

한국형 ARPA-H 프로젝트 설명서

분 야	임무 4 (복지돌봄)	담 당	이승규 PM
프로젝트명	뇌-컴퓨터 인터페이스 중심 노인 정신건강의 뇌 변화 데이터 추출체계 고도화와 최적화된 비중단 중재방안 제공 플랫폼 구축 (BCI-INSIDE-OUT : Brain-Computer Interface driven Integrated Neuro-Sensing via Improved Data-Extraction for Elderly Mental Health and Optimized Uninterrupted Therapy)		

2026. 5.

한국형 ARPA-H 프로젝트 추진단

1. 해결하고자 하는 도전적 문제 제시

**"노인 정신건강에 관한 뇌의 변화를 정확히 분석하여
개인별 최적 중재방안을 신속하게 제시할 수 있다면?"**

- 우울증 등 노인 정신건강 문제에 대해 주관적 방법론 및 정성적 기준 중심의 진단 및 치료/관리로 인한 한계 극복
- 단일 원인 중심의 원인 분석, 제한된 치료/중재로 인한 한계 극복
- 치료/중재 방안의 효과성에 대한 생물학적 근거 검증 방안 부족 해소
- 치료/중재 시 개인 특성 고려 부족 문제 해소

2. 프로젝트/과제 핵심 내용 요약

- 뇌-컴퓨터 인터페이스 성능 향상을 중심으로 노인의 정신건강* 상태를 뇌구조/기능 변화(뇌가소성 등) 측면에서 실시간으로 측정·평가·진단하고 효과적인 융합적 중재방안을 제시할 수 있는 노인 정신건강 특화 멀티모달파운데이션모델(EMH-MFM**) 개발 및 활용 기반 구축

* 우울증을 필수 포함하되, 한국인의 주요 노인 정신질환 1개 추가 가능

** Elderly Mental Health - Multimodal Foundation Model

□ 핵심목표

1. 상황별 뇌 상태 변화 데이터 측정 체계 개발

- ① BCI(비침습) 디바이스의 뇌 상태 데이터 측정 성능 향상
- ② 통합적인 뇌 상태 데이터 수집체계 구축

2. 노인 정신건강 특화 멀티모달파운데이션모델(EMH-MFM) 개발

- ③ EMH-MFM 개발 및 AI 어드밴티지(혁신적 성능) 입증
- ④ 뇌 정신건강 상태 및 중재방안 효과성 평가·예측 체계 개발

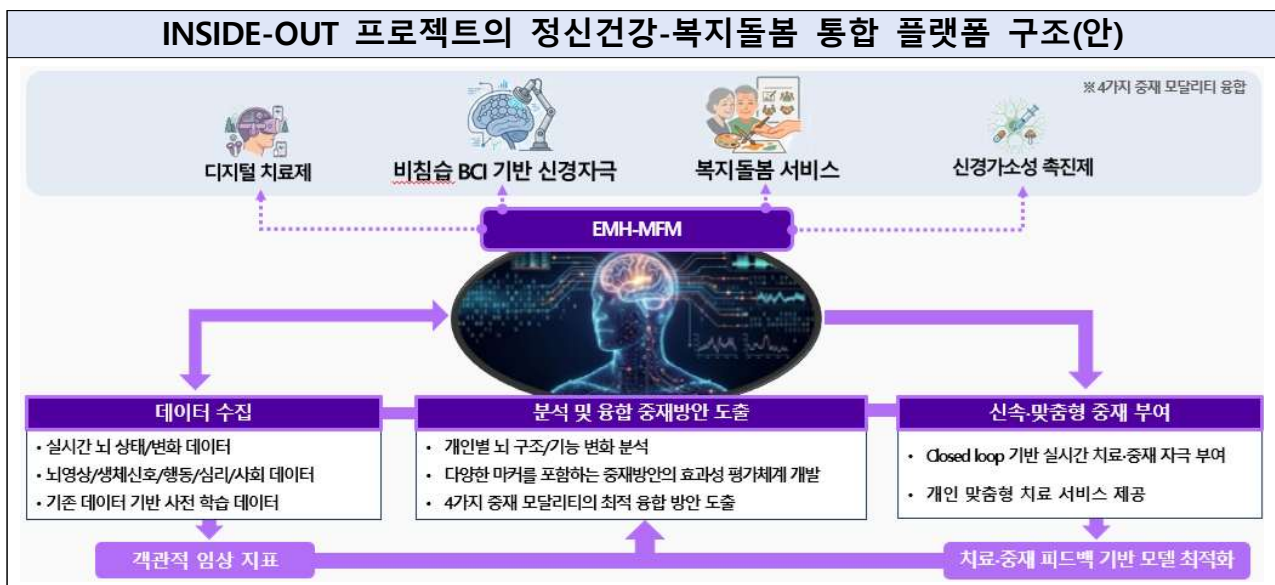
3. 신속대응 및 개인맞춤형 노인 정신건강 중재/관리 서비스 개발

- ⑤ BCI(비침습) 디바이스의 신경자극 성능 향상
- ⑥ 신속 치료를 위한 폐쇄형 중재시스템(Closed-loop Intervention System) 구축
- ⑦ 맞춤형 치료 방안 PoC(5개 이상) 입증 및 실증(1개 이상)

□ 단계별 목표

- (1단계: '26~'27) 정신건강 상황별 뇌 상태 변화 데이터 측정체계 구축
- (2단계: '28) 노인 정신건강 특화 멀티모달파운데이션모델 개발 및 성능 입증
- (3단계: '29~'30) 신속대응·개인맞춤형 노인 정신건강 중재/관리 서비스 개발

< BCI-INSIDE-OUT 플랫폼 구조(안) >



3. 해당 분야 기술적 난제

□ 노인의 정신적 위기에 대응하는 효과적 복지·돌봄 시스템 부재

- 공급자 중심 정책으로 위기단계별·근본원인별 맞춤 정보/전략 부재
- 통합 거버넌스 부재, 복지돌봄 서비스 공급체계 분절
- 계속거주 원칙만 있을 뿐 자원조달, 인력확충 등 세부 규정 명문화 미비

□ 기존의 정신건강 치료법의 효과성은 정확한 인과관계 및 작용 기전이 확인되지 않음

- 기존 노인 우울 척도는 주관적 응답에 의존하여 정확도에 한계
- 뇌신경계의 구조 및 기능 변화 등 정신건강 상태 변화 및 치료효과에 대한 과학적 근거 부족

○ 기존 방법론(선별검사 등)의 무리한 확대는 거짓 양성 증가 및 비용 효과성 저하 우려

□ 기존의 정신건강 치료법은 환자별 특성이 반영되지 않아 자원 투입 비효율

- 타겟 맞춤형 기술 부족 및 수집 데이터 전문 분석기관 부재
- 노인 우울증을 단순 노화로 오인하여 병원 및 치료 접근성 저하됨
- 화학적 약물치료의 노인 대상 적용 부작용 및 한계 극복 필요
- 성별 등 환자 특성에 따른 치료효과 격차 발생

II 추진 배경 및 필요성

□ 추진 배경

- 한국은 '25년에 65세 인구 비중이 20%가 넘는 초고령사회에 진입, 특히 후기 고령자인 75세 이상 인구 비중이 '25년 8.3%에서 '50년 24.5%로 급증할 것으로 전망되면서 극초고령사회*(Hyper-aged Society)로 진입이 예상됨

* 75세 인구 비중이 15~20% 이상을 초과하는 사회를 지칭하며, '50년 OECD 국가의 75세 이상 인구 비중의 평균값 14.0% 대비 10% 포인트 이상 높을 것으로 전망

- 고령층의 정신적 어려움은 신체적 경제적 능력 상실과 함께 대한민국 노년의 높은 자살률*의 주요 원인** 중 하나이며, 특히 60대 대비 70~80대의 자살률 급증 등을 고려할 때 극초고령사회 대비를 위한 변혁적 수준의 후기 고령자 정신건강 관리체계 구축 필요***

* 인구 10만명당 40.6명으로 OECD 국가 중 가장 높고 OECD 평균의 2.5배에 해당(통계청, '23)

** 자살의 주요 원인 중 정신적 질병 문제 비율 36% (복지부 외, '25)

*** 인구 10만명당 자살률: 60대 30.7명 → 70대 39.0명, → 80대 이상 59.4명(통계청, '23)

- 고령자 정신건강 관리를 위한 복지·돌봄 서비스가 인력 중심으로 운영되고 있으므로 인구구조의 변화에 따른 시스템의 지속가능성 하락 위기 직면, 중증 정신질환 문제 해소에 AI 등 혁신 기술을 활용하여 기존의 한계를 극복하려는 세계적인 동향을 반영하여 국내 시스템 점검 필요

□ 기획의 주안점

- (Data Acquisition) BCI 성능 향상과 통합적인 뇌상태 데이터 수집체계 구축을 통해 정신건강(우울증 등) 관련 뇌 구조/기능 데이터를 정밀하고 실시간성으로 수집
- (Core Platform) 멀티모달데이터를 통해 EMH-MFM을 개발하고 개인별 뇌 구조/기능 변화에 대한 정확한 근거를 기반으로 다양한 중재방안의 효과성 평가 체계 (다양한 마커포함) 및 최적의 융합 방안을 도출
- (Closed-Loop / Personalized Intervention) BCI 성능 향상과 뇌 상태 데이터 수집과 자극이 실시간으로 맞물려 돌아가는 Closed-loop Intervention System 구축으로 신속·맞춤형 치료방안을 제공

III | 환경 분석

□ 글로벌 기술 동향

- 뇌가소성과 정신건강과의 관련성을 규명하고 BCI·디지털 치료·신경회로 연구를 결합한 정밀 맞춤 치료 실현 연구 추진
 - 뇌가소성은 경험과 학습에 따라 구조적 변화와 기능적 재구성을 통해 뇌 네트워크를 지속적으로 변화시키고, 이는 행동 및 정신기능에 직접적인 영향을 미침
 - 최근 뇌가소성 연구는 BCI·디지털 치료·신경회로 연구와 결합하여 인지기능 개선과 정밀 맞춤 치료를 실현하는 영역으로 확장
 - 돌봄로봇, 디지털치료제에 기반한 대화·활동 유도과 같은 비침습적 방법을 활용한 우울증 치료 연구도 활발히 추진
 - AI 기술의 폭발적 성장으로 AI 파운데이션 모델 기술을 정신건강 연구에 도입하여 통합적 통찰, 개인 맞춤형 관리, 예방의 일상화, 연구 혁신 가속화 등을 도모 중이며, 현재 주요 연구기관은 실용화 단계로 진입 중
 - 폐쇄 루프 뇌 자극술, 디지털 표현형 기반 융합 우울증 예방 모델 등 뇌의 상태를 실시간으로 확인하고 그에 맞춰 다양한 회복경로의 중재수단을 융합해 개입하는 기술로 진화

□ 글로벌 연구 동향

- 뇌가소성, BCI, 멀티모달플랫폼 등을 정신건강과 연계하려는 시도가 기초연구 중심으로 증가하고 있으나, 본격적인 기술 개발은 시작 단계
- (논문/특허 : BCI + 뇌가소성 + 정신건강) 최근 5년간 논문 중심의 기초 연구 위주 기술개발 증가, 뇌 관련 질환에 BCI를 도입하여 뇌 가소성 변화를 측정하는 기전연구에 초점
- (논문/특허 : BCI + 뇌가소성 + 멀티모달플랫폼) 최근 1년간 논문 중심의 기초 연구 위주 기술개발 증가, 신경가소성 변화 모델링을 위해 BCI와 행동, 영상, 생체계측 등 다양한 데이터를 통합하여 모델링 하기 위한 실험적 연구와 체계적 문헌 고찰 연구에 초점
- (국내 R&D) BCI 기기 또는 센서 개발, 정신질환을 포함한 다양한 뇌/신경 관련 질환의 기전 연구 중심, 본 프로그램의 최종 목적인 BCI·MFEM 기반 정신질환 신속/맞춤 치료 기술 개발과는 유사성 낮음

□ 유사 프로젝트 추진 현황

- 美 ARPA-H는 “정신 및 행동 건강 분야의 신속 치료를 위한 증거 기반 검증 및 혁신 프로젝트(EVIDENT)” 추진
- (목적) 주요 정신질환을 대상으로 치료가 진행되는 과정의 뇌 변화 데이터를 데이터 수집하여 환자의 치료 효과 및 발병 가능성을 예측하는 AI 모델 개발
- (경과) '25년 12월에 관련 계획을 발표하고 '26년 4월에 13개 팀을 선정하여 총 1억 3,940만 달러(약 1,900억 원)의 연구비 지원 예정

VI 기대 효과

□ 과학기술적 기대효과

- AI를 통한 뇌 변화 신호 전달체계의 데이터화 및 제어, 복지·돌봄 서비스 효과 정량화 및 맞춤형 정밀 정신 중재 실현

- (복지·돌봄 서비스 효과 정량화) 실시간 뇌 변화 데이터 및 생체·심리·사회 데이터 분석을 통해 객관적 측정 어려운 복지돌봄 서비스의 효과성을 예측 가능한 '엔지니어링' 영역으로 전환
- (실시간·맞춤형 정밀 중재) AI 멀티모달 파운데이션 모델에 기반한 환자 상태 맞춤형 정밀 중재 실현, 모델-BCI 기기-웨어러블기기가 결합된 Closed loop 시스템을 통한 신속 치료 제공

□ 사회경제적 기대효과

- 고령층의 삶의 질 개선 및 건강수명 증가, 고령 정신질환으로 인한 사회적 비용 감소, BCI-AI-로봇 등이 결합된 융합형 정신의료 신산업 육성
- (고령층의 삶의 질 및 건강수명 증진) 노인 정신질환자를 포함한 고령층 전반의 삶의 질 개선 및 건강수명 증진, 고령 돌봄 인력난 극복 및 존엄한 노후 보장 등
- (사회적 비용 감소 및 신산업 육성) 고령층 정신건강 악화로 인한 사회경제적 비용감소 및 돌봄 가족의 경제활동 촉진, BCI-AI-로봇 등이 결합된 융합형 초개인화 맞춤형 정신의료 신산업 육성 기대

□ 연구결과 최종 수혜자

- (1차 수혜자_환자) 고령층 정신질환자 실시간 상태 맞춤형 중재 제공하여 치료율 향상 기대
- (2차 수혜자_돌봄 가족 및 의료·복지 현장 종사자) 국내 고령 정신질환자 돌봄 가족의 부담 완화, 신속·정밀 중재 수행이 가능한 의료·복지·돌봄 시스템 마련
- (최종 수혜자_국민 전체) 고령자 대상 상시적 정신건강 관리 시스템 구축으로 초고령사회 국민 전체의 삶의 질 향상