 [^{18}F]FDG PET으로 인한 방사선 피폭을 줄이고, 추가적인 검사 예약 및 병원 재방문 부담을 해소할 수 있다. 특히 한국에서 [^{18}F]FDG PET 이 전액본인부담(100/100) 요양급여에 해당함을 고려할 때, early-phase amyloid PET 추가 획득을 통한 [^{18}F]FDG PET 대체는 실질적인 비용 절감 효과를 가져올 수 있다.

[1.2] 위해

Early-phase 영상 획득은 기존 amyloid PET 프로토콜에 조기 5~10분 촬영 시간만 추가되는 방식으로, 방사성 의약품에 의한 추가적인 방사선 피폭은 발생하지 않는다. 다만 국내 다수 의료기관에서는 감쇠보정 목적의 CT를 early-phase와 late-phase 각각에 대해 별도로 촬영하는 프로토콜을 운용하고 있어, 이 경우 CT 1회 추가 촬영에 따른 방사선 피폭이 발생할 수 있다. 단, 이는 진단적 CT 수준의 피폭이 아닌 저선량 감쇠보정용 CT에 해당하므로 절대적 위해 수준은 낮으나, 프로토콜 최적화를 통해 late-phase CT를 공유하거나 비감쇠보정(Non-

attenuation-corrected, NAC) 영상을 병행 활용하는 방식으로 추가 피폭을 최소화하는 것을 권장한다. 한편, PET/CT 스캐너 점유 시간 증가는 병원의 장비 운용 효율에 영향을 줄 수 있으나, 추가 시간이 5~10분 내외로 제한적이어서 실질적 부담은 크지 않을 것으로 판단된다. 마지막으로 조기 영상 획득 프로토콜(시간 창, 기준 영역 등)이 표준화되지 않은 경우 결과 해석의 오류 가능성이 잠재적 위해로 고려될 수 있다.

[1.3] 이득과 위해의 저울질

Early-phase amyloid PET의 이득과 위해를 종합적으로 고려하면, 이득이 위해보다 명확히 크다고 판단된다. 이득 측면에서, 단일 검사로 두 가지 임상 정보를 동시에 획득함으로써 환자의 경제적 부담, 추가 방문, 그리고 별도 검사에 따른 방사선 피폭을 복합적으로 줄일 수 있다는 점에서 그 이득은 구조적이고 즉각적이다. 위해 측면에서, 방사성 의약품에 의한 추가 피폭은 없으며, 감쇠보정용 CT로 인한 추가 피폭은 저선량 수준으로 절대적 위해가 제한적이다. PET/CT 스캐너 점유 시간 증가와 프로토콜 미표준화에 따른 판독 오류 가능성은 잠재적 위해로 인정되나, 운용 지침 마련과 프로토콜 표준화를 통해 상당 부분 극복 가능한 위해에 해당한다.

이득은 구조적이고 즉각적인 반면, 위해는 경미하거나 관리 가능한 수준에 해당하므로, 전체적인 이득-위해 균형은 early-phase amyloid PET의 영상 획득을 지지하는 방향으로 기울어져 있다. 따라서 '아마도 해당 중재법이 더 선호됨'으로 판단한다.

[2] 근거수준

GRADE 평가에서 본 연구의 근거수준은 다음과 같은 이유로 Very Low (⊕◯◯◯)로 평가되었다. 관찰연구로서 GRADE 출발점이 Low이며, 2개 도메인에서 각 1단계씩 하향되었다. 첫째, 비직접성 영역에서 포함된 연구들이 혼합 진단군을 포함하고 획득 시간 창과 기준 영역이 표준화되지 않았으며, [^{18}F]FDG PET이 완벽한 참고표준이 아닌 대리 참조 표준으로 사용된 점이 문제가 되었다. 둘째, 비일관성 영역에서 I^2 = 55.9%로 중등도-높은 이질성이 확인되었다. 비뚤림 위험은 환자 선택 도메인에서 일부 연구(5편)가 불명확 비뚤림으로 평가되었으나 연속 등록 및 배제 여부 미기술에 따른 것으로 결과의 방향성에 영향을 줄 가능성은 제한적이라 판단하여 심각하지 않음으로 평가되었다. 비정밀성은 95% CI [0.79; 0.86]이 매우 좁고 사전 설정 최소 기준($r \geq 0.70$)을 전체가 상회하여 심각하지 않음으로 평가되었다. 다만, Very Low 근거수준은 early-phase amyloid PET의 임상적 유용성이 낮다는 의미가 아니라, 포함된 연구들의 프로토콜 이질성(tracer 종류, time window, reference region)으로 인해 pooled r = 0.83이라는 추정치에 대한 확신 수준이 낮다는 의미임에 유의해야 한다.

[3] 가치와 선호도

치매 진단 과정에서 환자와 보호자에게 검사 횟수 감소와 병원 방문 빈도 감소는 매우 중요한 가치를 지닌다. 단일 검사로 두 가지 임상 정보를 동시에 얻을 수 있다는 점은 대부분의 환자와 보호자에게 선호되는 방향일 것으로 판단된다. 일부 환자는 추가 CT 촬영에 따른 소량의 방사선 피폭에 민감하게 반응하거나, 검사 시간 연장에 따른 불편을 중요하게 여길 수 있어 개인에 따른 가치 판단의 차이가 존재할 수 있다. 그러나 이러한 차이가 전체적인 가치 판단의 방향을 바꿀 만큼 크지는 않을 것으로 예상되며, 불필요한 중복 검사 및 피폭 방지라는 가치는 환자, 보호자, 의료진

모두에게 공통적으로 선호되는 방향이다. 따라서 '아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임'으로 판단한다.

[4] 장애요인과 촉진요인

[4.1] 장애요인

조기 영상 획득 프로토콜(시간 창, 기준 영역 설정, 방사성 의약품별 최적 획득 시점)이 연구마다 다양하고 검증된 판독 및 정량 분석 기준도 확립되어 있지 않아, 국내외적으로 합의된 표준 임상 지침이 아직 마련되어 있지 않다. 이로 인해 기관마다 프로토콜이 상이하게 운용될 수 있으며, 판독 결과의 기관 간 비교 가능성이 제한될 수 있다. 짧은 시간 창(≤5분) 프로토콜을 일관되게 준수하기 위해서는 방사선사를 포함한 임상 실무자 대상 교육이 필요하며, PET/CT 스캐너 점유 시간 증가로 인한 장비 운용상의 제약도 기관에 따라 존재할 수 있다. 또한 현재 국내 건강보험 체계에서 early-phase amyloid PET 영상에 대한 별도 급여 코드 및 산정 기준이 마련되어 있지 않아, 기존 amyloid PET 수가에 포함하여 산정할 수 있는지 여부가 불명확하며 이로 인한 행정적 장벽이 임상 도입의 실질적 장애요인으로 작용할 수 있다.

[4.2] 촉진요인

Early-phase amyloid PET 도입을 촉진하는 요인으로는 우선 기술적 측면에서, 이미 구축된 PET/CT 장비와 amyloid 방사성 의약품을 그대로 활용하므로 새로운 장비 도입이나 추가적인 설비 투자가 필요하지 않다는 점을 들 수 있다. 국내 상급종합병원을 중심으로 amyloid PET 시행 경험이 풍부하게 축적되어 있으며, 일부 기관에서는 이미 dual-phase 프로토콜을 자체적으로 운용하고 있어 기술적 수용성이 높다. 임상적 측면에서는 단일 검사로 아밀로이드 침착과 뇌 관류 정보를 동시에 획득할 수 있어 환자 편의성 향상과 의료 효율성 증대라는 명확한 임상적 이점이 존재하며, 이는 환자와 의료진 모두에게 도입의 동기로 작용할 수 있다. 또한 치매 초기 진단에 대한 사회적 관심 증가와 함께 정밀한 신경영상 진단에 대한 수요가 높아지고 있다는 점도 중요한 촉진요인으로 고려될 수 있다. 아울러 질환조절치료(disease-modifying therapy, DMT) 도입에 따라 아밀로이드 양성 여부와 함께 알츠하이머병에 합당한 기능적 패턴을 평가하려는 임상적 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 비전형적 임상 양상을 보이는 환자에서 조기 영상의 활용 가치가 높아질 것으로 예상된다.

[4.3] 극복방안

프로토콜 표준화와 관련하여, 방사성 의약품별(FBB, FBP, FMM, PiB) 최적 획득 시간 창 및 기준 영역에 대한 국내 표준 프로토콜을 마련하는 것이 우선적으로 필요하다. 하위군 분석 결과 짧은 시간 창(≤5분)에서 이질성이 현저히 감소하였으므로(I^2=18.6%), 이를 권장 프로토콜의 근거로 활용할 수 있다. 대한핵의학회 주도의 다기관 합의를 통해 국내 임상 환경에 맞는 표준 프로토콜을 개발하고 보급하는 것이 현실적인 접근 방안이다. 아울러 early-phase amyloid PET은 전용 관류 또는 대사 추적자와 추적자 동태(tracer kinetics) 및 국소 분포에 차이가 있을 수 있으므로, 각 방사성 의약품과 획득 조건에 적합하게 검증된 판독 기준 및 정량 분석 기준이 마련될 필요가 있다.

[5] 자원(비용)

Early-phase 영상 획득은 기존 amyloid PET 방사성 의약품을 그대로 활용하는 방식이므로 별도의 약제비가 발

생하지 않는다. 그러나 PET/CT 스캐너 점유 시간이 5~10분 추가됨에 따라 장비 운용 측면에서 기회비용이 발생하며, 기관에 따라 감쇠보정용 CT 추가 촬영에 따른 비용도 고려해야 한다. 또한 프로토콜 표준화 및 임상 실무자 교육을 위한 조기 도입 비용도 부가적으로 소요될 수 있다.

한편 [^{18}F]FDG PET 대체를 통한 환자의 검사 비용 절감 및 추가 방문에 따른 간접 비용 감소라는 이득도 존재하나, 현재 early-phase amyloid PET에 대한 별도 급여 코드 및 산정 기준이 마련되어 있지 않은 상황에서 비용 절감 효과가 의료 시스템 전반에 실질적으로 반영되기까지는 제도적 정비가 선행되어야 한다.

이를 종합하면, 환자 개인 수준의 비용 절감 가능성에도 불구하고 의료기관 운용 측면에서의 추가 자원 소요를 고려하여 전체적으로 "어느 정도 비용이 필요함"으로 판단한다.

[6] 권고 결정 과정 시 수정보완 내용

[6.1] 합의회의 검토결과

합의회의에서는 메타분석 결과의 근거수준이 매우 낮음(Very Low)임에도 불구하고, 다음과 같은 이유로 최종 권고등급을 조건부 권고(B)로 확정하였다. 첫째, 이득이 위해보다 클 것으로 판단되며 위해의 대부분이 경미하거나 관리 가능한 수준에 해당한다. 둘째, 추가적인 방사성 의약품 투여 없이 기존 프로토콜 내에서 시행 가능하므로 비가역적 위해가 없다. 셋째, 이미 구축된 장비와 인력을 활용하므로 수행 가능성이 높고, 환자와 의료진에게 대체로 수용될 것으로 판단되었다. 넷째, 비용 측면에서 스캐너 점유 시간 증가 등 어느 정도의 추가 자원이 필요하나 이는 감당 가능한 수준으로 판단되었다. 다만 하위군 분석에서 MCI (r=0.67, 95% CI [0.46–0.81]) 및 아밀로이드 음성군(r=0.73, 95% CI 하한 0.63)에서 상관관계의 불확실성이 상대적으로 크게 확인되었으며, 이것이 본 권고가 강한 권고가 아닌 조건부 권고(B)로 결정된 주요 근거 중 하나이다.

[6.2] 외부검토의 검토결과

본 진료지침 KQ3 권고문에 대하여 관련 분야 전문가 7명을 대상으로 외부검토 및 델파이 합의 조사를 시행하였다. 검토위원은 핵의학과·신경과·정신건강의학과 등 관련 전문가로 구성하였으며, 조사는 2026년 7월 15일부터 27일까지 온라인 설문을 통해 진행하였다. 권고문에 대하여 1–3점: 부적절(해당 권고가 적절하지 않다고 판단), 4–6점: 불확실(적절성을 단정하기 어려움), 7–9점: 적절(해당 권고가 적절하다고 판단)까지 9점 척도로 동의 정도를 평가하도록 하였고, 7점 이상의 응답이 전체 응답자의 2/3 (66.7%) 이상인 경우 합의에 도달한 것으로 사전에 정의하였다. 아울러 각 권고문에 대한 서술형 의견을 자유롭게 제시하도록 하였다.

델파이 조사에는 대상 위원 7명 전원이 응답하였으며(응답률 100%), 7점 이상 응답이 5명(71.4%)으로 사전에 정의한 합의 기준을 충족하여 합의에 도달하였다. 1–3점으로 평가한 위원은 없었으며, 5점을 부여한 2명의 위원 중 1명이 서술형 의견을 제시하였고, 이에 대한 위원회의 검토 및 반영 결과는 다음과 같다. 권고 방향과 조건부 등급에는 대체로 동의한다는 의견에 따라 권고 방향 및 권고등급(B, 조건부 시행 권고)은 원안대로 유지하였다. 근거가 집단 수준의 통합 상관계수(pooled r)에 기반하고 개별 환자 수준의 진단 일치도로 검증되지 않았으므로 '대체'보다 '보완적 참고정보 제공'으로 판단하는 것이 타당하다는 의견을 수용하였다. 이에 따라 권고문을 '뇌관류 정

보를 얻기 위해 조기 영상을 함께 획득하는 것을 고려할 수 있다'로 수정하였다. 아울러 권고문 하단에 고려사항(Remarks)을 신설하여 완전한 대체를 의미하지 않는다는 점, 근거가 집단 수준의 상관계수에 기반하여 개별 환자 수준의 진단적 일치도를 보장하지 않는다는 점, 경도인지장애 및 아밀로이드 음성군에서는 별도의 [^{18}F]FDG PET 시행을 고려해야 한다는 점을 명시하였다. 또한 early-phase 영상이 대사보다 관류를 반영하므로 이에 대한 언급이 필요하다는 의견은 부분 수용하여, 권고문에서 '대사'를 삭제하고 '뇌관류 정보'로 수정하였다. 이와 함께 배경에 조기 영상의 신호가 유입률 상수(K1) 및 상대적 전달률 상수(R1)를 통해 국소 뇌혈류를 반영한다는 점, 관류-대사 짝지음의 생리학적 근거, 그리고 신경퇴행성 질환 및 뇌혈관질환에서 짝지음이 부분적으로 해리될 수 있다는 점을 추가로 기술하였다.

이상과 같이 외부검토에서 KQ3 권고문은 합의 기준을 충족하였으며, 위원회는 제시된 의견을 반영하여 권고문 문구를 수정하고 고려사항 및 배경 기술을 보강하되 권고의 방향, 강도, 근거수준은 변경하지 않았다.

[7] 근거기반의사결정틀(Evidence to Decision Frameworks)

[이득과 위해] 이득과 위해를 모두 고려했을 때, 해당 중재법이 비교 중재법보다 더 선호되는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 아마도 비교 중재법이 더 선호됨 ○ 선호되는 것 없음 ● 아마도 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 해당 중재법이 더 선호됨 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	Early-phase amyloid PET은 [^{18}F]FDG PET과 강한 상관관계를 보임(pooled r = 0.83). Amyloid PET 시행 시 조기 뇌 관류 정보를 동시에 획득하여 별도의 [^{18}F]FDG PET 검사 필요성을 줄임.	단일 검사로 두 가지 병리적 정보(아밀로이드 침착 및 신경변성)를 얻어 환자 편의성이 증가하며, 방사선 피폭 또한 줄일 수 있어 대체로 이득이 큼.
[근거의 확신도] 근거의 확신도는 전반적으로 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
● 매우 낮음 ○ 낮음 ○ 보통 ○ 높음 ○ 포함된 연구 없음	상관관계 연구 14편(16개 데이터셋) 메타분석 결과, 비직접성 및 연구간 이질성(I^2=55.9%)으로 근거수준 Very Low (⊕◯◯◯)로 평가됨.	근거수준이 매우 낮은 것은 임상적 유용성이 부족해서가 아니라, 포함된 관찰연구들의 검사 프로토콜(시간 창, 트레이서 종류 등)이 다양하여 추정치의 변동성이 존재하기 때문임.
[가치] 주요 결과에 대한 가치판단에 중요한 불확실성이나 변동성이 존재하는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있음 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음 ● 아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임 ○ 중요 불확실성 또는 변동성이 없음	치매 진단 과정에서 환자와 보호자에게 검사 횟수 및 병원 방문 빈도 감소는 매우 중요한 가치를 지님.	불필요한 중복 검사 및 피폭 방지는 환자, 보호자, 의료진 모두에게 선호되는 방향이므로 가치 판단에 이견이나 중요 불확실성이 없을 것으로 예상됨.

[필요 자원] 자원(비용)은 얼마나 많이 필요한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 많은 비용이 필요함 ● 어느 정도 비용이 필요함 ○ 비용 변화의 차이 거의 없음 ○ 어느 정도 비용이 절감됨 ○ 많은 비용이 절감됨 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	Early-phase amyloid PET 영상 추가 획득을 위한 별도 방사성 의약품 비용은 발생하지 않으나, PET/CT 스캐너 점유 시간이 5~10분 추가되어 장비 운용 측면의 기회비용이 발생한다. 기관에 따라 감쇠보정용 CT 추가 촬영 비용이 소요될 수 있으며, 프로토콜 표준화 및 실무자 교육을 위한 조기 도입 비용도 부가적으로 필요하다.	환자 측면에서는 [^{18}F]FDG PET 대체를 통한 검사 비용 절감 및 추가 방문 감소라는 상쇄 효과가 존재함. 그러나 현재 early-phase amyloid PET에 대한 별도 급여 코드가 마련되어 있지 않아 비용 절감 효과가 제도적으로 반영되기까지 시간이 필요하므로 의료기관 운용 측면의 추가 자원 소요를 우선적으로 고려함.
[수용성] 해당 중재법은 주요 이해관계자들에게 수용될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수용될 수 없음 ○ 아마도 수용될 수 없음 ● 아마도 수용될 수 있음 ○ 수용될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	환자의 추가 검사 부담(방사성 의약품 추가 주사, 별도 예약 및 방문)을 해소할 수 있음.	기존 PET 검사 절차 내에 시간만 일부 추가되는 형태로 쉽게 통합이 비교적으로 용이하여 환자 및 의료 현장에서 대체로 수용될 것으로 예상됨.
[수행 가능성] 해당 중재법은 수행될 수 있는가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 수행될 수 없음 ○ 아마도 수행될 수 없음 ● 아마도 수행될 수 있음 ○ 수행될 수 있음 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	이미 구축된 PET/CT 장비와 Amyloid 방사성 의약품을 활용하는 것이므로 기술적 장벽이나 새로운 장비 도입이 필요 없음.	단, 가장 결과가 좋은 조기 영상 획득 프로토콜(주사 직후 ~5분)을 임상 실무자가 표준적으로 준수할 수 있도록 자체 지침 마련이 필요함.
[형평성] 건강불평등에 미치는 영향은 어떠한가?		
판단	**연구 근거**	**추가 고려사항**
○ 건강 불평등이 증가함 ○ 아마도 건강 불평등이 증가함 ○ 아마도 아무 영향이 없음 ● 아마도 건강 불평등이 감소함 ○ 건강 불평등이 감소함 ○ 다양함 ○ 잘 모르겠음	추가 방문이나 큰 비용 부담 없이 한 번의 스캔으로 두 가지 진단 정보를 제공하므로, 지리적/시간적 접근성이 떨어지는 환자들에게 유리함.	조기 영상 추가 촬영 자체가 환자의 본인부담금을 크게 가중시키지는 않으므로, 형평성 불균형을 악화시키지 않음.

	판단						
이득과 위해의 비교	비교 중재법이 더 선호됨	아마도 비교 중재법이 더 선호됨	선호되는 것 없음	**아마도 해당 중재법이 더 선호됨**	해당 중재법이 더 선호됨	다양함	잘 모르겠음
근거의 확신도	**매우 낮음**	낮음	중등도	높음	포함된 연구 없음		
가치	중요 불확실성 또는 변동성이 있음	아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 있을 수 있음	**아마도 중요 불확실성 또는 변동성이 없을 것임**	중요 불확실성 또는 변동성이 없음			
필요 자원	많은 비용이 필요함	**어느 정도 비용이 필요함**	비용 변화의 차이 거의 없음	어느 정도 비용이 절감됨	많은 비용이 절감됨	다양함	잘 모르겠음
수용성	수용될 수 없음	아마도 수용될 수 없음	**아마도 수용될 수 있음**	수용될 수 있음	다양함	잘 모르겠음	
수행가능성	수행될 수 없음	아마도 수행될 수 없음	**아마도 수행될 수 있음**	수행될 수 있음	다양함	잘 모르겠음	
형평성	건강불평등이 증가함	아마도 건강불평등이 증가함	**아마도 아무 영향이 없음**	아마도 건강불평등이 감소함	건강불평등이 감소함	다양함	잘 모르겠음

Acknowledgements

본 권고안의 체계적 문헌 검색에 김나진 사서(가톨릭대학교 성의교정 도서관, Medical Library, The Catholic University of Korea, Seoul, Republic of Korea; ORCID: 0000-0001-7280-9579)의 도움을 받았음.

References

1. Chen YJ, Rosario BL, Mowrey W, et al. Relative [^{11}C]PiB Delivery as a Proxy of Relative CBF: Quantitative Evaluation Using Single-Session [15O]Water and [^{11}C]PiB PET. J Nucl Med 2015;56(8):1199-205. (In eng). DOI: 10.2967/jnumed.114.152405.
2. Ottoy J, Verhaeghe J, Niemantsverdriet E, et al. [^{18}F]FDG PET, the early phases and the delivery rate of [^{18}F]AV45 PET as proxies of cerebral blood flow in Alzheimer's disease: Validation against [15O]H2O PET. Alzheimers Dement 2019;15(9):1172-1182. (In eng). DOI: 10.1016/j.jalz.2019.05.010.
3. Sokoloff L. Relationships among local functional activity, energy metabolism, and blood flow in the central nervous system. Fed Proc 1981;40(8):2311-6. (In eng).
4. Lojo-Ramírez JA, Fernández-Rodríguez P, Guerra-Gómez M, et al. Evaluation of early-phase [^{18}F]florbetaben PET as a surrogate biomarker of neurodegeneration: In-depth comparison with [^{18}F]FDG PET at group and single patient level. J Alzheimers Dis 2025;106(1):304-316. (In eng). DOI: 10.1177/13872877251340380.
5. Carneiro CG, Faria DP, Coutinho AM, et al. Evaluation of 10-minute post-injection [^{11}C]PiB PET and its correlation with [^{18}F]FDG PET in older adults who are cognitively healthy, mildly impaired, or with probable Alzheimer's disease. Braz J Psychiatry 2022;44(5):495-506. (In eng). DOI: 10.47626/1516-4446-2021-2374.

6. Son SH, Kang K, Ko PW, et al. Early-Phase [^{18}F]florbetaben PET as an Alternative Modality for [^{18}F]FDG PET. Clin Nucl Med 2020;45(1):e8-e14. (In eng). DOI: 10.1097/rlu.0000000000002768.
7. Bunai T, Kakimoto A, Yoshikawa E, Terada T, Ouchi Y. Biopathological Significance of Early-Phase Amyloid Imaging in the Spectrum of Alzheimer's Disease. J Alzheimers Dis 2019;69(2):529-538. (In eng). DOI: 10.3233/jad-181188.
8. Asghar M, Hinz R, Herholz K, Carter SF. Dual-phase [^{18}F]florbetapir in frontotemporal dementia. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2019;46(2):304-311. (In eng). DOI: 10.1007/s00259-018-4238-2.
9. Oliveira FPM, Moreira AP, de Mendonça A, et al. Can [11C]PiB-PET Relative Delivery R1 or [^{11}C]PiB-PET Perfusion Replace [^{18}F]FDG PET in the Assessment of Brain Neurodegeneration? J Alzheimers Dis 2018;65(1):89-97. (In eng). DOI: 10.3233/jad-180274.
10. Daerr S, Brendel M, Zach C, et al. Evaluation of early-phase [^{18}F]florbetaben PET acquisition in clinical routine cases. Neuroimage Clin 2017;14:77-86. (In eng). DOI: 10.1016/j.nicl.2016.10.005.
11. Tiepolt S, Hesse S, Patt M, et al. Early [^{18}F]florbetaben and [^{11}C]PiB PET images are a surrogate biomarker of neuronal injury in Alzheimer's disease. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016;43(9):1700-9. (In eng). DOI: 10.1007/s00259-016-3353-1.
12. Hsiao IT, Huang CC, Hsieh CJ, et al. Correlation of early-phase [^{18}F]florbetapir (AV-45/Amyvid) PET images to FDG images: preliminary studies. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2012;39(4):613-20. (In eng). DOI: 10.1007/s00259-011-2051-2.
13. Rostomian AH, Madison C, Rabinovici GD, Jagust WJ. Early [^{11}C]PIB frames and [^{18}F]FDG PET measures are comparable: a study validated in a cohort of AD and FTLD patients. J Nucl Med 2011;52(2):173-9. (In eng). DOI: 10.2967/jnumed.110.082057.
14. Boccalini C, Peretti DE, Ribaldi F, et al. Early-phase [^{18}F]florbetapir and [^{18}F]flutemetamol images as proxies of brain metabolism in a memory clinic setting. J Nucl Med 2023;64(2):266-73. (In eng). DOI: 10.2967/jnumed.122.264256.
15. Schmitt J, Palleis C, Sauerbeck J, et al. Dual-Phase β-Amyloid PET Captures Neuronal Injury and Amyloidosis in Corticobasal Syndrome. Front Aging Neurosci 2021;13:661284. (In eng). DOI: 10.3389/fnagi.2021.661284.
16. Vanhoutte M, Landeau B, Sherif S, et al. Evaluation of the early-phase [^{18}F]AV45 PET as an optimal surrogate of [^{18}F]FDG PET in ageing and Alzheimer's clinical syndrome. Neuroimage Clin 2021;31:102750. (In eng). DOI: 10.1016/j.nicl.2021.102750.
17. Jeong J, Jeong YJ, Park KW, Kang DY. Correlation of Early-Phase [^{18}F]florapronal PET with [^{18}F]FDG PET in Alzheimer's Disease and Normal Brain. Nucl Med Mol Imaging 2019;53(5):328-333. (In eng). DOI: 10.1007/s13139-019-00612-y.

보충자료(Supplementary material)

[1] 검색어(Search Query)

[1.1] PubMed

No.	Search Query
#1	"Amyloid"[Mesh]
#2	"Amyloid"[TW] OR "Amyloid Substance"[TW] OR "Substance, Amyloid"[TW] OR "Amyloid Fibrils"[TW] OR "Fibrils, Amyloid"[TW] OR "Amyloid Fibril"[TW] OR "Fibril, Amyloid"[TW] OR "amyloid PET"[TW]
#3	"flutemetamol" [Supplementary Concept]
#4	"flutemetamol"[TW] OR "(18F)flutemetamol"[TW] OR "flutemetamol F-18"[TW] OR "Vizamyl"[TW]
#5	"florbetapir" [Supplementary Concept]
#6	"florbetapir"[TW] OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl)pyridine"[TW] OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide"[TW] OR "18F-AV-45"[TW] OR "florbetapir F 18"[TW] OR "florbetapir F18"[TW] OR "Amyvid"[TW]
#7	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene" [Supplementary Concept]
#8	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene"[TW] OR "florbetaben"[TW] OR "BAY94 9172"[TW] OR "BAY 94-9172"[TW] OR "BAY94-9172"[TW] OR "18F-BAY94-9172"[TW] OR "18F-florbetaben"[TW]
#9	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole" [Supplementary Concept]
#10	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "6-OH-BTA-1"[TW] OR "N-methyl-2-(4'-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "PIB benzothiazole"[TW] OR "((11)C)PIB"[TW] OR "N-methyl-(11C)2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole"[TW] OR "Pittsburgh compound B"[TW] OR "(11C)6-OH-BTA-1"[TW] OR "11C-PIB"[TW] OR "PIB"[TW]
#11 Combine	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#12	"Positron-Emission Tomography"[Mesh]
#13	"Positron-Emission Tomography"[TW] OR "Positron Emission Tomography"[TW] OR "PET Imaging"[TW] OR "Imaging, PET"[TW] OR "PET Imagings"[TW] OR "Positron-Emission Tomography Imaging"[TW] OR "Imaging, Positron-Emission Tomography"[TW] OR "Positron Emission Tomography Imaging"[TW] OR "Positron-Emission Tomography Imagings"[TW] OR "Tomography Imaging, Positron-Emission"[TW] OR "PET Scan"[TW] OR "PET Scans"[TW] OR "Scan, PET"[TW] OR "Tomography, Positron-Emission"[TW] OR "Tomography, Positron Emission"[TW] OR "amyloid PET"[TW] OR "PET"[TW]
#14	"Positron Emission Tomography Computed Tomography"[Mesh]

#15	"Positron Emission Tomography Computed Tomography"[TW] OR "PET-CT Scan"[TW] OR "PET-CT Scans"[TW] OR "Scan, PET-CT"[TW] OR "Scans, PET-CT"[TW] OR "PET CT Scan"[TW] OR "CT Scan, PET"[TW] OR "CT Scans, PET"[TW] OR "PET CT Scans"[TW] OR "Scan, PET CT"[TW] OR "Scans, PET CT"[TW] OR "PET-CT"[TW] OR "CT PET"[TW] OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography"[TW] OR "CT PET Scan"[TW] OR "CT PET Scans"[TW] OR "PET Scan, CT"[TW] OR "PET Scans, CT"[TW] OR "Scan, CT PET"[TW] OR "Scans, CT PET"[TW] OR "PET/CT"[TW] OR "PET/CT imaging"[TW] OR "imaging"[TW] OR "Amyloid imaging"[TW]
#16 Combine	#12 OR #13 OR #14 OR #15
#17	"First-Minute-Frame PET Imaging"[TW] OR "FMF PET Imaging"[TW] OR "early perfusion imaging"[TW] OR "early image"[TW] OR "early PET imaging"[TW] OR "early phase"[TW] OR "early phase PET"[TW] OR "dual-phase"[TW] OR "dual imaging"[TW] OR "dual scan"[TW] OR "dual PET"[TW] OR "Early time scan"[TW]
#18	"Time Factors"[Mesh]
#19	"Time Factors"[TW] OR "Factor, Time"[TW] OR "Time Factor"[TW] OR "Time Series"[TW]
#20 Combine	#17 OR #18 OR #19
#21 Combine	#11 AND #16 AND #20
#22 Limit	#21 AND (alladult[Filter])
#23 Limit	#22 AND (2000:2025[pdat])
#24 Limit	#23 NOT ("animals"[MeSH] NOT "Humans"[MeSH])

[1.2] EMBASE

No.	Search Query
#1	"amyloid"/exp
#2	"Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Substance":ti,ab,kw,de OR "Substance, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Fibrils":ti,ab,kw,de OR "Fibrils, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid Fibril":ti,ab,kw,de OR "Fibril, Amyloid":ti,ab,kw,de OR "Amyloid PET":ti,ab,kw,de OR "amyloid-beta":ti,ab,kw,de OR "amyloid-β":ti,ab,kw,de OR "Aβ":ti,ab,kw,de OR "brain amyloidosis":ti,ab,kw,de OR "Neuraceq":ti,ab,kw,de
#3	"flutemetamol":ti,ab,kw,de OR "(18F)flutemetamol":ti,ab,kw,de OR "flutemetamol F-18":ti,ab,kw,de OR "Vizamyl":ti,ab,kw,de
#4	"florbetapir":ti,ab,kw,de OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl) pyridine":ti,ab,kw,de OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide":ti,ab,kw,de OR "18F-AV-45":ti,ab,kw,de OR "florbetapir F 18":ti,ab,kw,de OR "florbetapir F18":ti,ab,kw,de OR "Amyvid":ti,ab,kw,de
#5	"4-(N-methylamino)-4^-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene":ti,ab,kw,de OR "florbetaben":ti,ab,kw,de OR "BAY94 9172":ti,ab,kw,de OR "BAY 94-9172":ti,ab,kw,de OR "BAY94-9172":ti,ab,kw,de OR "18F-BAY94-9172":ti,ab,kw,de OR "18F-florbetaben":ti,ab,kw,de

#6	"2-(4^-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "6-OH-BTA-1":ti,ab,kw,de OR "N-methyl-2-(4^-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "PIB benzothiazole":ti,ab,kw,de OR "((11)C)PIB":ti,ab,kw,de OR "N-methyl-(11C)2-(4^-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw,de OR "Pittsburgh compound B":ti,ab,kw,de OR "(11C)6-OH-BTA-1":ti,ab,kw,de OR "11C-PIB":ti,ab,kw,de OR "PIB":ti,ab,kw,de
#7	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6
#8	"positron emission tomography"/exp
#9	"Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "PET Imaging":ti,ab,kw,de OR "Imaging, PET":ti,ab,kw,de OR "PET Imagings":ti,ab,kw,de OR "Positron-Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw,de OR "Imaging, Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw,de OR "Positron-Emission Tomography Imagings":ti,ab,kw,de OR "Tomography Imaging, Positron-Emission":ti,ab,kw,de OR "PET Scan":ti,ab,kw,de OR "PET Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET":ti,ab,kw,de OR "Tomography, Positron-Emission":ti,ab,kw,de OR "Tomography, Positron Emission":ti,ab,kw,de OR "amyloid PET":ti,ab,kw,de OR "PET":ti,ab,kw,de
#10	"positron emission tomography-computed tomography"/exp
#11	"Positron Emission Tomography Computed Tomography":ti,ab,kw,de OR "PET-CT Scan":ti,ab,kw,de OR "PET-CT Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET-CT":ti,ab,kw,de OR "Scans, PET-CT":ti,ab,kw,de OR "PET CT Scan":ti,ab,kw,de OR "CT Scan, PET":ti,ab,kw,de OR "CT Scans, PET":ti,ab,kw,de OR "PET CT Scans":ti,ab,kw,de OR "Scan, PET CT":ti,ab,kw,de OR "Scans, PET CT":ti,ab,kw,de OR "PET-CT":ti,ab,kw,de OR "CT PET":ti,ab,kw,de OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography":ti,ab,kw,de OR "CT PET Scan":ti,ab,kw,de OR "CT PET Scans":ti,ab,kw,de OR "PET Scan, CT":ti,ab,kw,de OR "PET Scans, CT":ti,ab,kw,de OR "Scan, CT PET":ti,ab,kw,de OR "Scans, CT PET":ti,ab,kw,de OR "PET/CT":ti,ab,kw,de OR "PET/CT imaging":ti,ab,kw,de OR "imaging":ti,ab,kw,de OR "Amyloid imaging":ti,ab,kw,de
#12	#8 OR #9 OR #10 OR #11
#13	"First-Minute-Frame PET Imaging":ti,ab,kw,de OR "FMF PET Imaging":ti,ab,kw,de OR "early perfusion imaging":ti,ab,kw,de OR "early image":ti,ab,kw,de OR "early PET imaging":ti,ab,kw,de OR "early phase":ti,ab,kw,de OR "early phase PET":ti,ab,kw,de OR "dual-phase":ti,ab,kw,de OR "dual imaging":ti,ab,kw,de OR "dual scan":ti,ab,kw,de OR "dual PET":ti,ab,kw,de OR "Early time scan":ti,ab,kw,de
#14	"time factor"/exp
#15	"Time Factors":ti,ab,kw,de OR "Factor, Time":ti,ab,kw,de OR "Time Factor":ti,ab,kw,de OR "Time Series":ti,ab,kw,de
#16 Combine	#13 OR #14 OR #15
#17 Combine	#7 AND #12 AND #16
#18 Limit	#17 AND ([adult]/lim OR [young adult]/lim OR [middle aged]/lim OR [aged]/lim OR [very elderly]/lim)
#19 Limit	#18 AND [2000-2025]/py
#20 Limit	#19 NOT ("animal"/exp NOT "human"/exp)

[1.3] Cochrane Library

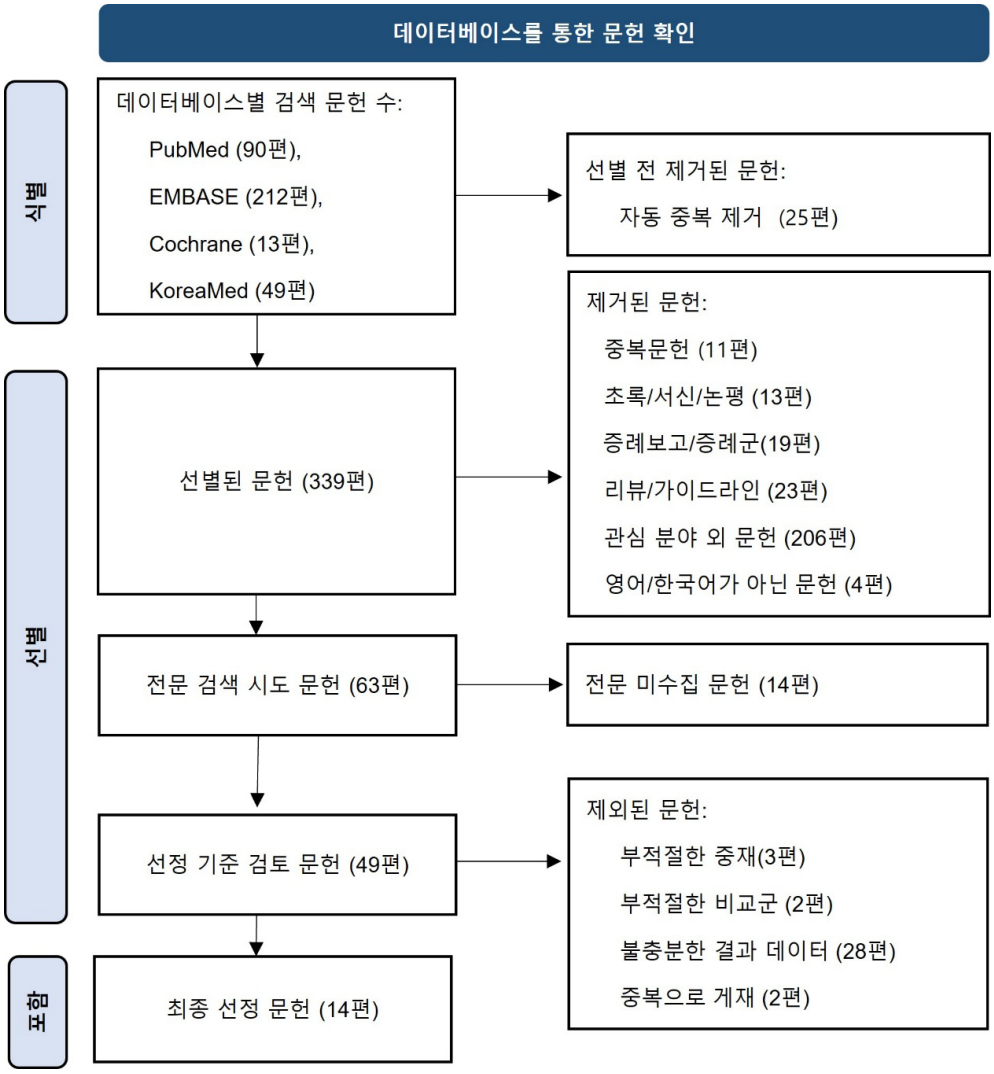
No.	Search Query
#1	[mh "Amyloid"]
#2	"Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Substance":ti,ab,kw OR "Substance, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Fibrils":ti,ab,kw OR "Fibrils, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid Fibril":ti,ab,kw OR "Fibril, Amyloid":ti,ab,kw OR "Amyloid PET":ti,ab,kw OR "amyloid-beta":ti,ab,kw OR "amyloid-β":ti,ab,kw OR "Aβ":ti,ab,kw OR "brain amyloidosis":ti,ab,kw OR "Neuraceq":ti,ab,kw
#3	"flutemetamol":ti,ab,kw OR "(18F)flutemetamol":ti,ab,kw OR "flutemetamol F-18":ti,ab,kw OR "Vizamyl":ti,ab,kw
#4	"florbetapir":ti,ab,kw OR "2-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)-5-(4-methylaminostyryl) pyridine":ti,ab,kw OR "4-(2-(6-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)pyridin-3-yl)vinyl)-N-methylbenzamide":ti,ab,kw OR "18F-AV-45":ti,ab,kw OR "florbetapir F 18":ti,ab,kw OR "florbetapir F18":ti,ab,kw OR "Amyvid":ti,ab,kw
#5	"4-(N-methylamino)-4'-(2-(2-(2-fluoroethoxy)ethoxy)ethoxy)stilbene":ti,ab,kw OR "florbetaben":ti,ab,kw OR "BAY94 9172":ti,ab,kw OR "BAY 94-9172":ti,ab,kw OR "BAY94-9172":ti,ab,kw OR "18F-BAY94-9172":ti,ab,kw OR "18F-florbetaben":ti,ab,kw
#6	"2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "6-OH-BTA-1":ti,ab,kw OR "N-methyl-2-(4'-methylaminophenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "PIB benzothiazole":ti,ab,kw OR "((11) C)PIB":ti,ab,kw OR "N-methyl-(11C)2-(4'-(methylamino)phenyl)-6-hydroxybenzothiazole":ti,ab,kw OR "Pittsburgh compound B":ti,ab,kw OR "(11C)6-OH-BTA-1":ti,ab,kw OR "11C-PIB":ti,ab,kw OR "PIB":ti,ab,kw
#7	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6
#8	[mh "Positron-Emission Tomography"]
#9	"Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography":ti,ab,kw OR "PET Imaging":ti,ab,kw OR "Imaging, PET":ti,ab,kw OR "PET Imagings":ti,ab,kw OR "Positron-Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw OR "Imaging, Positron-Emission Tomography":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography Imaging":ti,ab,kw OR "Positron-Emission Tomography Imagings":ti,ab,kw OR "Tomography Imaging, Positron-Emission":ti,ab,kw OR "PET Scan":ti,ab,kw OR "PET Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET":ti,ab,kw OR "Tomography, Positron-Emission":ti,ab,kw OR "Tomography, Positron Emission":ti,ab,kw OR "amyloid PET":ti,ab,kw OR "PET":ti,ab,kw
#10	[mh "Positron Emission Tomography Computed Tomography"]
#11	"Positron Emission Tomography Computed Tomography":ti,ab,kw OR "PET-CT Scan":ti,ab,kw OR "PET-CT Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET-CT":ti,ab,kw OR "Scans, PET-CT":ti,ab,kw OR "PET CT Scan":ti,ab,kw OR "CT Scan, PET":ti,ab,kw OR "CT Scans, PET":ti,ab,kw OR "PET CT Scans":ti,ab,kw OR "Scan, PET CT":ti,ab,kw OR "Scans, PET CT":ti,ab,kw OR "PET-CT":ti,ab,kw OR "CT PET":ti,ab,kw OR "Positron Emission Tomography-Computed Tomography":ti,ab,kw OR "CT PET Scan":ti,ab,kw OR "CT PET Scans":ti,ab,kw OR "PET Scan, CT":ti,ab,kw OR "PET Scans, CT":ti,ab,kw OR "Scan, CT PET":ti,ab,kw OR "Scans, CT PET":ti,ab,kw OR "PET/CT":ti,ab,kw OR "PET/CT imaging":ti,ab,kw OR "imaging":ti,ab,kw OR "Amyloid imaging":ti,ab,kw
#12 Combine	#8 OR #9 OR #10 OR #11

#13	"First-Minute-Frame PET Imaging":ti,ab,kw OR "FMF PET Imaging":ti,ab,kw OR "early perfusion imaging":ti,ab,kw OR "early image":ti,ab,kw OR "early PET imaging":ti,ab,kw OR "early phase":ti,ab,kw OR "early phase PET":ti,ab,kw OR "dual-phase":ti,ab,kw OR "dual imaging":ti,ab,kw OR "dual scan":ti,ab,kw OR "dual PET":ti,ab,kw OR "Early time scan":ti,ab,kw
#14	[mh "Time Factors"]
#15	"Time Factors":ti,ab,kw OR "Factor, Time":ti,ab,kw OR "Time Factor":ti,ab,kw OR "Time Series":ti,ab,kw
#16 Combine	#13 OR #14 OR #15
#17 Combine	#7 AND #12 AND #16
#18 Limit	#17 AND [mh "Adult"]
#19 Limit	#18 with Cochrane Library publication date from Jan 2000 to Dec 2025
#20 Limit	#19 NOT ([mh "animals"] NOT [mh "Humans"])

[1.4] KoreaMed

(amyloid[ALL] OR ""beta amyloid""[ALL] OR ""amyloid beta""[ALL] OR flutemetamol[ALL] OR florbetapir[ALL] OR amyvid[ALL] OR florbetaben[ALL] OR neuraceq[ALL] OR PIB[ALL] OR "Pittsburgh compound B"[ALL]) AND (PET[ALL] OR PETCT[ALL] OR imaging[ALL] OR"positron emission tomography"[ALL]) AND (quantitative[ALL] OR quantification[ALL] OR SUVR[ALL] OR SUVr[ALL] OR centiloid[ALL] OR z-score[ALL])

[2] 문헌선정흐름도

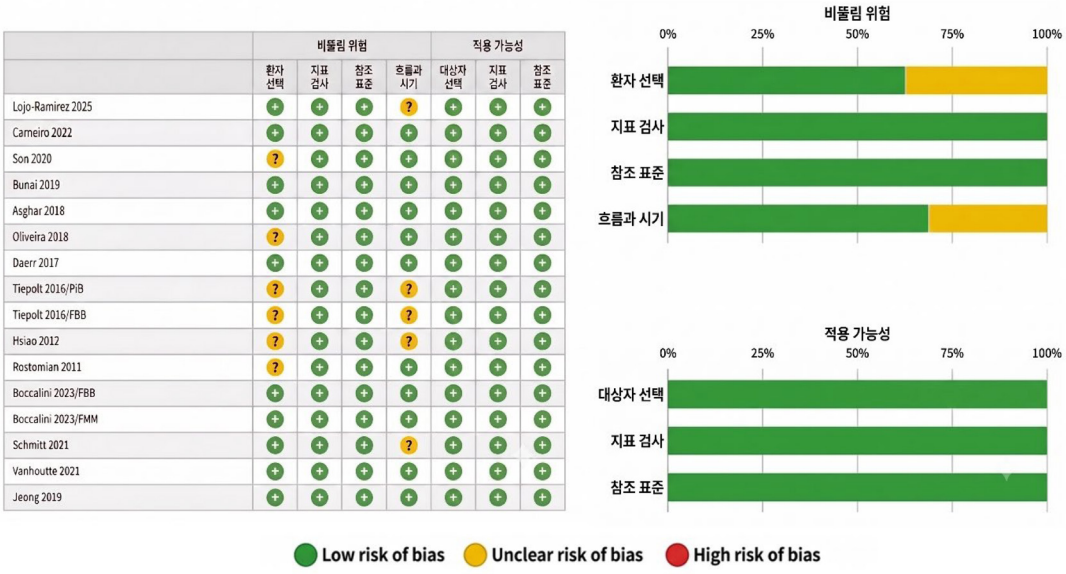

데이터베이스를 통한 문헌 확인
식별
데이터베이스별 검색 문헌 수:
PubMed (90편),
EMBASE (212편),
Cochrane (13편),
KoreaMed (49편)
선별 전 제거된 문헌:
자동 중복 제거 (25편)
선별
선별된 문헌 (339편)
제거된 문헌:
중복문헌 (11편)
초록/서신/논평 (13편)
증례보고/증례군(19편)
리뷰/가이드라인 (23편)
관심 분야 외 문헌 (206편)
영어/한국어가 아닌 문헌 (4편)
전문 검색 시도 문헌 (63편)
전문 미수집 문헌 (14편)
선정 기준 검토 문헌 (49편)
제외된 문헌:
부적절한 중재(3편)
부적절한 비교군 (2편)
불충분한 결과 데이터 (28편)
중복으로 게재 (2편)
포함
최종 선정 문헌 (14편)

[3] 선택 문헌 특성표

No.	문헌	결과지표	연구 설계	국가	Early-phase 촬영시간	대상자	대상자 수	방사성 의약품	정량 분석 지표 (correlation, r)
1	Lojo-Ramirez 2025	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	스페인	0~5분	MCI; dementia	103	[^{18}F]FBB	0.879
2	Carneiro, C. G. 2022	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	전향적	브라질	0~10분	CN; aMCI; AD	90	[^{11}C]PiB	0.633
3	Son, S. H. 2020	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	전향적	한국	0~5분	CN; MCI; AD; non-AD neurodegenerative disease	35	[^{18}F]FBB	0.8189
4	Bunai, T. 2019	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	일본	1~8분	CN; MCI; AD	95	[^{11}C]PiB	0.826
5	Asghar, M. 2019	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	영국	2~5분	bvFTD	8	[^{18}F]FBP	0.84
6	Oliveira, F. P. M. 2018	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	포르투갈	0~6분, 1~8분	AD; MCI; PPA; FTD; Other	52	[^{11}C]PiB	0.813
7	Daerr, S. 2017	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	전향적	독일	0~10분	MCI; dementia	33	[^{18}F]FBB	0.86
8	Tiepolt, S. 2016	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	독일	1~9분	MCI; dementia	22	[^{11}C]PiB; [^{18}F]FBB	0.733; 0.81
9	Hsiao, I. T. 2012	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	전향적	대만	1~6분	CN; MCI; AD	7	[^{18}F]FBP	0.95
10	Rostomian, A. H. 2011	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	미국	1~8분	AD; FTLD	73	[^{11}C]PiB	0.91
11	Boccalini, C. 2023	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	스위스	0~5분 ([^{18}F]FBP), 0~10분 ([^{18}F]FBB)	cognitively unimpaired; MCI; dementia	166	[^{18}F]FBP; [^{18}F]FBB	0.786; 0.806
12	Schmitt, J. 2021	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	전향적	독일	0~10분	CBS	20	[^{18}F]FMM	0.86
13	Vanhoutte, M. 2021	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	프랑스	0~4분	CN; MCI; AD	191	[^{18}F]FBP;	0.85
14	Jeong, J. 2019	[^{18}F]FDG PET 과의 상관관계	후향적	한국	0~10분	CN; AD	33	[^{18}F]FPN;	0.83

[4] 비뚤림 위험 평가

질평가도구: QUADAS-2



[5] 메타분석 결과

[5.1] 전체 분석(k=14, 16 데이터셋)

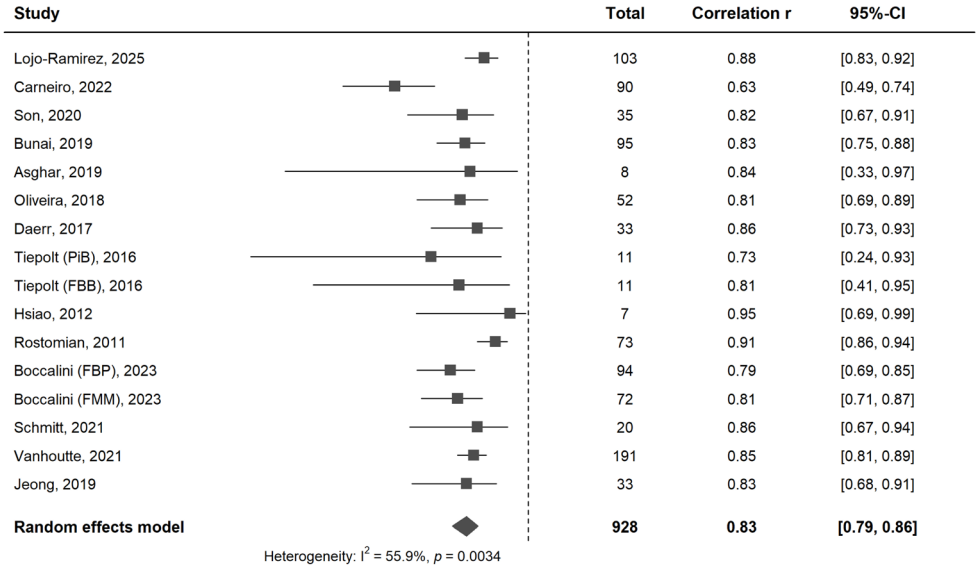


그림5-1. 총 14편(16 데이터셋) 연구 forest plot

[5.2] 하위군 분석

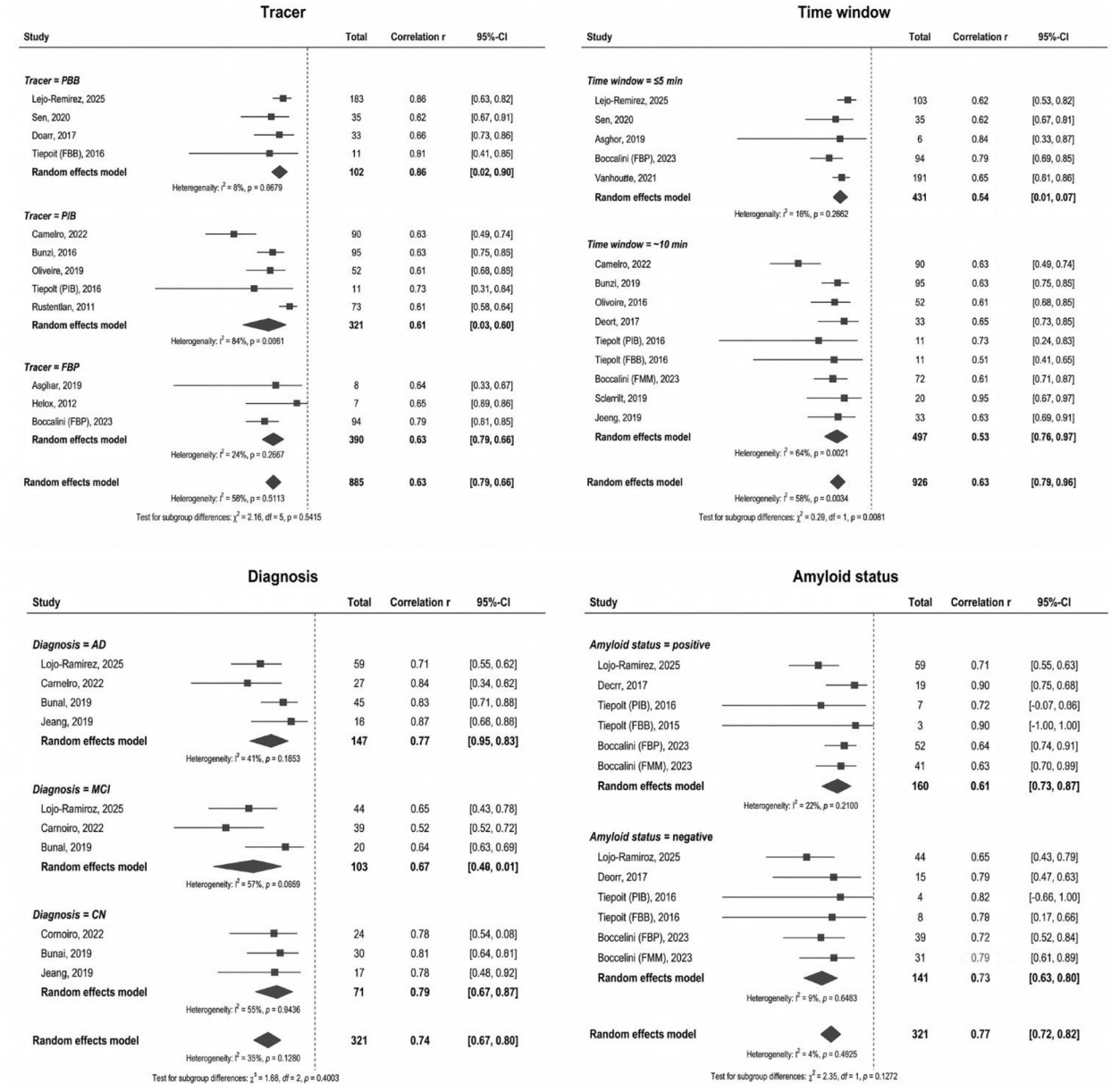
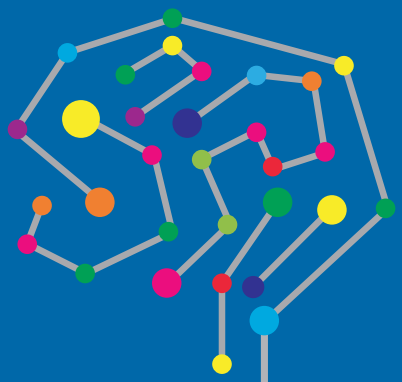


그림 5-2. 하위군 분석

(좌상: 방사성 의약품별, 우상: 조기 획득시간 창별, 좌하: 진단군별, 우하: 아밀로이드 상태별)





퇴행성 뇌질환에서 근거기반 핵의학 영상기술 진료지침

Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging in Neurodegenerative Diseases

IV. 부록

1. 의료진 대상 설문조사양식과 설문결과

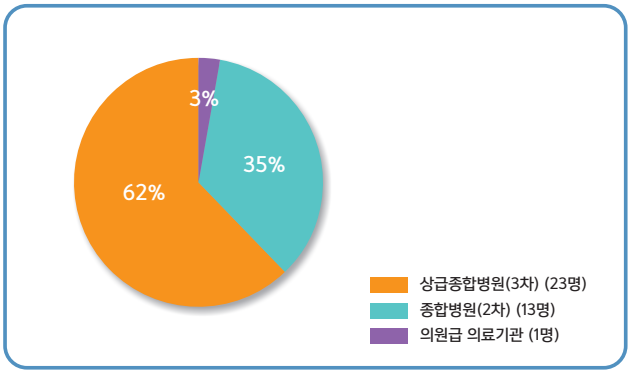


- 응답자 수 총 37명

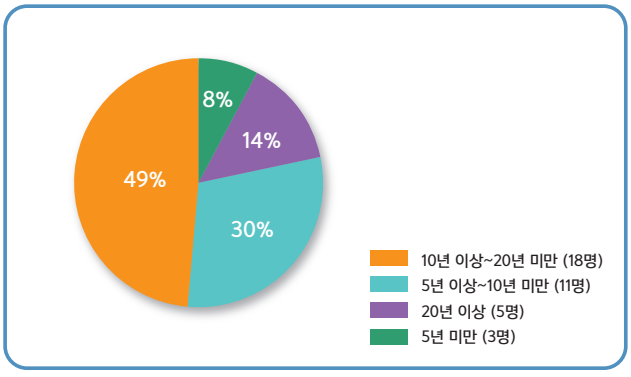
- 문항별 응답자 수는 상이할 수 있음(진료지침 유용성에 대한 설문조사에서는 해당 진료지침의 실무위원들의 답변은 제외, 프로토콜 설문조사 항목에 대해서는 같은 소속 답변은 1개로 집계)

응답자 기본 정보

Q1. 선생님께서 현재 근무하고 계신 의료기관의 형태는 어디에 해당하십니까?



Q2. 선생님께서 Brain PET 판독과 관련된 임상 경력이 어느 정도 되십니까?

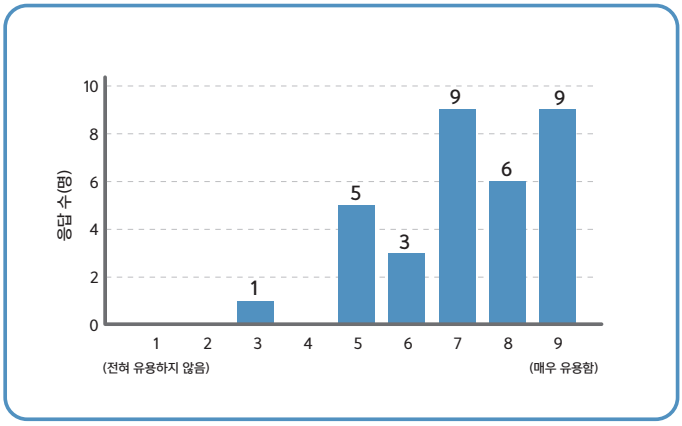


진료 지침 유용성에 대한 설문조사

(실무위원 제외, n=33)

Q3. 다음 권고안에 대해, 실제 임상 현장에서 어느 정도 유용하다고 생각하십니까?

[권고안 1] 신경퇴행성 질환이 의심되어 FDG PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 시각 분석에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다.(권고등급: B 조건부 시행 권고, 근거수준: 중등도 [Moderate])

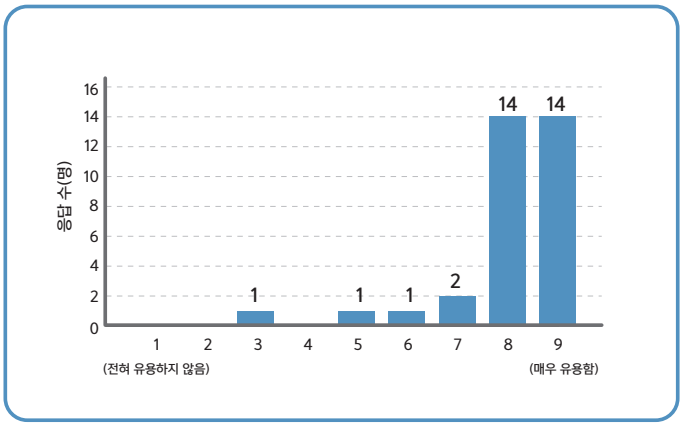


Q4. 본 권고안 1의 최종 확정을 앞두고, 임상적 타당성을 높이거나 적용성을 개선하기 위해 제언하고 싶으신 의견이 있다면 자유롭게 기술해 주시기 바랍니다.

- 권고안에 영상재구성 방식 관련 사항 포함
- 부위/소프트웨어 등의 합의가 어려운 부분이 있어 정량 분석은 전적으로 판독자의 판독 주관에 맞추어져야 함. 일반적 권고를 하기엔 어려움.
- 정량측정 프로그램의 표준화가 있어야겠습니다.
- 특별한 추가 권고사항은 없습니다.
- 도움이 될수도 있는데 뇌에 구조적인 다른 문제가 동반되어있을 수도 있다던가 정량화시 기준점의 정확성? 등에 확신이 없어 조심스러운 면이 있음.
- FDG PET의 정량 분석은 시각적 판독의 진단 신뢰도를 높이고, 경미하거나 비전형적인 대사 저하 패턴의 확인 및 감별진단에 보조적으로 유용하며, 경험이 적은 판독자의 정확도 향상에도 도움을 줄 수 있다. 다만 정량값은 연령, 혈당 및 금식 상태, FDG 투여 후 영상 획득 시점, 환자의 인지 및 활동 상태 등의 생리적 요인뿐 아니라 PET 장비 및 reconstruction 방법, reference region 설정, 분석 software 등에 따라 달라질 수 있다. 또한 뇌 위축에 의한 partial volume effect 및 reference region 자체의 대사 변화가 정량 결과에 영향을 미칠 수 있으므로, 특정 절대값이나 cut-off를 일률적으로 적용하는 데에는 주의가 필요하다. 따라서 정량 분석은 시각적 판독을 대체하기보다는 이를 보조하는 수단으로 활용하고, 표준화된 영상 획득 및 분석 방법과 연령 등을 고려하여 적절하게 검증된 reference database를 사용하는 것이 필요함을 권고안에 함께 명시하는 것이 좋겠다.

Q5. 다음 권고안에 대해, 실제 임상 현장에서 어느 정도 유용하다고 생각하십니까?

[권고안 2] Amyloid PET을 시행한 환자의 영상 판독 시, 시각 분석에 정량 분석을 병용하는 것을 고려할 수 있다. (권고등급: B 조건부 시행 권고, 근거수준: 낮음 [Low])

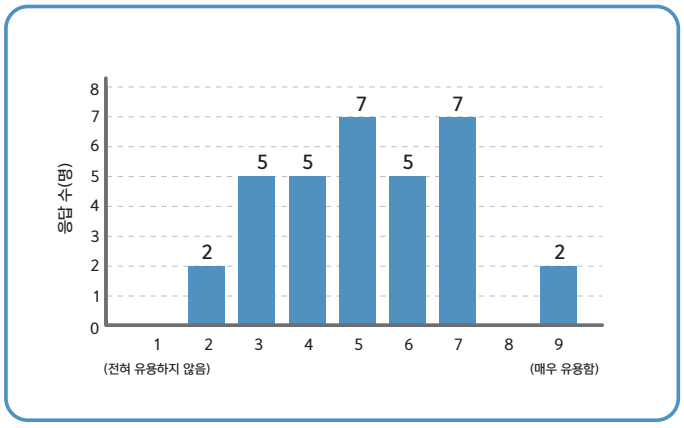


Q6. 본 권고안 2의 최종 확정을 앞두고, 임상적 타당성을 높이거나 적용성을 개선하기 위해 제언하고 싶으신 의견이 있다면 자유롭게 기술해 주시기 바랍니다.

- Tracer 간의 차이에 대한 추가 연구 필요
- 이역시 정량측정 프로그램의 표준화가 있어야겠습니다.
- 특별한 추가 권고사항은 없습니다.
- 정량 분석은 시각적 판독의 진단 신뢰도를 높이고, 특히 초기 amyloid 축적이나 경계성 또는 판독이 어려운 증례에서 보조적으로 유용하며, 경험이 적은 판독자의 정확도 향상에도 도움을 줄 수 있다. 다만 SUVR 및 이를 표준화한 Centiloid 등의 정량값은 사용한 방사성의약품, reference/target region 설정, 영상 획득 시점(uptake time), PET 장비 및 reconstruction 방법, 분석 software 등에 따라 달라질 수 있으며, reference 또는 target region의 blood flow 변화에도 영향을 받을 수 있다. 또한 설정된 VOI 밖의 amyloid accumulation은 정량화에 반영되지 않는다는 한계가 있다. 따라서 특정 절대값이나 cut-off를 일률적으로 적용하는 데에는 주의가 필요하며, 정량 분석은 시각적 판독을 대체하기보다는 이를 보조하는 수단으로 활용하는 것이 적절하다. 검사 및 분석 방법의 표준화와 각 방법에 대해 적절하게 검증된 기준값의 사용이 필요함을 권고안에 함께 명시하는 것이 좋겠다.
- 시각판독 vs 시각판독+정량판독 직접 비교 문헌이 없다고 명기되어있으나 올해 출간된 국내 4기관 참여 다기관 연구에서 이를 다루고 있어서 이를 권고문에서 다루는 것을 고려 바랍니다. 'Ha S, Choi B, Kwon SJ, Kang S, Son J, Jeong SY, Lee SW, Choe YS, Kim D, Hong CM. Impact of adjunctive quantitative analysis on visual interpretation of amyloid PET: a multiple tracer, multicentre study. Eur Radiol. 2026 Jun 18. doi: 10.1007/s00330-026-12687-1. Epub ahead of print. PMID: 42310039.'
- 결론 도출 과정 및 근거는 충분히 이해되나, 실제 진료 현장에서 정량 분석 결과가 활발하게 참고되고 있는 것을 고려할 때 본 권고안이 진료 현장에 크게 의미 있는 메시지가 되기는 어려울 것으로 생각합니다. 외부검토에서 언급되었습니다만, 실제 진료 현장에서는 항아밀로이드 치료제의 치료반응 평가를 위한 객관적 보조 지표로서 정량 분석의 기능이 점점 체감되고 있는데, 항아밀로이드 치료 과정에서 정량 분석의 중요성이 위양성 방지 측면에서만 다루어지고 있어 아쉽습니다.

Q7. 다음 권고안에 대해, 실제 임상 현장에서 어느 정도 유용하다고 생각하십니까?

[권고안 3] Amyloid PET을 시행할 때, 뇌관류 정보를 얻기 위해 조기 영상을 함께 획득하는 것을 고려할 수 있다.(권고등급: B 조건부 시행 권고, 근거수준: 매우 낮음 [Very Low])



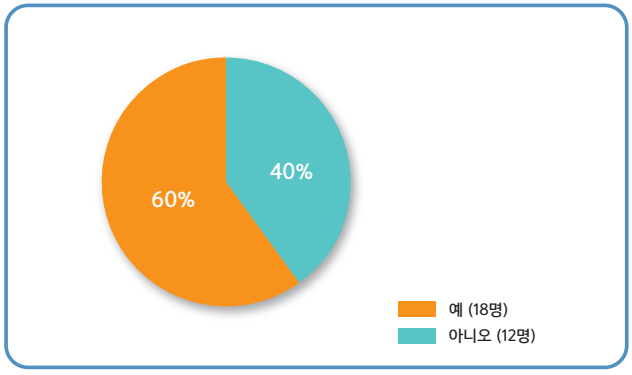
Q8. 본 권고안 3의 최종 확정을 앞두고, 임상적 타당성을 높이거나 적용성을 개선하기 위해 제언하고 싶으신 의견이 있다면 자유롭게 기술해 주시기 바랍니다.

- 정량 분석을 병용한다면 유용성이 있을 것으로 여김
- 촬영은 하고 있으나 거의 보지 않고, 관류정보는 MRI 등을 참조합니다.
- 추가 조기 영상을 얻는 것은 임상적 유용성이 조금 낮아 보입니다. 하지만 매우 낮은 수준의 근거수준을 제시할 수는 있다고 생각합니다.
- 뇌관류 정보는 개인적 의견으로, 집단 간 통계 유의성에 기인한 근거라, 개별 환자의 판독에는 유용성이 떨어진다고 생각합니다.
- 경험한 케이스가 적고, 다이내믹 영상을 얻을 경우 펫시티를 occupy하고 있는 시간이 길어져 다른 영상을 못찍는데 이럴경우 과운영적인 측면에서 들어가는 시간과 포기하는 fgd스케줄 대비 얼마나 효율적인지 모르겠음.
- Amyloid PET의 early-phase 영상은 한 번의 검사로 amyloid deposition과 함께 뇌관류와 관련된 기능적 정보를 추가로 얻을 수 있어 신경퇴행성 질환의 진단 및 감별진단에 유용할 수 있다. 또한 DMT 시대에는 amyloid positivity뿐 아니라 AD에 합당한 functional pattern을 함께 평가함으로써 비전형적인 임상 양상이나 다른 신경퇴행성 질환의 가능성을 확인하고, 적절한 치료 대상자를 선별하는 데 추가적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 임상 증상이나 경과가 비전형적인 환자에서 early-phase 영상을 함께 획득함으로써 별도의 FDG PET 등 추가적인 기능영상 검사의 필요성을 줄일 수 있으며, 이는 고령이나 기저질환으로 반복적인 검사에 협조하기 어려운 환자의 검사 부담과 추가적인 방사선 노출을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 다만 early-phase amyloid PET은 전용 perfusion 또는 metabolic tracer와 tracer kinetics 및 regional distribution에 차이가 있을 수 있으므로, 각 tracer와 acquisition protocol에 적합하게 검증된 판독 및 정량 기준이 마련된다면 임상적 활용도를 더욱 높일 수 있을 것으로 생각된다.

FDG Brain PET 임상 현황

Q9. 선생님께서 속한 기관에서는 신경퇴행성 뇌질환에 대한 FDG Brain PET 검사를 시행하고 계십니까?

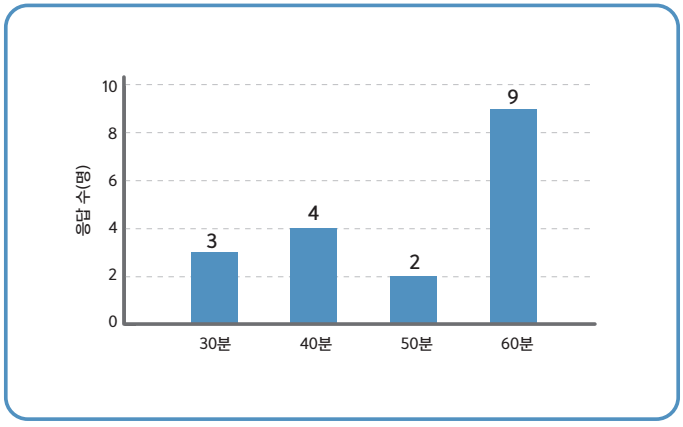
(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=30)



FDG Brain PET 프로토콜

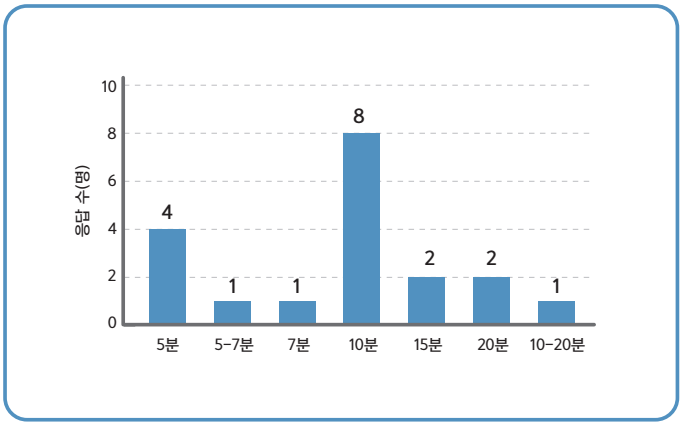
Q10. 방사성 의약품 주사 후 대기 시간(uptake time, 예: 50분)

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=18)



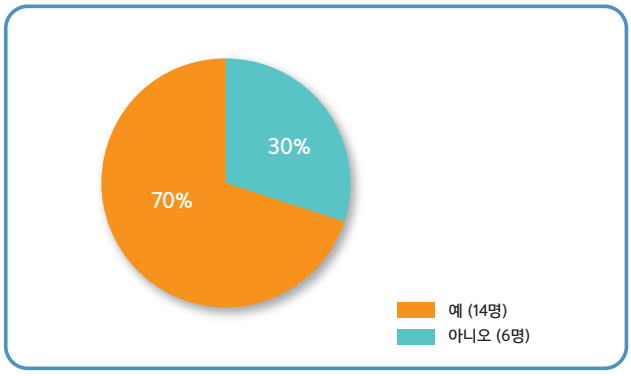
Q11. PET 촬영 시간(acquisition time, 예: 5분)

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=19)



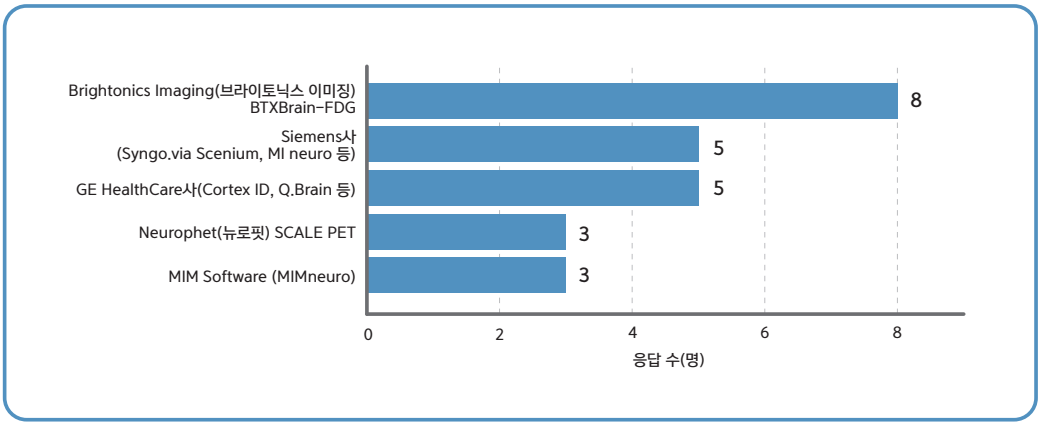
FDG Brain PET 정량 분석 여부

Q12. 선생님께서는 FDG Brain PET판독 시 정량 분석을 시행하고 계십니까?

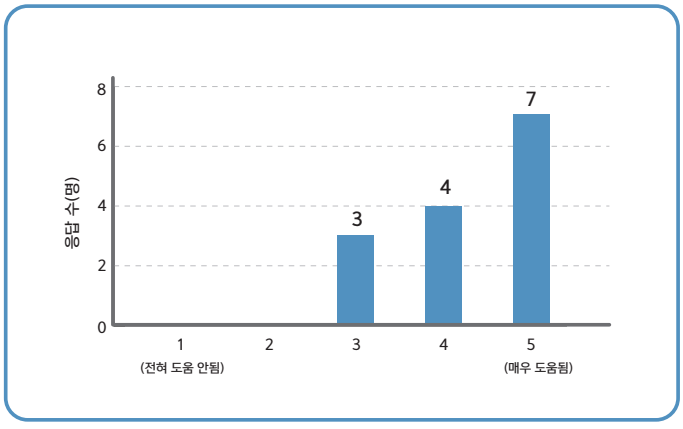


FDG Brain PET 정량 분석

Q13. 선생님께서 사용하시는 FDG Brain PET 정량 분석 소프트웨어는 무엇입니까?(복수 선택 가능)

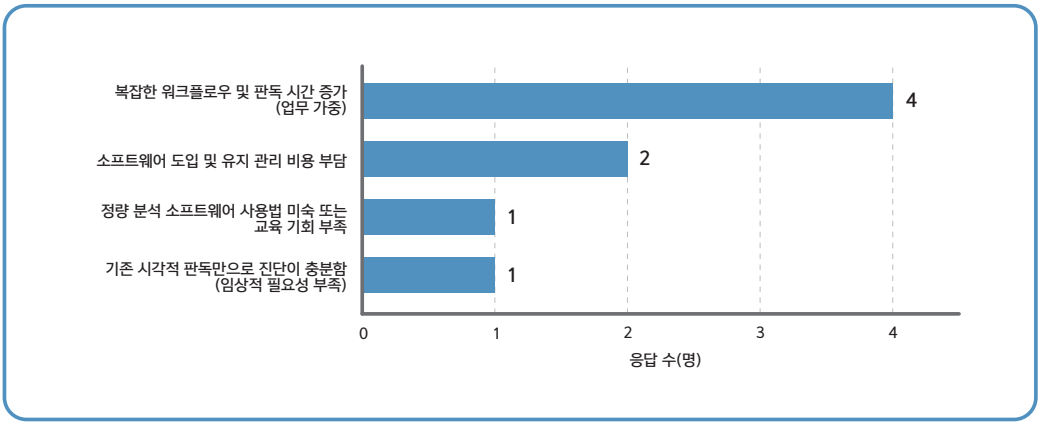


Q14. FDG Brain PET 판독 시 정량 분석이 판독 및 진단에 얼마나 도움이 된다고 생각하십니까?



FDG Brain PET 정량 분석 미시행 시

Q15. FDG Brain PET 정량 분석을 시행하지 않는 이유는 무엇입니까?(중복 선택 가능)



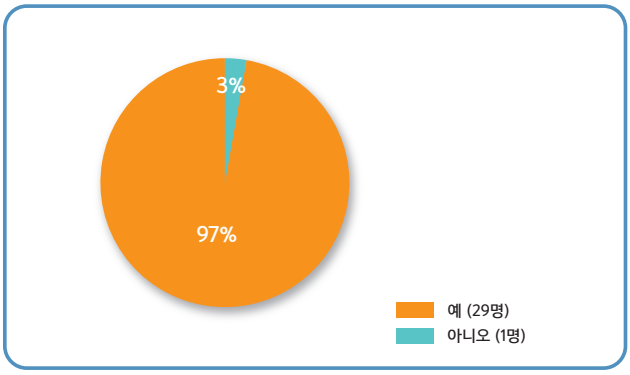
기타 의견:

– 연령과 인종과 검사 protocol에 적합한 normal DB 필요

Amyloid PET 임상 현황

Q16. 선생님께서 속한 기관에서는 Amyloid PET검사를 시행하고 계십니까?

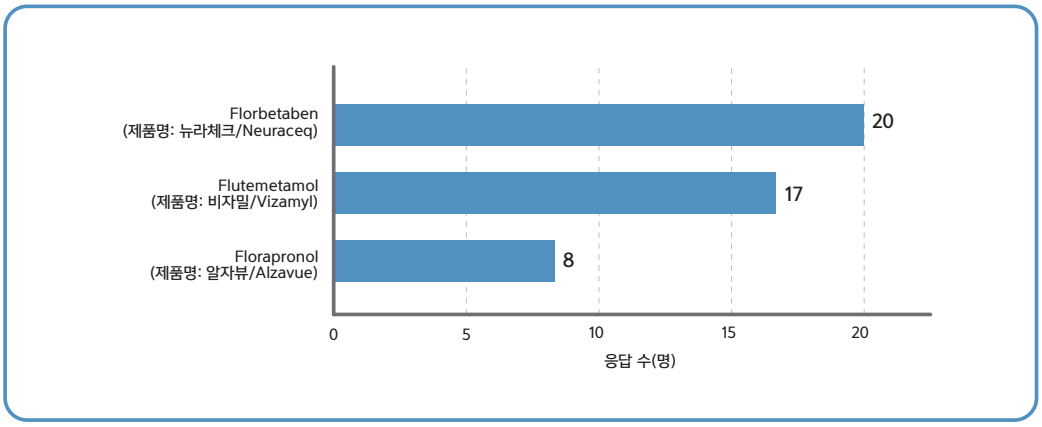
(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=30)



Amyloid PET 방사성 의약품

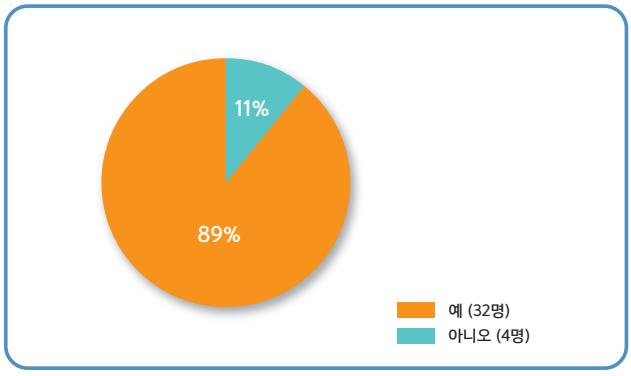
Q17. 사용 중인 Amyloid PET 방사성 의약품은 무엇입니까?(복수 선택 가능)

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=29)

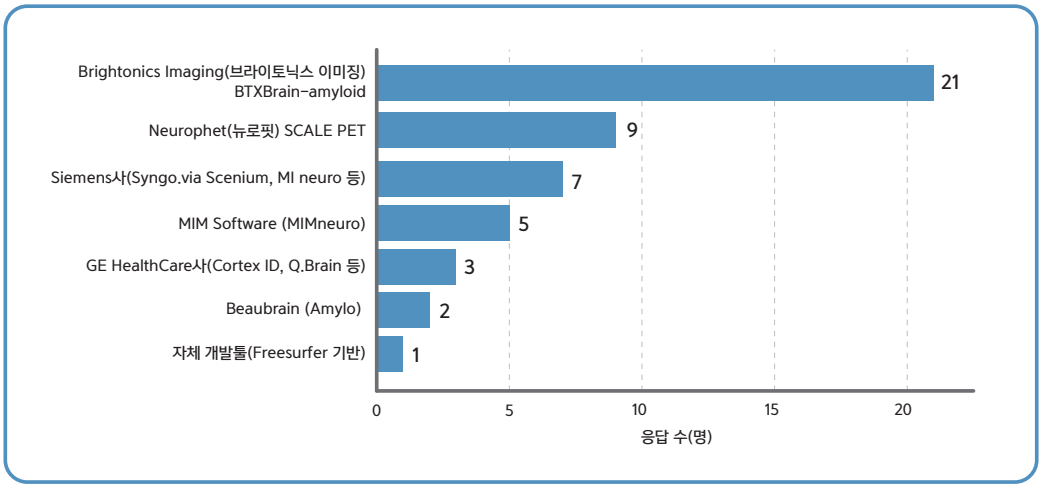


Amyloid PET 정량 분석

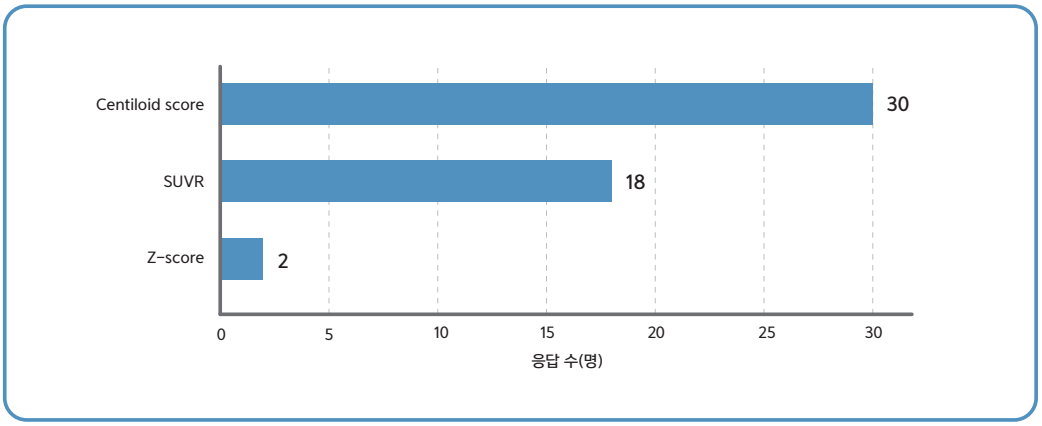
Q18. Amyloid PET 판독 시 정량 분석을 시행하고 계십니까?



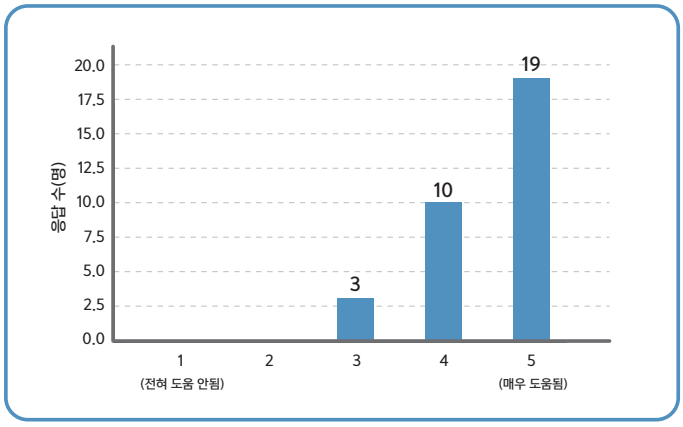
Q19. 선생님께서 사용 중이신 Amyloid PET 정량 분석 소프트웨어는 무엇입니까?(복수 선택 가능)



Q20. 선생님께서 Amyloid PET 정량 분석 시 주로 어떤 지표(parameter)를 활용하십니까?(복수 선택 가능)

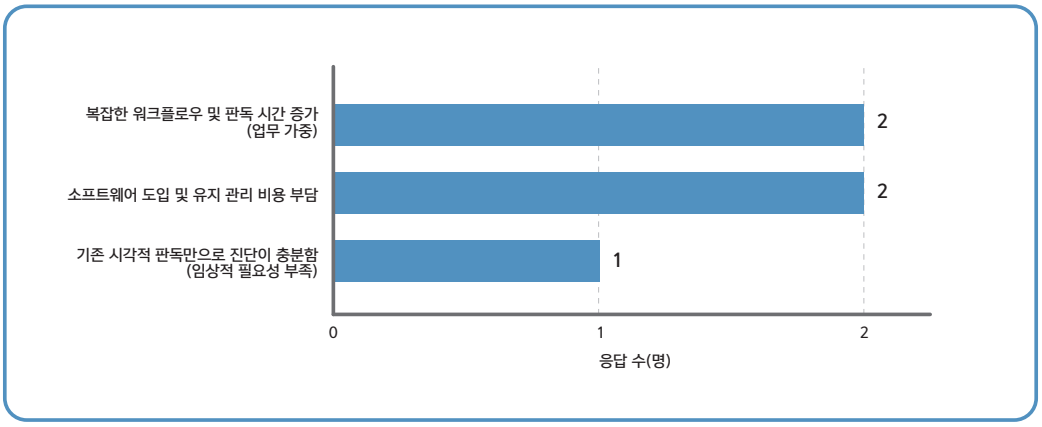


Q21. 항아밀로이드 치료 반응 평가를 제외하고, '초기 진단' 단계에서 Amyloid PET 정량 분석이 실제 판독 및 진단에 얼마나 도움이 된다고 생각하십니까?



Amyloid PET 정량 분석 미시행

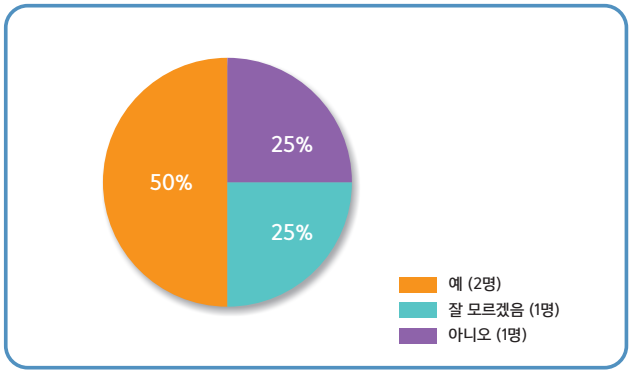
Q22. Amyloid PET 정량 분석을 시행하지 않는 이유는 무엇입니까?(중복 선택 가능)



기타 의견:

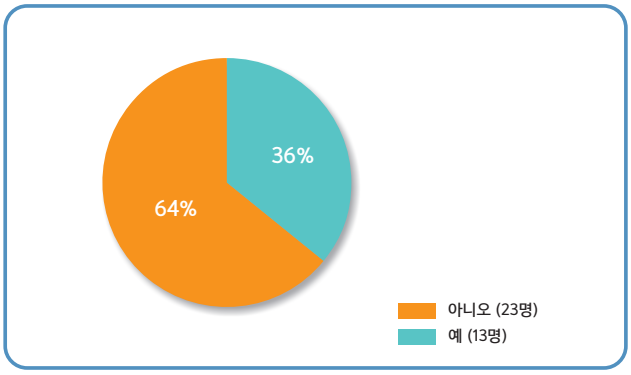
- routine하게 하지는 않음
- 치료 고려군 등에 선택적으로 사용

Q23. 향후 Amyloid PET 정량 분석 도입을 희망하십니까?



Amyloid PET early phase 촬영 현황

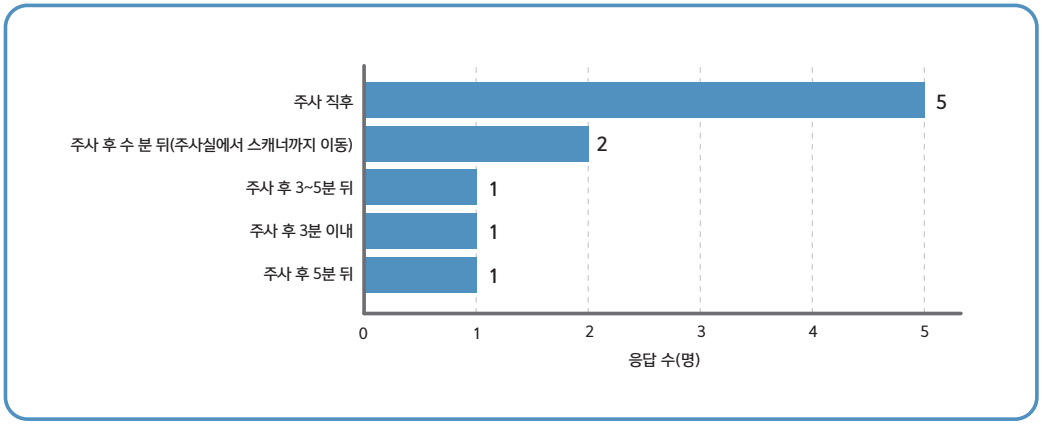
Q24. Amyloid PET 시행 시 조기 영상(early phase)을 획득하고 계십니까?



Amyloid PET early phase 프로토콜

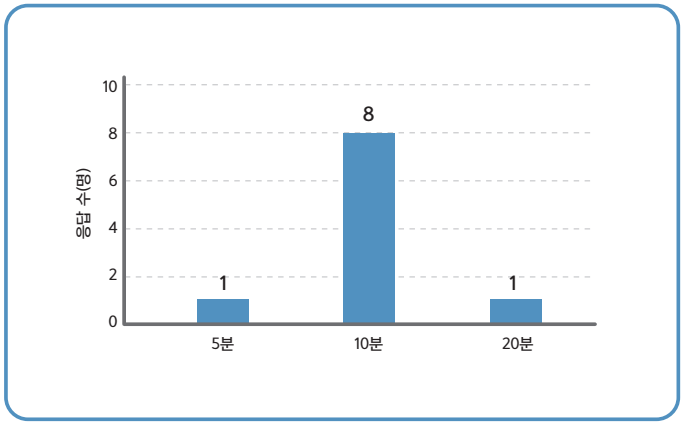
Q25. 조기 영상(early phase)은 주사 후 언제 획득하십니까? 예) 주사직후, 주사 후 5분뒤

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=10)



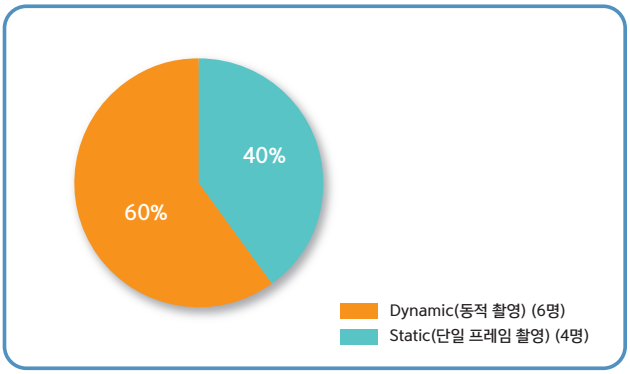
Q26. 조기 영상(early phase) 촬영시간은 몇 분입니까?

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=10)



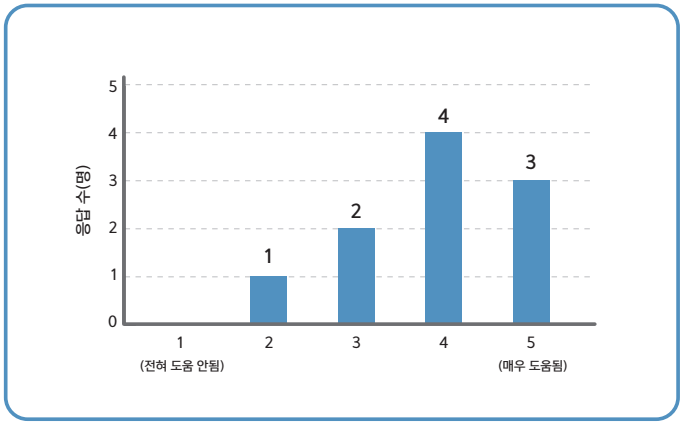
Q27. 조기 영상(early phase) 획득 시 어떤 방식으로 촬영하십니까?

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=10)



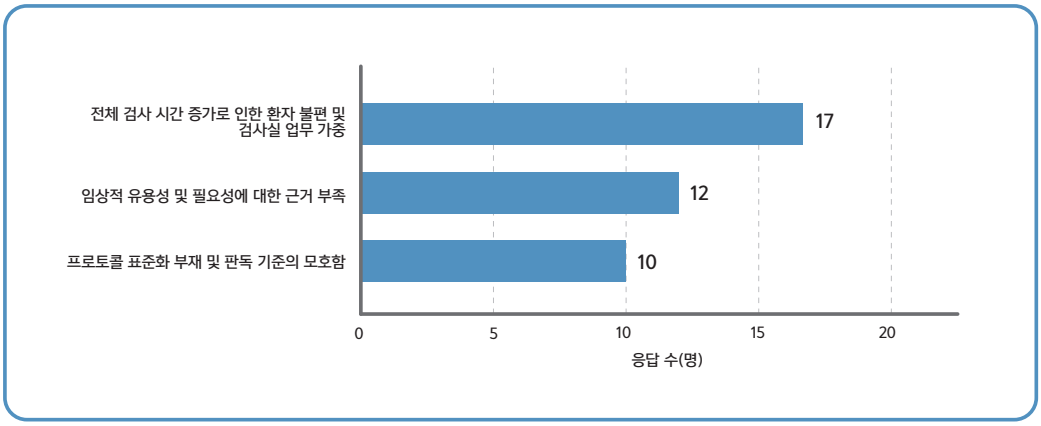
Q28. 조기 영상(early phase)이 임상에 얼마나 도움이 된다고 생각하십니까?

(같은 소속 기관은 1건만 집계, n=10)



Amyloid PET early phase 미촬영

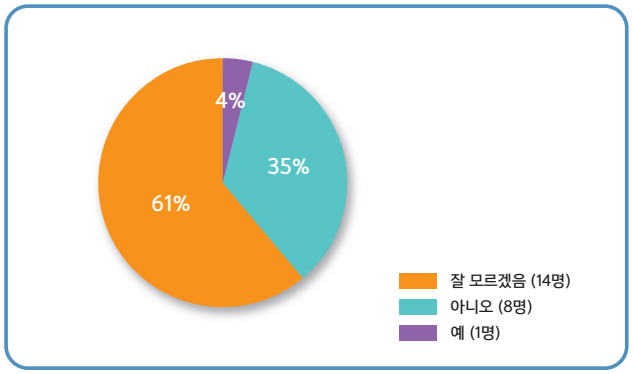
Q29. 조기 영상(early phase)을 획득하지 않는 가장 큰 이유는 무엇입니까?(복수 선택 가능)



기타 의견:

- 검사 대기일이 길어 slot 부족

Q30. 향후 조기 영상(early phase) 촬영 도입을 희망하십니까?



2. 환자 설명자료



FDG PET 검사 정량분석 안내

FDG PET 이란 ?

- 뇌가 포도당 (에너지) 을 얼마나 쓰고 있는지를 영상으로 확인하는 검사입니다 .
- 알츠하이머병 등 퇴행성 뇌질환에서는 특정 부위의 포도당 사용이 줄어드는 특징이 있습니다 .

왜 정량분석이 필요할까요 ?

핵의학과 전문의가 FDG PET 영상을 눈으로 판독하는 것에 더해 , **' 정량분석 '** 을 함께 활용하면 개별 뇌 영상을 **같은 나이대 건강한 사람들의 평균 뇌**와 컴퓨터로 비교해 , 포도당 사용 저하를 숫자와 색으로 더 객관적으로 확인할 수 있습니다 . 이미 찍은 영상을 다시 분석하므로 추가 방사선 노출은 없습니다 .

분석 방법과 결과 보는 법

분석 과정 (3 단계)

분석 도구의 이름은 달라도 정량분석은 모두 다음과 같은 세 단계를 거칩니다 .

✓ **뇌 모양 맞추기** — 사람마다 다른 뇌 크기 · 모양을 표준 뇌 틀에 맞춰 같은 부위끼리 비교합니다 .
✓ **밝기 기준 맞추기** — 뇌 전체나 병의 영향이 적은 부위를 기준으로 밝기를 조정해 촬영 조건 차이를 없앱니다 .
✓ **정상 뇌와 비교하기** — 같은 나이대 건강한 사람 수십 명의 평균과 비교해 부위별 Z- 점수를 계산합니다 .

Z- 점수 (Z-Score)

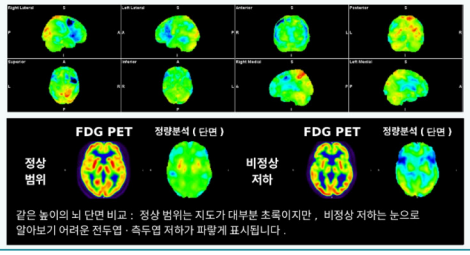
특정 뇌 영역의 포도당 사용 정도가 정상 대조군 (normal database) 평균으로부터 표준편차 몇 개만큼 떨어져 있는지 나타내는 통계적 지표입니다 .

✓ Z = 0 → 정상 대조군 평균과 동일
✓ Z 값이 음수로 클수록 → 해당 영역의 포도당 사용이 더 낮음 (보통 – 2 이하가 의미 있는 저하)



결과 지도의 색 막대 . 파랑으로 갈수록 평균보다 낮고 (저하), 빨강으로 갈수록 높습니다 .

결과 지도 (예시)



✓ **표면형 지도** — 뇌 겉면을 여러 각도에서 펼쳐 보여 줍니다 . 초록은 정상 범위 , 파랑은 저하 부위이며 , 질병마다 다른 특징적인 위치가 한눈에 들어옵니다 .

✓ **단면형 지도** — 뇌를 작은 조각으로 나눠 각각 비교한 뒤 , 의미 있게 떨어진 조각만 뇌 단면 위에 색으로 표시합니다 . 뇌 속 깊은 곳까지 볼 수 있는 장점이 있습니다 .

정량분석은 보조 도구이며 , 최종 판단은 의사가 영상을 직접 보고 증상 · 다른 검사와 종합해서 판단합니다 .
본 자료는 이해를 돕기 위한 참고 자료이며 , 개별 결과 해석은 담당 의료진과 상담하시기 바랍니다 .

출처 : PACEN 퇴행성 뇌질환 Brain PET 진료지침

아밀로이드 PET 검사 정량분석 안내

아밀로이드 PET 이란 ?

- 아밀로이드 단백질 축적은 알츠하이머병 발병 과정에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있습니다 .
- 아밀로이드 PET 은 뇌에 축적된 아밀로이드 단백질을 영상으로 확인하는 검사입니다 .

왜 정량분석이 필요할까요 ?

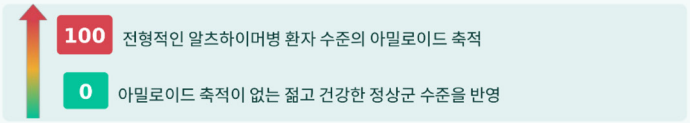
아밀로이드 PET 영상을 눈으로 판독하는 것에 더해 , ' 정량분석' 을 함께 활용하면 뇌 속 아밀로이드 축적 정도를 더 객관적이고 정확하게 파악하는 데 도움이 될 수 있습니다 .

점수 산출 방법과 활용

센틸로이드 (Centiloid) 점수

뇌 속에 쌓인 아밀로이드 축적 정도를 통일된 기준으로 측정하기 위해 만든 표준화 점수 단위입니다 .

✓ **검사 기관이나 장비 , 방사성의약품 종류가 달라도 아밀로이드 PET 결과를 서로 비교할 수 있습니다**



** 센틸로이드 점수는 0 보다 낮거나 100 보다 높게 나올 수도 있습니다.*

Z- 점수 (Z-Score)

특정 뇌 영역의 방사성의약품 섭취 정도가 정상 대조군 (normal database) 평균으로부터 표준편차 몇 개만큼 떨어져 있는지 나타내는 통계적 지표입니다 .

✓ Z = 0 → 정상 대조군 평균과 동일

✓ Z 값이 양수로 클수록 → 정상 대조군보다 해당 영역의 아밀로이드 축적이 더 높음

SUVR (표준섭취계수비)

뇌에서 아밀로이드가 잘 쌓이는 부위에 모인 방사성의약품의 양을 , 아밀로이드가 거의 쌓이지 않는 부위 (소뇌 등) 와 비교한 값입니다 . 이 값이 높을수록 뇌에 아밀로이드가 더 많이 쌓여 있다는 뜻입니다 .

정량분석의 해석은 검사기관 및 검사 종류에 따라 다를 수 있습니다 .
본 자료는 이해를 돕기 위한 참고 자료이며 , 개별 결과 해석은 담당 의료진과 상담하시기 바랍니다 .

출처 : PACEN 퇴행성 뇌질환 Brain PET 진료지침

퇴행성 뇌질환에서 근거기반 핵의학 영상기술 진료지침

Clinical Practice Guideline for Brain PET Imaging in Neurodegenerative Diseases

대한핵의학회
The Korean Society of Nuclear Medicine