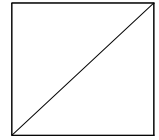


공 개



의안번호	제 1 호	심 의 사 항
심 의 연 월 일	2026. 3. 18	

## 뇌 미래산업 국가R&D전략(안)

생명공학종합정책심의회

제 출 자	과학기술정보통신부장관 배경훈 보건복지부장관정은경 질병관리청장임승관	산업통상부장관김정관 식품의약품안전처장오유경
제출연월일	2026. 3. 18	



## 1. 의결 주문

- 「뇌 미래산업 국가R&D전략(안)」을 별지와 같이 의결함

## 2. 제안 이유

- 세계적 수준으로 성장한 국내 뇌과학 연구생태계 역량을 뇌산업으로 잇기 위해 「뇌 미래산업 국가R&D전략(안)」을 수립·추진하고자 함

## 3. 주요내용

### 가. 추진배경

- (뇌산업 여명기 진입) 뇌는 여전히 과학적 규명이 필요한 미지의 영역이나, 뇌 과학기술의 발전과 함께 산업화의 여명기 진입

※ 글로벌 뇌산업(24년) 규모 총 252조원 : 뇌 의료가 디지털치료제 74조원(BC 3.4조원), 뇌 의약품 178조원

- (BCI\* 대두) 뇌를 기계·컴퓨터와 상호 연결하는 도전적 시도 확산

\* Brain-Computer Interface(뇌 컴퓨터 인터페이스) : 뇌신경신호를 통해 생각만으로 기계·컴퓨터를 제어하거나, 외부 자극·정보(전기·초음파·빛 등)를 뇌로 전달하는 기술



- 뉴럴링크는 '24.1월 텔레파시라는 이름의 칩셋을 뇌에 이식하여 생각만으로 컴퓨터를 제어하고 온라인 체스를 두는 모습 생중계
- 24년 이후 사지마비 환자 12명 임상시험 → '26년부터 매년 1,000명 대상 임상시험 계획 발표 → '30년 내 FDA 시판 승인 목표

- (의약수요 증가) 고령화 등과 함께 치매·자폐·우울 등 사회에 치명적인 뇌질환이 증가 중이나, 효과적 치료제 등장은 미진

※ 국내 60세 이상 노인 중 40%는 **치매가 암보다 두렵다**고 응답(보건사회연구원)

- (우리의 기회요인) 국내 연구생태계 수준은 글로벌 선두권 진입, 세계적 수준의 의료역량\* 및 디지털·제조역량\*\* 등 강점 보유

\* 세계 100대 뇌신경 병원 중 국내 병원이 8개 / \*\* 반도체, 정밀전자 등은 BCI의 핵심 요소기술

☞ 여명기를 맞으며 빠르게 발전 중인 뇌 산업을 선점하기 위해, 과학기술과 제조·의료역량을 효과적으로 잇는 R&D 전략 필요

## 나. 현황진단 및 대응전략

	현황진단		대응전략
산업	선도국 대비 BCI R&D투자 부족 ※ 미국(민간중심) ↔ 중국(정부주도)	→	민관 협력 대형 R&D프로젝트를 추진하여, 민간 키 플레이어 육성 ※ 한국 : 민간주도 + 정부 밀착지원
	글로벌 제약회사의 뇌의약산업 경쟁우위 공고 국내 3대 뇌 연구거점 성장, 다만 기술사업화 역량은 미흡		블루오션인 플랫폼 기술 확보 및 독점적 지위의 퍼스트-인-클래스 개발 뇌산업 클러스터 조성 ※ 뇌연구원(대구), IBS-KAIST(대전-오송) 등
기반	뇌연구와 AI연구의 융합 가속화, 뇌 데이터 축적 미진	→	뇌신경망 특화 AI 모델 개발 및 뇌산업 특화 뇌지도 구축
	영장류 사육두수, 임상시험 속도 등 선도국 대비 미흡		영장류센터, 뇌 임상시험 규제 등 뇌산업 특화 인프라·제도 확립

## 다. 주요내용

<b>비전</b>	<b>2030년 글로벌 블루오션이 될 뇌 미래산업 선도</b>
<b>핵심 목표 (~'30)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 글로벌 Top 수준의 대체불가 BCI 핵심기술 7개 이상 확보</li> <li>② 뇌질환 플랫폼 기술 10종 이상 및 계열 내 최초신약 2개 이상 확보</li> <li>③ 뇌산업 클러스터 체계 및 성장기반 완성</li> <li>④ 뇌 특화 파운데이션 모델 구축 및 뇌산업 특화 뇌지도 3종 이상 구축</li> <li>⑤ 세계 선도국 수준의 영장류 사육규모 및 실험시설 확립</li> </ol>



## ① 국내 민관 역량을 결집하여 BCI 미래산업 육성

- **(국민체감 7대 핵심임무)** BCI 기술과 의료·국방·산업현장·엔터테인먼트 4대 분야의 융합을 촉진하는 “7개 임무중심 프로젝트” 추진

※ 핵심임무를 중심으로 국내 연구기관에 산재된 요소기술 통합·설계

- BCI얼라이언스\* 구성·운영, 전담PM, 규제당국(식약처) 협력체계 등 임무 지향적 R&D추진체계 운영

\* BCI 산학연병 및 도메인분야(의료·웰니스, 모빌리티, 가전·IoT 등) 대표기업 참여 추진

### < 국민체감 7대 핵심임무 >

- ① [사지마비 극복] 사지마비 환자가 **생각만으로 컴퓨터·기계를 작동**
- ② [뇌질환 치료] 뇌 심부를 자극하여 치매·파킨슨·우울증 등 난치질환 치료
- ③ [감각 복원] 감각(예 : 시신경)이 손상된 환자의 뇌를 자극하여 **감각 복원**
- ④ [인공신체] 신체처럼 자연스럽게 움직이는 **의수·의족, 인공망막·청각** 등 개발
- ⑤ [웨어러블 로봇] **생각만으로 움직이는 외골격 근력보조 장치** 및 이동기기
- ⑥ [초실감 엔터테인먼트] **감정·감각을 영상·게임에서 구현하는 차세대 VR·AR**
- ⑦ [안보 및 방위산업] 뇌파 기반의 **드론·로봇, 통신·감시·경계시스템** 등

- **(BCI 초격차 전략기술)** BCI 미래산업 육성을 위해 필수적인 요소기술별 초격차 실현을 위한 “중장기 기술로드맵” 구축

- (중추신경) 뇌와 기계·컴퓨터를 상호 연결하는 각 단계\*별로 필수 확보해야 할 기술장벽에 대한 원천기술 개발

\* ① 뇌 전극 이식(수술로봇) → ② 뇌신경신호 수집(전극) → ③ 뇌신경신호 전달 (무선통신) → ④ 뇌신경신호 해독(디코딩) → ⑤ 뇌로 피드백 및 자극 전달(인코딩)

- (말초신경) 시각·청각·촉각·미세근육·미주신경\* 등 신체 말단에 위치한 감각 신경의 제어·조절을 가능하게 하는 원천기술 확보

\* 미주신경 : **뇌와 장기를 잇는 신경**으로 무의식적인 심장박동, 위장관 운동, 호흡 등 조절

※ ① 감각 모방센서, ② 감각 유도·조절, ③ 말초신경과 HW 결합, ④ 미주신경 자극

## ② 혁신적인 뇌질환 신약 창출역량 강화

- **(플랫폼 기술)** 다양한 질환으로 확장 가능한 플랫폼 기술을 선점하여 뇌신경계 신약 개발의 높은 실패율 극복 및 기술 경쟁우위 확보
  - ※ **(장점)** 개별 신약파이프라인에 비해 ▲확장 가능성, ▲개발리스크(실패 시 다른 질환으로 전환), ▲반복적 기술이전(복수 계약) 등에서 우위

- ① **[BBB 투과기술]** 혈액뇌장벽(BBB)를 투과하여 약물을 전달하는 기술
- ② **[뇌신경계 역노화]** 줄기세포 역분화 기술을 응용하여 뇌신경계 재건
- ③ **[뇌 오가노이드]** 미니뇌를 제작하여 신약개발 유효성·독성 신속 검증
- ④ **[AI기반 조기진단]** AI를 통해 치매·파킨슨 등 뇌질환 발병 전 조기진단
- ⑤ **[RNA 치료제]** 유전자(RNA)를 조절하여 뇌질환(치매·파킨슨, 희귀 유전질환 등) 치료

- **(퍼스트인클래스(First-in-Class))** 3대 질환군(치매·우울증·자폐스펙트럼)별 독점적 지위의 신약 후보물질 개발을 위한 도전적R&D 확대
  - ※ **(장점)** 동종 최고 신약(Best-in-Class) 대비 개발리스크는 높으나 새로운 시장 창출 가능

- **(치매 등 퇴행성 뇌질환)** 노화에 따른 뇌세포 손상 원인 규명 및 조기진단·치료법 개발
- **(우울증 등 정서장애)** 스트레스가 신경조직을 변성시켜 정서장애를 유발하는 원리 규명
- **(자폐 등 발달장애)** 유아기 뇌 신경계 발달과정, 유전자, 양육환경 등 원인규명

## ③ 기술사업화 거점으로 뇌산업 클러스터 조성

- **(대구 : 전략기술)** 한국뇌연구원을 중심으로 뇌지도 구축, 뇌자원 확보, 국제협력 등 국가 뇌연구 전략거점 역할 수행(자폐 등 발달장애 특화)
- **(오송-대전 : 뇌의약산업)** 대전 연구생태계와 오송의 바이오산업 클러스터를 연결하는 개방·협력 밸류체인\* 구축(우울 등 정서장애 특화)
  - \* (예시) IBS(뇌질환 발병 원인규명 및 타겟발굴) → KAIST(AI로 치료제 디자인 최적화) → 생명연 영장류센터(영장류 비임상 진행) → 오송 바이오산업클러스터(임상 1~2상)
- **(홍릉 : 창업 활성화)** KIST 중심으로 기술사업화·창업 기능 강화

#### ④ 뇌과학-인공지능 융합 촉진 및 뇌 데이터 확보

- (뇌신경망 특화 AI모델) 인지·감각·운동, 3대 뇌 기능에 관한 뇌파·뇌이미지 데이터를 학습한 멀티모달 파운데이션모델 개발

##### < 고품질(AI-Ready) 뇌 데이터 구축 전략 >

- ▶ [뇌파] **브레인 링크 이니셔티브** 등 BCI R&D사업을 통해 **단계별\*** 인체 뇌파 데이터 구축

\* [EEG(비침습 뇌파)] 헬멧헤드셋 등 기기 활용 → [EcoG(피질뇌파), 스파이크 신호 등] 뇌 임플란트 필요

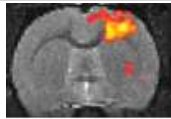
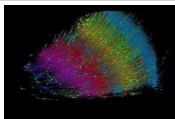
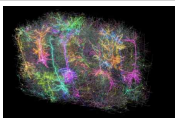
- ▶ [뇌 이미지] **뇌지도(동물) 구축** 및 **임상병원 연구협력을** 통해 **다양한 스케일**의 데이터 확보

\* [미시단위] 뉴런시냅스 연결 구조 → [중간단위] 뉴런묶음(1만개 단위)의 집단적 기능 → [거시단위] 뇌 영역별 기능

- 뇌파 해독(디코딩)을 통한 음성·텍스트·감각·행동 구현 AI에이전트 및 정상인-환자 뇌 이미지 비교를 통한 조기예측 AI에이전트 등 개발
  - 뇌 파운데이션 모델에 기반하여 뇌 디지털 트윈\* 단계적 구축
    - \* (단기) 동물실험 대체 개인맞춤 의료 활용 → (장기) 뇌AI 융합 기억의식 클라우드 업로드 등 미래기술 확장
  - 뇌 모사 AI, 바이오 컴퓨터 등 뇌과학-AI 다학제 연구 확대 추진
- (산업 특화 뇌지도) '35년까지 특화 분야별 뇌 지도 3종(예 : 시각, 청각, 운동 등) 이상 구축을 목표로 하는 “넥스트 브레인 프로젝트” 추진
    - ※ 연구·산업계 숙의를 거쳐 매년 1개 특화 분야씩 총 3개 분야 순차적으로 선정
    - 뇌산업(BCI, 뇌 의약) 응용 가능성 높은 영역에 집중, 미시단위 구조 (시냅스 연결망)와 중간단위(뉴런묶음) 기능정보 통합 구축

	뇌 구조 지도	뇌 구조 및 기능 지도
추진 전략	단일 스케일 + 단일 기술* → 뇌 전체에 대한 구조도 규명 * 전자현미경 중심	멀티스케일 + 복합 기술* → 특정 뇌 기능에 선택과 집중 * 전자현미경, 뇌형광화, 뇌투명화, fMRI 등
예시	뇌 신경세포의 단순 연결망	뇌 시각 특화 연결망 + 기능 정보

##### < (참고) 뇌 이미지 데이터 분류 >

	매크로(cm-mm)	메조(mm-μm)	마이크로(μm-nm)
이미지			
연구 내용	뇌활성 영상·이미지	국소 뇌 신경 회로, 피질 기둥 등 뉴런묶음	개별 뉴런, 시냅스 연결
측정 기술	뇌 영상 촬영	뇌 투명화, 뇌 형광화	전자현미경 등

## ⑤ 뇌 산업의 안정적 성장을 위한 인프라·제도 확립

- **(실험동물 인프라)** 뇌연구 핵심 실험 인프라인 국가 영장류 센터의 수입·사육·분양 거점(정읍) 육성 및 실험·전임상 거점\*(현재 오창) 확대
  - \* 확대(안) : 영남권(한국뇌연구원), 충청권(오송첨복재단) 등
  - ▲국제협력 기반 수입처 다변화(베트남, 미국·유럽 등), ▲분양체계(실험동물공급자 등록) 확립, ▲사육종 다양화(마카크, 마모셋, 리무어\*) 등 추진
    - \* 마우스 리무어(쥐와 영장류 중간 위치) 등 신규 동물모델 선제적 확립
  - AI·디지털트윈 기반의 전임상 시뮬레이션 기술 개발을 통해 동물실험의 중장기적인 대체 추진
- **(규제)** BCI 임상시험(칩셋 뇌 이식) 신속 추진 등을 위한 규제혁신 방안 마련 및 과기부-식약처 협의체계 구축
- **(뇌연구 윤리)** BCI, 오가노이드 등 미래 뇌과학기술이 사회규범과 충돌할 경우에 대한 윤리 가이드라인 선제적 마련
  - ※ **예시** : BCI가 사람의 생각을 해킹하는 기술로 오용될 가능성은?  
나의 뇌가 클라우드에 연결될 때 내 생각은 누구의 것인가?

## 마. 향후계획

- BCI산업 육성, 뇌지도 구축 등 핵심 추진과제 이행을 위한 신규사업 기획 및 예산 반영 추진('26)

---

# 뇌 미래산업 국가R&D 전략

2030년, 글로벌 블루오션인 뇌 미래산업의 선두로 도약

---

2026. 3. 18



관계부처 합동



# 목 차

I. 추진배경	1
II. 현황진단 및 대응전략	9
III. 추진방향	13
IV. 추진과제	14
<b>&lt; 뇌 미래산업 혁신역량 확보 &gt;</b>	
1. 국내 민관 역량을 결집하여 BCI 미래산업 육성	14
2. 혁신적인 뇌신경계 신약 파이프라인 창출	20
3. 뇌산업 클러스터 조성	24
<b>&lt; 뇌 미래산업 기반 조성 &gt;</b>	
4. 뇌과학-인공지능 융합 촉진 및 뇌 데이터 확보	27
5. 뇌산업의 안정적 성장을 위한 인프라·제도 확립	31
V. 과제별 추진일정 및 핵심 액션플랜	34



# I. 추진배경

## ◆ 뇌 과학기술의 발전과 함께, 뇌산업의 여명기에 진입

- 인간의 뇌는 천억개의 신경세포(뉴런), 100조개의 시냅스(뉴런 간 연결)로 구성된 초복잡계이며, 우주와 비견될 만큼 미지(未知)의 영역
  - 뇌과학 태동 이래 국내·외 R&D 투자는 기초과학 성과창출에 주력
- 그러나 최근 AI, 뇌영상 기술 등의 혁신으로 방대한 뇌의 데이터 분석이 가능해지며 경제·산업적 성과 창출의 가능성도 열리는 중
  - ※ [’80~’90년대] 뇌과학 분과 태동, 미국의 정부R&D투자 본격화 → [’00년대] 뇌 해석·해독 기술 발전 → [’10년대] 뇌지도 및 뇌 자극기술 발전 → [’20년대] 뇌산업 시대 개막
  - 뇌과학이 실험실을 벗어나 산업으로의 첫 걸음을 내딛는 상황

## ◆ 인간 뇌를 기계·컴퓨터와 상호 연결하는 도전적 시도 확산

- 일론머스크의 뉴럴링크는 뇌에 칩셋을 심어 뇌와 기계·컴퓨터를 상호 연결하는 BCI(뇌-컴퓨터 인터페이스) 기술의 혁신과 태동을 주도 중



- 뉴럴링크는 '24.1월 텔레파시라는 이름의 칩셋을 뇌에 이식하여 생각만으로 컴퓨터를 제어하고 온라인 체스를 두는 모습 생중계
- 24년 이후 사지마비 환자 12명 임상시험 → '26년부터 매년 1,000명 대상 임상시험 계획 발표 → '30년 내 FDA 시판 승인 목표

- 현재 스마트폰이 현실과 디지털 세계를 연결하는 핵심 플랫폼이듯, 미래에는 BCI가 생활양식을 혁신하는 플랫폼이 될 것이라는 전망 有
  - ※ [애플] BCI에 기반하여 아이폰·아이패드를 제어하는 기술개발 추진, [메타] VR·AR 기기에 BCI 기술 응용 추진, [뉴럴링크] 차세대 아이폰은 BCI가 될 것이라는 비전 제시
- BCI는 인간의 인지·신체 능력을 비약적으로 상승·확장시킬 수 있어, 미래 초인공지능·휴머노이드와 인류의 공생을 가능케 하는 기술
  - 인간 정체성의 중추인 뇌 데이터 주권을 위해서도 전략기술화 필요

## ◆ 치매 등 뇌질환에 대한 사회적 수요는 폭발적으로 성장 전망

- 사회발전과 함께 뇌에서 비롯되는 질환은 빠르게 증가하는 추세
  - 수명연장으로 뇌의 노화가 일으키는 질환(치매·파킨슨)도 함께 증가, SNS·스마트폰 등 과의존에 따른 우울·불안 등 정서장애도 확산
- 특히 치매·우울·자폐 등은 개인의 고통을 넘어 가족·사회에도 치명적이나, 다양한 과학기술 난제\*로 인해 효과적 치료제 등장이 아직 미진
  - \* 뇌를 보호하기 위해 존재하는 “**혈액-뇌 장벽(BBB)**”은 **약물 전달에 큰 장벽**으로 작용
  - ※ 국내 60세 이상 노인 중 40%는 **치매가 암보다 두렵다**고 응답(보건사회연구원)
- 과학기술적 해법만 마련된다면 관련 시장은 폭발적으로 성장할 전망
  - ※ 유사사례 : 당뇨병 치료제의 체중감량 효능 발견으로 비만치료제 시장 급성장

## ◆ 대한민국이 뇌산업의 선도 국가로 우뚝 설 기회요인 충분

- ‘98년 「뇌연구 촉진법」 제정 이래 정부의 꾸준한 R&D투자로 뇌 과학 기술 수준은 세계 선두권 진입, 국내 연구생태계의 글로벌 위상 ↑
  - ※ 韓美中·日·EU 5개국 중 한국은 논문영향력 3위, 중요특허 비율 3위(‘20년 KISTEP)
- 세계적 수준의 디지털 역량(SW)과 반도체·정밀전자 등으로 대표되는 미세공정\*·양산역량(HW)은 BCI 산업 육성의 강점 요인
  - \* 예 : BCI 제품의 핵심부품은 반도체, 초소형의 뇌신호 측정 센서, 배터리 등
- 급속한 고령화로 뇌산업을 후방에서 받쳐 줄 국내 수요시장이 존재, 국내 대학병원의 뇌·신경과 의료 역량은 세계적인 수준으로 평가
  - ※ 세계 100대 뇌신경 병원 중 국내 병원이 8개 포함(뉴스위크, ‘25년)

☞ 여명기를 맞으며 빠르게 발전 중인 뇌 산업을 선점하기 위해, 우리 과학기술과 제조·의료역량을 효과적으로 잇는 R&D 전략 필요

◇ **[참고1] 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기술의 개념**

□ **(개념)** 뇌신경신호를 전기신호로 변환하여 **생각만으로 기계·컴퓨터를 제어**하거나, **외부 자극·정보(전기·빛 등)를 뇌에 전달**하는 기술

※ Brain-Computer Interface : 뇌 컴퓨터 인터페이스

○ AI 발전으로 **대량의 뇌신경신호 분석**이 가능해지며 기술혁신 가속화

**< BCI 융합 분야 >**

적용 분야		내용
신체 기능의 보조·대체	의료, 재활, 헬스케어	신체를 사용하지 않고 기계가 원하는 동작을 수행
편의성 제고	IT 기기, 드론, 자동차	다른 일을 하면서 기기 조작
엔터테인먼트	게임, 영화	게임, 영화 등의 집중력·몰입도 제고
정보 지식 전달과 교류	국방, 교육, 훈련	대화보다 정확한 명령 전달·통제

□ **(분류)** ①신체 이식 여부, ②제어 영역에 따라 구분 가능

**< ①신체 이식 여부에 따른 구분 >**

침습형(뇌 임플란트)	비침습형(또는 최소 침습형)
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 칩을 뇌 안에 시술</li> <li>■ 외과시술 부담 및 신경세포 손상 우려 등이 상용화 장벽</li> <li>■ 비교적 <b>정밀한 측정</b>이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 헤드셋 등 웨어러블 기기 착용</li> <li>■ 인체에 무해, 측정이 간편</li> <li>■ 신경신호의 잡음이 발생하는 등 <b>측정 정밀도가 낮음</b></li> </ul>

**< ②제어 영역에 따른 구분 >**

중추신경 제어(뉴럴링크)	말초신경 제어(센서링크)
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 뇌 영역을 자극하여 인지·행동·감각·감정 등 인간의 중추적인 기능 제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시각·청각·촉각·미세근육·미주신경* 등 신체 말단에 위치한 감각 신경을 제어·조정</li> <li>* 뇌와 장기를 잇는 신경으로 무의식적 장기 운동 조절</li> </ul>

## ◇ [참고2] 해외 주요국의 BCI 등 뇌 미래산업 육성 정책

### □ [미국 🇺🇸] 민간 주도하에 뇌산업 성장, 정부는 기초연구 중심 지원

- 미국 정부는 대형 뇌과학 프로젝트인 **브레인 이니셔티브**(‘14~, ‘25년 6.8억달러)를 중심으로 **뇌지도 구축 글로벌 선도**
- 뉴럴링크, 싱크론, 블랙록 뉴로테크 등 BCI 기업의 누적 민간투자 유치액은 약 16억달러(한화 약 2조원) 이상으로 추산
  - 애플, 메타, 밸브 등 빅테크 기업의 시장 참여도 확대 중

### □ [중국 🇨🇳] 정부의 전폭적 주도하에 BCI 산업화 추진 중

- 중국 정부는 ‘25.8월 “BCI 산업 혁신·발전 촉진 이행계획” 발표
  - 상하이, 베이징 등 지방정부는 ▲BCI 임상시험, ▲클러스터 조성, ▲민관 합작회사 설립, ▲의료수가 체계 마련 등 액션플랜 이행
  - ※ ‘25.6월 상하이 정부는 세계 최초 BCI 산업클러스터 조성 착수
- **차이나브레인프로젝트**(‘21~)를 통해 3대\* 뇌 기초과학 분야도 육성
  - \* ▲인지기능에 대한 신경기전 이해, ▲뇌질환 진단·치료, ▲뇌모사 인공지능 기술

### □ [유럽 🇪🇺] 뇌질환 치료에 중점을 두고 유럽 내 기술협력 강화

- EBRAINS 2.0을 기반으로 데이터·시뮬레이션·모델 검증을 통합하는 플랫폼 기반 연구 지원
- **뇌 건강 유럽 파트너십**(‘25~)을 통해 **뇌질환 예방과 생애주기 뇌건강 증진**을 연구 과제로 설정

◇ **[참고3] 중국 정부의 BCI 육성 정책 주요내용 ('25.8월 발표)**

□ 개요

- 중국 정부는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 산업 육성 본격화를 위해 **7개 부처** 공동으로 **“BCI 산업 혁신·발전 촉진 이행계획”** 발표  
 ※ (7개 부처) 중국과학원, 중국 공업정보화부, 국가발전개혁위원회, 교육부 등

□ 목표

- **(‘27년까지) BCI 핵심 기술에서 중요한 돌파를 달성하고, 선진 기술 확보, 산업표준 체계 등 구축**
  - 전극, 칩, 완제품의 성능이 국제 선진 수준에 도달
  - BCI 제품이 산업 제조, 의료 보건, 소비 생활 등에 본격 적용
- **(‘30년까지) 글로벌 선도 기업 2~3개 및 특화 중소기업 다수 육성, 국제 경쟁력을 갖춘 BCI 산업 생태계 구축**

□ 주요내용

추진과제	주요 내용
① 기본 소프트웨어 및 하드웨어 연구 강화	▶ 혁신적인 뇌신호 감지 연구, 획기적인 핵심 브레인 컴퓨터칩 개발, 소프트웨어 도구 기반 연구(뇌신호 인코딩·디코딩 SW 개선 등)
② 고성능 제품 제조	▶ 뇌 이식형 장치 연구개발 가속화, 비이식형 장치의 대량 생산 촉진, 보조 장치 개발(뇌신호 근전도, 안구 전기도 등)
③ 기술성과의 적용 촉진	▶ 산업 혁신 성과 대회 및 전시회 개최, 산업 육성 플랫폼 등을 구축하여 혁신 성과 구현 가속화, 테스트 및 파일럿 테스트 기능 향상 연구 확대
④ 혁신주체 강화	▶ 우세기업 육성, 혁신을 위한 다양한 센터의 건설을 지원하고 BCI 공통 기술의 공급 능력을 제고
⑤ 산업 지원능력 향상	▶ BCI 기술표준 시스템 구축 및 로드맵 제시, BCI 윤리 연구, 학과 전문직 양성 강화 및 해외 인재 도입 등
⑥ 보호조치	▶ 중앙과학기술위원회를 중심으로 부서 협동 강화, BCI 기술의 연구·응용 및 산업화를 지원하기 위한발전기금 조성, 해외 시장 개발 지원 및 제품 홍보 등



## ◇ [참고4] BCI 중심의 뇌 미래산업 성장 동향

- **(글로벌)** 뉴럴링크가 **침습형 BCI 기술혁신을 주도**하고 있으며, 중국에서도 정부 지원하에 **뇌이식 임상시험 성과 등 창출**
  - 메타, 애플 등 빅테크 기업은 스마트폰, VR 등 기존 디바이스와 BCI기술 융합을 위한 **비침습형 기술개발에 주력**

 <p>뉴럴링크(미국)</p>	<p>&lt; <b>침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ FDA로부터 인간 대상 BCI 임상시험 승인('23.05), 최초로 인간 대상 칩 이식 성공('24.01), 마비 환자가 생각으로 커서 조작 시연 성공('24.03) 및 로봇팔을 조정으로 음료를 마심('25.10)</li> </ul>
 <p>뉴사이버 뉴로텍(중국)</p>	<p>&lt; <b>침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ BCI 칩을 인간에게 이식해 언어장애 환자가 중국어 문장을 출력하는 첫 사례 발표('25.03), 'Beinao No. 1' 칩을 환자 3명에 이식, 연말까지 10명 추가 이식 계획 발표('25.04)</li> </ul>
 <p>메타(미국)</p>	<p>&lt; <b>비침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ '25.2월 뇌자기 측정장치로 뇌파를 측정해 생각하는 문장을 해독해 타이핑하는 비침습형 BCI 기술을 공개</li> </ul>
 <p>싱크론(호주)</p>	<p>&lt; <b>비침습형(최소 침습형) BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 세계 최초로 혈관 내 삽입형 BCI '스텐트로드(Stentrode)'를 인간 뇌혈관에 이식('19), 인간 대상 임상시험(IDE) 승인('21.07)</li> <li>▶ 애플과 협력하여 루게릭병 환자가 생각만으로 애플의 아이패드를 작동하는 데 성공('25.08)</li> </ul>
 <p>브레인코(중국)</p>	<p>&lt; <b>비침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 뇌파와 팔근육 신경신호를 인식하여 직관적으로 동작하는 로봇 의수 개발, 피아노 연주 가능한 수준으로 손가락 움직임 구현</li> </ul>

- **(국내)** (주)와이브레인 등 전자약\*(뇌질환) 기업 중심으로 BCI기업이 성장 중이며, (주)지브레인은 올해 국내 최초 뇌이식 성과 창출

\* 뇌에 전기, 빛, 초음파 등 자극을 전달하여 뇌질환 치료

 <p>(주)와이브레인</p>	<p>&lt; <b>비침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 우울증 단독 재택치료 전자약 '마인드스팀'은 업계 최초로 식약처 품목허가 획득('21), 누적 처방 20만 건 기록('25.06)</li> </ul>
 <p>(주)지브레인</p>	<p>&lt; <b>침습형 BCI</b> &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 서울대병원과 한국 최초로 뇌전증 치료 뇌이식 의료기기 핀어레이(Phin Array)의 임상 이식 성공('25.05)</li> </ul>

## ◇ [참고5] 뉴럴링크 개요

□ (개요) 일론머스크가 '16년 설립한 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기업

※ 공동창업자 서동진(캘리포니아 공과대학을 졸업한 한국계 과학자)

□ (사업성과 및 향후 계획) 현재까지 12명에게 BCI 칩을 이식하여, 누적 1만 5천 시간 이상 사용, 누적 총 13억 달러 투자유치

- '26년부터 연 1,000명 규모의 대규모 뇌 이식 임상시험 계획
- '31년까지 연간 2만 명에게 BCI 칩 이식 목표

□ (제품개발 방향) ①텔레파시(뇌-기계 통신), ②블라인드사이트(시력회복), ③딥(파킨슨병 등 치료) 3가지의 뇌 이식 칩 개발 중

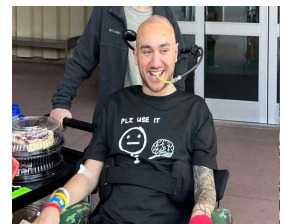
① (텔레파시) 척수손상에 의한 사지마비 환자가 생각만으로 컴퓨터, 스마트폰, 로봇 팔 등 외부장치 제어

➔ '24.1월 첫 사람 대상 이식 완료 이후 총 12명에게 이식 완료

➔ '25.10월 언어장애 환자의 목소리를 되찾는 임상시험 예정

■ 첫번째 이식 환자인 놀랜드 씨는 '16년 수영사고로 척추 뼈가 탈구되어 어깨 아래 감각·운동을 상실하였으나

- '24.1월 텔레파시 이식 이후 하루 약 10시간씩 장치를 사용해 컴퓨터를 제어하며 독서·게임·온라인 강의 수강 등 일상생활 영위



② (블라인드사이트) 시신경이 손상된 시각장애 환자의 대뇌 시각 피질에 직접 자극\*을 주어 시각 인지를 복원

\* 카메라로 촬영한 장면의 정보대로 뇌 시각 피질을 자극해 이미지 상상 유도

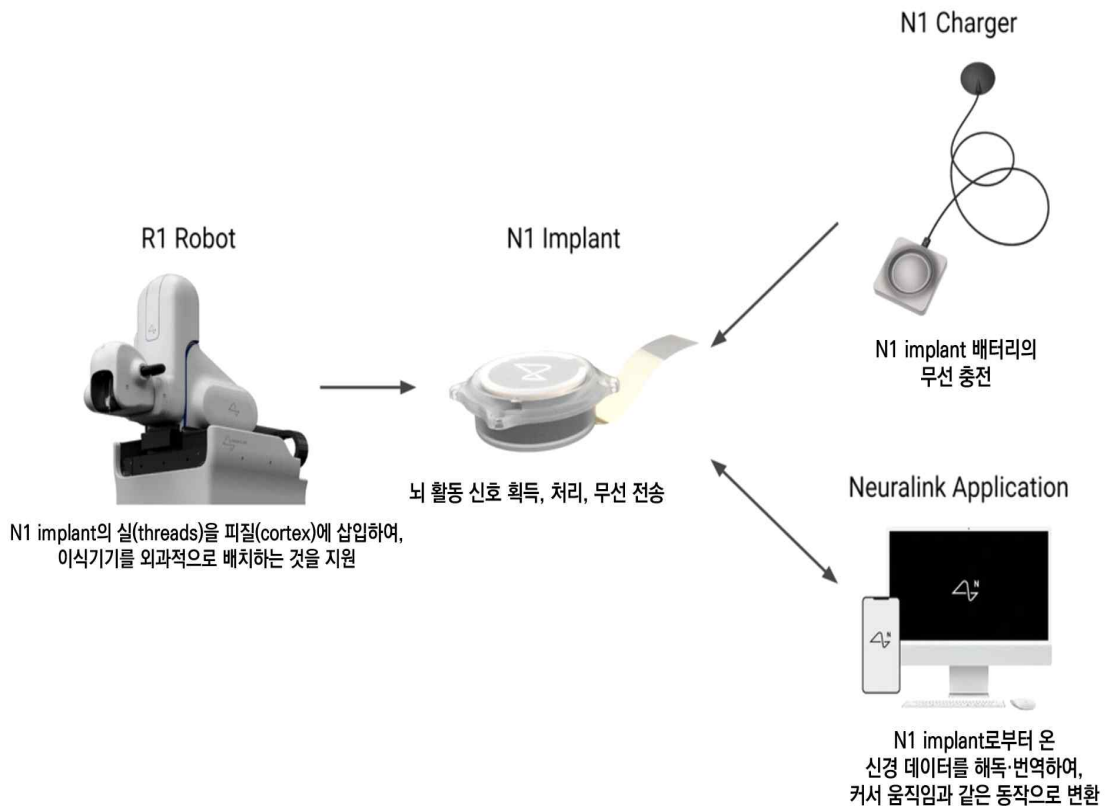
➔ 시각장애인 대상으로 '26년 임상시험 예정

③ (딥) 파킨슨병, 본태성 진전, 정신과적 질환 등을 치료하기 위해 뇌 심부 자극을 통한 신경 조절을 목표로 개발

## < 뉴럴링크 뇌 이식 임플란트(N1) 개요 >

### 이식형 장치(Implant)

완전 이식형 구조로 설계되어, 외형상 식별되지 않고, 컴퓨터 및 모바일 기기를 제어할 수 있도록 설계



## II. 현황진단 및 대응전략

### II-1

### (산업) 선도국 대비 정부·민간의 R&D투자 규모 부족

#### 1 (BCI) 실험실을 넘어 실용화 단계에 진입 중이나 국내 투자 미진

- 미국에서는 혁신적인 BCI 기업에 거대 민간자본이 투입되는 중이며, 중국은 정부주도 대규모 투자하에 인체 이식 등에 과감하게 도전
  - ※ (美) 뉴럴링크 등 BCI 기업에 대한 민간투자액은 약 16억달러(한화 2조원) 이상
  - (中) '25년 3명에게 뇌 칩셋 이식 완료, '26년까지 50명 이식 목표 공표
- 국내 정부·민간 투자는 미국, 중국 등 선도국에 크게 못 미치며, 기술 실용화에 필수인 임상시험 성과도 선도국 대비 미진
  - 일부 혁신기업이 BCI산업에 도전 중이나 이를 뒷받침하는 대형 정부 R&D 프로젝트가 부재하며, 소규모 과제 단위로 분절화된 지원

☞ (대응전략) “민관협력 대형 R&D프로젝트”를 통해 민간투자의 공백을 메우고, 국내 기술역량을 결집하여 민간 키 플레이어 후방지원

#### 2 (뇌 의약) 기술·자본력을 가진 글로벌 제약회사의 경쟁우위 공고

- 뇌질환 등 중추신경계(CNS) 신약은 非CNS\* 약물 대비 개발 성공률이 2배 이상 낮고 시간과 비용 부담이 막대한 고위험-고수익 분야
  - \* 중추신경계(CNS) 약물의 임상승인 성공률은 비CNS 약물의 절반 이하 수준
  - 기술·자본이 상대적으로 부족한 국내 제약사의 글로벌 경쟁에 한계
- 이에 질환별 신약개발뿐 아니라 범용적으로 활용 가능한 플랫폼 기술 및 계열 내 최초(First-in-Class) 신약 투자 확대 등 다각화 전략 필요

☞ (대응전략) 블루오션 성장 가능성이 높은 “플랫폼 기술” 및 개발 리스크는 크나 혁신성이 높은 “퍼스트인클래스(First-in-Class)” 신약 투자 확대

### 3 (클러스터) 기업과 학-연-병의 네트워크를 담은 공간적 기반 미흡

- 한국뇌연구원, KIST(뇌과학연구소), IBS 등 국내 뇌연구 거점의 연구 역량은 성장하였으나, 거점의 연구성과를 시장으로 잇는 기반은 부족
  - BCI 및 뇌의약산업의 지속적 성장을 위해서는 뇌연구거점(인프라)을 중심으로 하는 대학(연구), 산업계(사업화), 병원(임상) 간 네트워크 긴요
    - ※ 중국에서는 상하이 지방정부 주도로 산학연병이 협력하는 BCI 산업클러스터 조성 중

☞ (대응전략) 국내 대표 뇌연구 거점 중심으로 뇌 산업화 특화 인프라를 집적하고, “기술개발-뇌산업화 밸류체인” 조성

## II-2 (기반) 뇌 산업에 대한 중장기 기초기반 미흡

### 4 (AI융합) AI 연구와의 융합이 가속화 중이나 뇌 데이터 부족

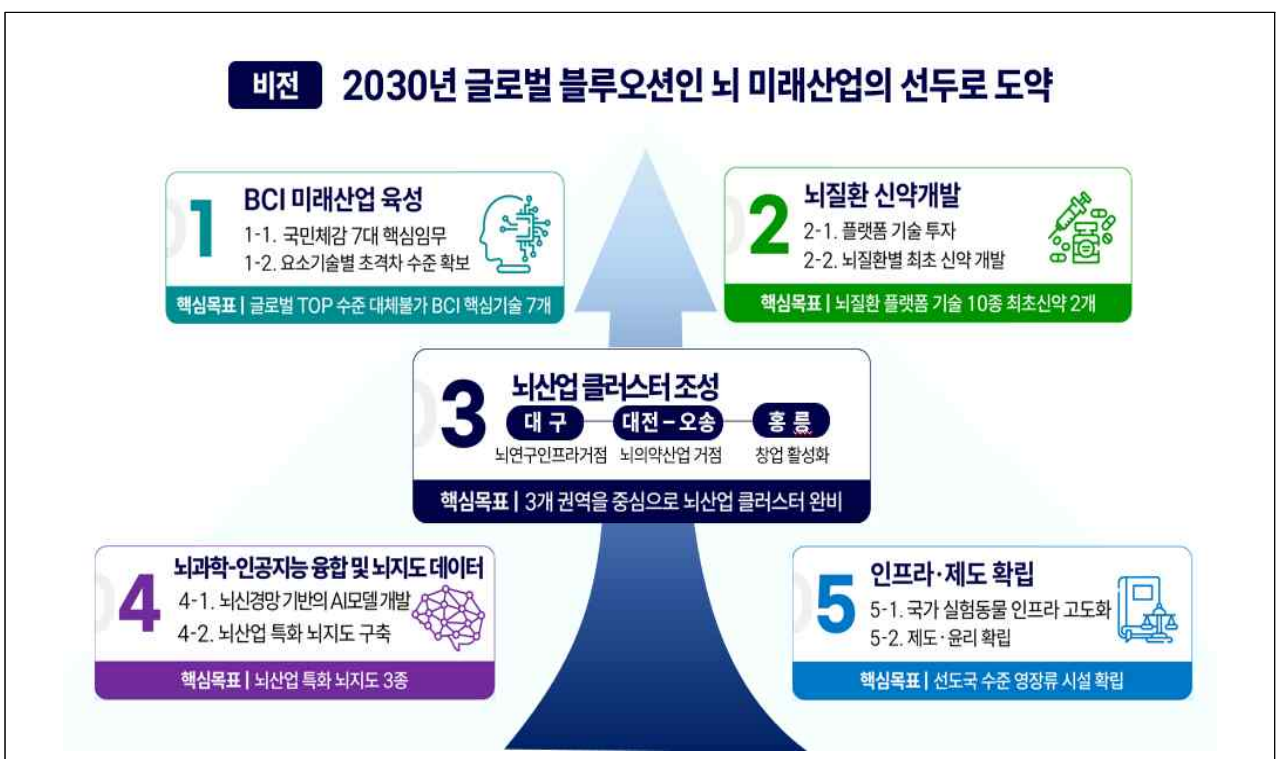
- 1천억개의 뉴런과 100조개 이상의 시냅스(뉴런 간 연결)로 구성된 초복잡계인 인간 뇌의 경우 수작업으로는 구조·기능 규명 불가능
  - 뇌산업 발전 가속화를 위한 뇌신경망 특화 파운데이션 모델 등 필수
- 한편 뇌 데이터의 원천인 뇌 지도는 뇌산업(BCI, 뇌 정밀의료 등) 및 뇌과학 발전의 열쇠\*이나, 美·中·EU의 거대 R&D프로젝트\*\*가 주도
  - \* 유사사례 : 게놈 프로젝트('90~'03) → 인간 유전자 지도를 밝혀내며 유전자 치료 시대 개막
  - \*\* 美 브레인 이니셔티브('14~, 연 3~4억달러), 中 차이나 브레인프로젝트('16~, 연 1.6억달러)
  - 수백명 연구자의 장기간 협력이 필요한 분야이나, 국내에서는 개별 연구실 단위 소규모로 추진 중이며 정부의 장기 프로젝트 부재
  - 단순 추적 대신, 선도국의 대형프로젝트와 차별화된 특화전략 필요

☞ (대응전략) 국내 뇌과학 연구생태계를 총 결집하는 추진체계를 구축하고, “뇌산업 응용 특화 뇌지도”(예: BCI, 뇌질환 등)에서 경쟁력 확보

5 (인프라·제도) 뇌연구를 위한 인프라·자원·제도 등 선도국 대비 미흡

- 지능연구에 영장류 시설은 핵심기반이나, 국내 영장류 시설의 사육두수, 종 다양성, 분양체계 등이 선도국(미국, 유럽, 일본 등) 대비 미흡
  - ※ 국내에는 뇌연구에 필요한 영장류 사육 두수 부족(유인원은 실험에 제한)
  - 진화 계통 : **마모셋** → **마카크** → **오랑우탄** → **고릴라** → **침팬지** → **인간**
  
- 뇌 과학·산업 발전의 속도 대비 규제·윤리 등의 변화속도 지체
  - 뇌에 칩셋을 심는 등 도전적 임상시험에 대한 제도 내 포용력 부족
  - 또한 인간 정체성(생각·감정·기억·성격 등)의 중추인 뇌에 대한 지식과 기술의 발전은 사회적 딜레마, 대중의 기술혐오 등 야기 가능성↑
    - ※ 윤리문제 사례 : 뇌과학이 사람의 생각을 해킹하는 기술로 오용될 가능성은?, 나의 뇌가 클라우드에 연결될 때 내 생각은 누구의 것인가?

☞ (대응전략) 세계 최고 수준의 뇌연구 인프라·제도, 연구윤리를 확립하여 뇌산업의 지속가능한 성장기반 마련



## ◇ [참고6] 우리의 현재 수준은?

- **(BCI) 국내 BCI 관련 과학기술 수준은 글로벌 3위로 평가**
  - ※ BCI의 핵심기술인 뇌신호 관측 및 조절 기술의 국내 수준은 미국 대비 80%로 3위(KISTEP, 2022 기술수준 평가보고서('23년))
- BCI 요소 기술별 **미국과의 기술격차는 2년 내외로 통합설계 노하우 확보 및 임상시험 절차 효율화 시 상용화 선도 가능**
  - ※ 뇌 이식 신경전극(2.4년), 뇌 특화 반도체(1.8년), 뇌신경신호 분석 기술(2.3년), 뇌 자극 기술(2.5년), 뇌 수술로봇(2.3년), 배터리(0.6년)
- 다만 **침습형 BCI 임상시험 건수는 '26년1월 기준 3건**에 불과하여 규제장벽을 돌파하는 도전적인 시도는 미·중 대비 현저히 낮음
  - ※ (미국) 누적 100여건('26년 1,000건 목표), (중국) 누적 40여건
- **(뇌질환 신약) 대표 플랫폼 기술인 BBB 셔틀(뇌 약물 전달), 오가노이드(미니 뇌), AI기반 조기진단 등을 중심으로 선도적 위치 선점 중**
  - **국내 신약파이프라인 보유량**(이 중 뇌질환 신약의 비중은 암에 이은 2위)은 **미국, 중국에 이어 세계 3위** 수준을 달성하며, **양적으로 빠르게 성장**
    - ※ 질환별 파이프라인 수: 암 578개 > **중추신경계 190개** > 대사 184개 ('23, 국가신약개발재단)
  - 다만, 여전히 국내 의약품 산업은 **복제약(제너릭, 바이오시밀러) 중심**이며 **글로벌 산업에서의 비중은 2.5% 수준**으로 영세
- **(기술사업화) 뇌연구 기술사업화 성과는 일반 바이오 분야의 42% 수준**
  - ※ 100억원 당 기술료 수입액 0.6/1.4억원('22~'24, 과기정통부)
- **(기초연구) 미국, 중국, 유럽 등 해외 선도국의 경우 뇌지도 등 뇌 기초연구에 대규모 R&D예산 투자 중, 미국의 경우 총 50억달러 투자**
  - ※ 국가별 뇌 기초연구 총 규모 : (미국) 총 50억 달러('14~'26), (중국) 총 7.5억 달러('22~'26), 유럽 총 10억 유로('13~'23), (일본) 3.5억 달러('14~'23)
- **(영장류) 한국생명공학연구원 2개 분원(정읍, 오창)에 설치된 국가 영장류 센터를 중심으로 약 1,500여 마리 사육 중**
  - ※ 미국의 경우 총 10만여 마리를 사육 중이며 중국도 유사한 수준으로 추정

### Ⅲ. 추진방향

**비전** 2030년 글로벌 블루오션인 **뇌 미래산업의 선두로 도약**

- 핵심 목표 (~'30)**
- ① 글로벌 Top 수준의 대체불가 BCI 핵심기술 7개 이상 확보
  - ② 뇌질환 플랫폼 기술 10종 및 계열 내 최초신약 2개 이상 확보
  - ③ 뇌산업 클러스터 체계 및 성장기반 완성
  - ④ 뇌 특화 파운데이션 모델 구축 및 뇌산업 특화 뇌지도 3종 이상 구축
  - ⑤ 세계 선도국 수준의 영장류 사육규모 및 실험시설 확립

**미래 산업 육성**

- ① 국내 민관 역량을 결집하여 **BCI 미래산업 육성**

- 1. BCI 미래산업 7대 핵심임무 추진
- 2. 요소기술별 초격차 수준 확보

- ② 혁신적인 뇌신경계 **신약 파이프라인** 창출

- 1. 플랫폼 기술 확보를 위한 전략적 연구개발 강화
- 2. 뇌 질환별 퍼스트-인-클래스(First-in-Class) 개발 도전

- ③ 기술사업화 전진기지, **뇌 산업 클러스터** 조성

- 1. (대구) 뇌연구 핵심인프라 집적 + 발달장애 특화
- 2. (대전-오송) 정서장애 등 차세대 뇌 의약산업 클러스터
- 3. (홍릉) 뇌과학 기반의 창업 활성화

**기반 조성**

- ④ **뇌과학-인공지능** 융합 촉진 및 **뇌 데이터** 확보

- 1. 뇌신경망 특화 AI모델 및 뇌과학 기반 인공지능 개발
- 2. 뇌 연구 데이터의 원천인 특화 뇌 지도 구축

- ⑤ 뇌산업의 안정적 성장을 위한 **인프라·제도** 구축

- 1. 국가 실험동물 인프라 고도화 및 대체시험기술 고도화
- 2. 뇌 미래산업에 적합한 제도·윤리 확립

## IV. 추진과제

### 1 국내 민관 역량을 결집하여 BCI 미래산업 육성

#### ① BCI 미래산업 육성을 위한 7대 핵심임무 추진


##### [ 개요 ]

- BCI 기술과 의료·산업현장·엔터테인먼트·방위산업 등이 융합하며 창출될 미래산업 선점을 위한 7대 국민체감 핵심임무 추진
  - 핵심임무를 중심으로 국내 연구기관에 산재된 요소기술을 통합 설계하는 프로젝트를 추진하여 BCI 신기술 상용화 선도

##### < 7대 핵심임무 >

- ① [신체제약 극복] 사지마비 환자가 생각만으로 컴퓨터·기계를 작동
- ② [뇌질환 치료 임플란트] 뇌 심부를 자극하여 치매·파킨슨·우울증 등 난치질환 치료
- ③ [감각 복원 임플란트] 감각(예: 시신경)이 손상된 환자의 뇌를 자극하여 감각 복원
- ④ [인공신체] 신체처럼 자연스럽게 움직이는 의수·의족, 인공망막·청각 등 개발
- ⑤ [웨어러블 로봇] 생각만으로 움직이는 외골격 근력보조 장치 및 이동기기
- ⑥ [초실감 엔터테인먼트] 감정·감각을 영상·게임에서 구현하는 차세대 VR·AR
- ⑦ [안보 및 방위산업] 뇌파 기반의 드론·로봇, 통신·감시·경계시스템 등

##### [ 7대 핵심임무별 기술개발 방향 ]

- (뇌 침습형) 임상규제 엄격\*  의료분야 임상시험 성과 창출을 위한 “규제-진흥” 협력체계 및 “산학연병 원팀”을 꾸려 속도감 있게 추진
  - \* 두개골을 뚫고 뇌에 칩셋을 이식하는 연구는 일부 의료 목적에만 제한적 허용
- ① (신체제약 극복) 뇌에 칩셋을 심어 중추신경계 손상 환자가 생각만으로 컴퓨터·기계를 작동(예 : 로봇팔 작동, 스피커음성 발화 등)하거나 운동기능 회복

- (핵심 기술장벽) 운동을 제어하는 뇌 영역에서 신경신호를 높은 정확도로 획득
- (기술사업화 전략) 생각만으로 온라인 장기 대국 퍼포먼스 등 국민체감 성과 빠르게 도출

##### < (사례) 스위스 로잔연방공과대, 하반신 마비환자의 걷기 등 운동능력 회복 >

- ▶ 뇌에 심은 칩셋에서 측정된 뇌신경신호를 손상된 척수에 심은 신경자극을 막대로 전달하여 다리움직임 회복 (Nature 2023)

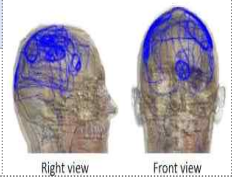


② (뇌질환 치료 임플란트) 뇌에 심은 칩셋을 통해 뇌 특정 부위를 자극하여 치매·파킨슨·우울증 등 난치성 뇌질환 치료

- (핵심 기술장벽) 뇌질환 영역 특정 및 해당 영역만 정밀자극하여 부작용 최소화
- (기술사업화 전략) 국내 비침습 중심 전자약 기업의 침습형 기술고도화 지원

< (사례) 미국 (주)뉴로페이스 뇌 임플란트 자극을 통한 뇌전증치료기기 개발 >

- ▶ 뇌전증을 일으키는 뇌 부위에 삽입되어 발작이 발생하면 이를 감지해 바로 중지시키는 전기자극 실행, 미 FDA 승인



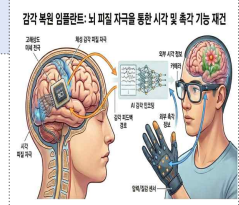
③ (감각 복원 임플란트) 감각기능(예 : 대뇌 시각피질, 말초 시신경)이 손상된 환자의 뇌피질·말초신경에 칩셋을 이식하여 감각능력 복원·증강

- (핵심 기술장벽) 외부환경(예: 영상, 압력·질감) 정보를 뇌신경신호로 변환하여 뇌로 전달
- (기술사업화 전략) 시각청각촉각 복원 등 국민체감 높은 연구성과 창출을 통해 민간투자 유치

< (사례) 뉴럴링크, '26년 시각장애인 시력 복원 임상시험 계획 >

- ▶ 시신경이 손상되어 전통적 치료가 불가능한 시각장애 환자의 대뇌 시각 피질에 직접 자극\*을 주어 시각 인지를 복원

\* 카메라로 촬영한 장면의 정보대로 뇌 시각 피질을 자극해 이미지 상상 유도



□ (뇌 非침습형) 두개골을 열지 않으므로 임상규제 덜 엄격, 침습형 대비 비교적 낮은 기술난이도 ➡ 웨어러블 기기 중심의 조기 상용화 추진

④ (인공 신체) 말초신경 신호(근육, 오감 등)를 기계와 연결하여 신체처럼 자연스럽게 움직이는 의수·의족 및 인공망막·인공청각 등 개발

- (핵심 기술장벽) 근육 신경뿐 아니라 운동·압력·질감·온도 등 말초신경 정밀 제어
- (기술사업화 전략) 특수 의료현장 및 국군병원 등 협업을 통해 기술 실증

< (사례) 중국 스타트업 브레인코, BCI 기반 의수로 피아노 연주 시연 >

- ▶ 뇌파와 팔근육 신경신호를 인식하여 직관적으로 동작하는 로봇 의수 개발, 피아노 연주 가능한 수준으로 손가락 움직임 구현



⑤ (웨어러블 로봇) 고위험 작업, 고중량 운송 등 산업현장에 폭넓게 응용 가능한 뇌·신경 신호 기반의 외골격 근력보조 장비 개발

- (핵심 기술장벽) 신체 표면의 미약한 신경신호를 정밀측정하는 고감도의 센서
- (기술사업화 전략) 자동차, 조선 등 국내 대표 제조현장과 협업하며 성과 창출

< (사례) 프랑스 스타트업, 2024 파리 올림픽에서 외골격 로봇 시연 >

- ▶ 하반신 마비를 겪고 있는 성화 봉송 주자들이 자신의 뇌파 신호로 작동하는 외골격 로봇 슈트를 착용하고 행사 참여



⑥ (초실감 엔터테인먼트) 생체신호와 기계를 연동하여 감정 및 오감(촉각, 후각, 미각 등)을 영상·게임\*에서 구현하는 차세대 HW(VR·AR 등) 및 SW 개발

\* 뉴로게이밍 : 컨트롤러 대신 뇌파 등을 이용해 가상의 캐릭터를 움직이고 조종

- (핵심 기술장벽) 감각, 감정 등 뇌신경신호와 디바이스 간 상호연결 기술
- (기술사업화 전략) 국내 대표 게임 기업과 융합연구를 통해 차세대 디바이스 개발

< (사례) 글로벌 게임사 밸브, '25년 초소형 뇌 칩 출시 목표 >

- ▶ (주)밸브는 BCI 기술을 미래 게임 시장의 핵심 기술로 전망하며, BCI 전문기업(OpenBCI)와 기술개발 협업 중



⑦ (안보 및 방위산업) 뇌파로 움직이는 드론·로봇, 뇌파 기반 통신\* 및 경계\*\* 시스템 등 개발을 위한 군·학·연 공동 프로젝트 추진

\* 한국뇌연구원-ADD(국방과학연구소) 연구협력을 통해 BCI 기반의 암묵적 의사소통 기술개발 중

\*\* 위기상황 발생 시 동작을 거치지 않고 인지 직후 시스템 작동

- (핵심 기술장벽) 복잡한 명령 관련 뇌신경신호 측정·분석, 원거리 통신 기술 등
- (기술사업화 전략) 국군에서 우선 실용화 추진 후 민간 산업 분야로 응용·확산

< (사례) '23년 호주 육군, 군인 뇌파로 움직이는 AI 로봇 개 테스트 >

- ▶ 호주 육군은 로봇 개가 보는 화면을 병사가 착용한 헤드셋으로 전달받아 생각만으로 명령을 전달하는 기술을 영상으로 공개



## [ 추진전략 및 단계별 마일스톤 ]

### □ 추진전략

- ① (전담PM) 혁신·도전적 R&D사업 수행을 위한 전담PM을 선임하여 ▲도전적 기술목표 설정·관리, ▲기술창업 및 산학협력, ▲임상시험 지원 등 수행
- ② (도전) 실패 가능성을 용인하는 가운데 도전적으로 기술목표 설정
- ③ (속도) “시장탐색-기술개발-임상시험”을 순차가 아닌 병렬로\* 진행
  - \* 기술개발과 임상시험을 순차적으로 추진 시 상용화 속도에 한계
  - 기술 발전단계(1~2년)마다 시장·국민 체감 성과(예 : 프로토타입)를 창출·시연\*하여, 민간투자 유치 등 기술사업화 성과로 파생·확산
  - \* 생각만으로 두는 장기 대국을 생중계 하는 등 기술성과 홍보회 정기 개최
  - 프로젝트 시작부터 규제당국(식약처 등)과 규제 요건, 임상 평가 기준·방법 등을 사전에 협의하여 신속한 성과창출 지원
- ④ (BCI 얼라이언스) 정부와 민간 기업, 출연연·대학·병원 등으로 협의체를 구성하여 시장수요 기반 기술개발 및 BCI 기술 확보 방안 논의
  - ※ BCI 얼라이언스를 중심으로 도메인 산업별 대기업의 BCI 산업 투자 촉진

### □ 단계별 마일스톤

- (1단계 : 1~3년차) 분야별 요소기술 고도화 및 시제품 창출
  - 국내 BCI 요소기술의 고도화·통합을 통해 시장·국민에게 시연 가능한 BCI 시제품(프로토타입) 개발 및 초기 임상시험\* 추진
  - \* 기술 고도화 단계별로 임상시험 성과를 달성하여 민간투자 유치 및 사업추진 동력 확보
- (2단계 : 4~7년차) 분야별 기술장벽 극복을 통한 독점적 원천기술 확보 및 글로벌 기업과 초기 상용화 도전 경쟁
  - ※ BCI 상용화를 목표로 하는 제품 개발, 다수 임상시험 성과 누적(예: 100건 이상)을 통한 의료기기 승인, 의료보험체계 편입 등 목표로 추진
- (3단계 : 8~10년차) 글로벌 BCI기업 5개 이상 육성 등 글로벌 시장 지배력 확보 및 민간투자 주도의 산업화 단계로 점진적 전환

## 2 요소기술별 초격차 수준 확보

◇ BCI 핵심 요소기술에서 타국에 몇 해 앞선 초격차 수준 확보 및 세계 최고수준 뇌공학 연구생태계 육성을 위한 중장기R&D 추진

□ (뇌 중추신경 제어(뉴럴링크)) 뇌와 기계·컴퓨터를 상호 연결하는 각 과정·단계별 5대 요소기술의 현존하는 기술적 한계 극복

① (전극) 뇌 신경계에 급성·만성 손상 반응을 일으키지 않으면서 대량의 뇌·신경신호 정밀 획득이 가능한 차세대 전극 개발

### < 기술개발 방향 >

▶ (침습 전극) 뇌 손상을 최소화하면서 “고정밀 + 실시간” 신경신호 측정

- 1) 칩셋(반도체) : 뇌 손상 요인인 발열 최소화(저전력), 다채널로 고밀도 신경신호 수집
- 2) 구조 : 유연하게 휘어지며 머리카락보다 훨씬(예: 수십~수백배) 가는 구조
- 3) 삽입 : 뇌조직, 뇌혈관, 두피, 귓속(외이도) 등 다양한 방향으로 삽입
- 4) 소재 : 면역반응, 세균감염 등 신체 조직에 영향을 최소화하는 신소재

### < (사례) 뇌 삽입 전극 수명을 기존 1개월에서 3개월로 연장 >

▶ KIST와 서울대 공동연구팀은 실리콘 대신 유연한 플라스틱을 활용해 전극 표면에 특수코팅을 입혀 전극 삽입 기간을 연장



▶ (비침습 전극) 피부 바깥에서도 웨어러블 기기(헤드셋, 스마트안경, 팔찌, 이어폰 등)를 통해 낮은 해상도의 신경신호를 증폭하여 측정

② (디코딩 : 뇌신경신호 해독) AI에 기반하여 대량의 뇌·신경신호를 기계·인간이 해석 가능한 수준으로 분석하고 해독하는 기술 개발

※ 예 : 대량의 뇌·신경신호를 해독하여 실시간으로 운동 의도를 예측

③ (인코딩 : 자극을 뇌로 전달) 기계 등의 전기신호, 외부환경 정보, 물리적 자극 등을 뇌·신경신호로 변환하여 뇌에 주입(인코딩)

④ (뇌신경신호 무선통신) 전극을 통해 수집된 대량의 뇌·신경신호를 기계·컴퓨터로 정보 손실없이 원격으로 전달하는 기술 고도화

- ⑤ (뇌 이식 수술로봇) 의사가 미세 전극을 뇌 특정 부위에 안전하게 삽입할 수 있도록 수술경로를 정확하게 안내하는 수술로봇 고도화  
 ※ 뇌 이식은 5mm차이로도 기억을 잃거나 언어운동시각 기능 손상 가능한 초고난이도 수술

< (사례) ㈜고영의 국산 뇌 수술로봇, 美 FDA 승인 및 수출 >

- ▶ 의사가 뇌심부로 전극, 생검 장치 등을 정확하게 삽입할 수 있도록 수술 경로를 안내해주는 로봇 시스템



- (말초신경 제어(센서링크)) 시각·청각·촉각·미세근육·미주신경\* 등 신체 말단에 위치한 감각 신경을 제어·조절하는 4대 원천기술 확보

\* 미주신경 : 뇌와 장기를 잇는 신경으로 무의식적인 심장박동, 위장관 운동, 호흡 등 조절

< (참고) 말초신경 제어 기술의 개념도 >



- ① (감각 모방센서) 외부환경(물체의 감촉, 힘·압력, 온도, 마찰 등)을 높은 민감도와 정확도로 측정하는 센서 기술 개발  
 ※ 감각계통 질환 환자나 의수·의족, 생체로봇 등에 활용 가능
- ② (말초 신경 자극) 말초 신경에 자극(전기, 광, 자기장, 초음파 등)을 전달하여 말초신경의 활성을 유도 및 조절하는 기술 개발  
 ※ 신경 손상 회복 및 재생 촉진(예: 감각, 운동기능, 통증 조절 등)에 응용
- ③ (말초신경 결합) 말초신경과 외부 전기·전자 시스템(예: 인공근육, 의족, 의수 등)을 물리적으로 연결하여 양방향으로 신호를 교환하는 기술 개발  
 ※ 말초의 감각복원, 운동제어, 통증치료, 신경재활(재생) 등에 응용
- ④ (미주신경 자극) 말초인 내부 장기와 뇌와 연결되는 미주신경자극 기술 개발을 통해 자율신경계 조절 기술 개발  
 ※ 심혈관계, 소화기, 호흡기, 비뇨생식기 기능조절(예: 소화장애, 변비 등) 치료에 응용

## 2

# 혁신적인 뇌신경계 신약 파이프라인 창출

### 1 플랫폼 기술 확보를 위한 전략적 연구개발 강화

◇ 하나의 기술로 다양한 신약 창출이 가능한 플랫폼 기술을 선점하여 뇌신경계 신약 개발의 높은 실패율\* 극복 및 기술 경쟁우위 확보

\* 뇌신경계 약물의 실패율은 비 뇌신경계 약물 대비 2배 이상

※ 기초·원천 연구 성과와 임상연구 사업을 연계하여 임상적 유효성 검증

	개별 신약 파이프라인	플랫폼 기술
활용성	특정 약물 후보나 질환에 제한	다양한 질환군 확장 가능
개발리스크	비교적 높음(특정 질환에 집중)	비교적 낮음(실패시 다른 질환으로 전환)
기술사업화	일회성 기술이전(단일 계약)	반복적 기술이전 가능(복수 계약)

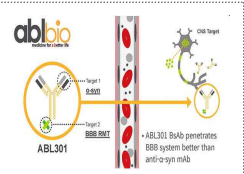
□ (BBB(혈액뇌장벽) 셔틀) 혈액뇌장벽의 구조와 개폐 원리를 규명하고, BBB를 투과하여 약물을 전달하는 BBB셔틀 기술개발

▶ (개념) Blood-Brain Barrier, 뇌를 외부 독성물질로부터 보호하는 체내 장벽. 이로인 약물의 뇌 전달도 방해하므로 뇌질환 치료제 개발의 가장 큰 장애물

▶ (기술개발 방향) 세포 흡수 수용체 발견, 나노기술 기반 약물전달시스템 개발 등

< (사례) 국내 BBB 셔틀 기술 복수의 글로벌 파트너와 계약 체결

▶ (주)에이비엘바이오는 이중항체 신약 운반 기술인 그래프디(BBB 셔틀 플랫폼)를 GSK 및 일라이릴리와 각각 4조원대 기술수출 계약 체결



□ (뇌신경계 역노화) 체세포를 줄기세포로 역분화시키는 기술(세포 리프로그래밍\*) 등을 활용하여 뇌신경계 재건 원천기술 개발

\* 줄기세포를 체세포로 분화시키는 유전자를 조작하여 체세포를 줄기세포로 되돌리는 기술

< (사례) 하버드대 데이비드 싱클레어 교수, 시신경 재생 성공

▶ 세포로부터 유도만능줄기세포를 만들어내는 유전자(OSKM)를 발현시켜 생쥐의 손상된 시신경을 회복



- **(뇌 오가노이드)** 줄기세포, 3D 바이오프린팅 등을 활용한 미니 뇌를 통해 동물실험 대체(효능·독성 평가), 인체 뇌·신경 원리 규명 등에 활용

**< 뇌 오가노이드 기술활용 방향 >**

- ▶ **(대체시험법)** 질병 상황이 재현된 오가노이드를 제작하여 동물실험 대체
- ▶ **(재생의료)** 인공적으로 제작한 신경세포를 이식하여 손상된 신경계 재건
- ▶ **(바이오컴퓨팅 : 혁신·도전)** 실험실에서 배양한 미니 뇌와 반도체칩을 연결하여 학습·계산 등이 가능한 생물기반 컴퓨터 실용화

- **(AI기반 진단·예측)** 치매·자폐 등 뇌질환이 진단되기 전에 발병 여부를 조기에 확인 가능한 AI 기반 뇌 영상진단 및 의사결정 지원기술(CDSS) 개발  
 ※ 치매(20여년에 걸쳐 발병), 자폐 등의 경우 조기진단에 따라 치료효과 극적으로 향상

**< AI 기반 진단·예측 기술 활용 방향 >**

- ▶ **(임상데이터 연계)** 뇌질환 환자의 임상 데이터\*를 활용한 AI 진단모델 개발  
 \* 치매극복연구개발사업('20~'28년), 치매전주기데이터수집및빅데이터통합시스템구축사업('25~'28년), 뇌신경계질환임상현장문제해결기술개발사업('23~'27년)
- ▶ **(의사결정 지원)** 뇌질환 진단, 중증도·예후 예측 등 의료적 의사결정을 지원하는 임상 의사결정 지원 시스템(CDSS) 개발

**< (사례) 뇌영상데이터 기반 AI 활용 치매조기예측 개발**

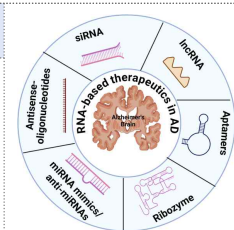
- ▶ 국내기업 뉴로핏은 PET·MRI영상의 AI기술을 융합하여 "AQUA AD"라는 치매치료 처방부터 모니터링 및 부작용 관리까지 전주기 솔루션 발표



- **(RNA 유전자 치료)** 유전자·단백질 변형 등으로 발생하는 뇌질환(치매·파킨슨, 희귀 유전질환 등)을 유전자(RNA)를 조절하여 치료하는 기술개발

**< (사례) 루게릭병 RNA 치료 기술 개발**

- ▶ 루게릭병(근위축성 측삭경화증) 신경질환을 일으키는 유전자를 제어하여 질환을 치료하는 기술개발  
 \* 대뇌와 척수의 운동신경원이 사멸되어 몸이 마비되는 질환



## 2 뇌 질환별 퍼스트-인-클래스(First-in-Class) 개발 도전

- ◇ 독점적 지위의 퍼스트-인-클래스 후보물질 개발을 위한 병리 기전 규명, 신규타겟·바이오마커 발견 등 정부R&D 지원 지속 확대
- ◇ 신규 기전 후보물질의 비임상·임상 지원 연계, 기술이전 지원 등 강화 및 디지털 치료기기 등 비약물 치료기술(신경재활 등) 지원 확대

	Best-in-Class(동종 최고)	First-in-Class(동종 최초)
개발리스크	낮음(기존 타겟)	높음(신규 타겟)
기술이전 가능성	글로벌 제약사 관심 제한	혁신성으로 인한 높은 가치
상업적 의의	기존 시장 타겟	새로운 시장 창출

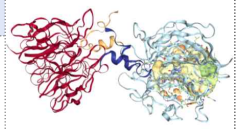
### [ 세계 최초 신약물질 개발 ]

- (치매 등 퇴행성뇌질환) 치매를 유발하는 아밀로이드-베타 및 타우 단백질 응집의 근본원인을 밝혀내고 이를 해소하는 新물질 개발

※ '24년 글로벌 치매신약 파이프라인 총 138개 중 국내 개발물질의 비중은 12개(8.3%)이며 매년 증가 추세('19년 2.6%, '22년 4.2%) → 국내 치매신약 개발의 가능성 충분

#### < (주)큐어버스 치매치료 신약 후보 물질 기술수출('24.10) >

- ▶ 이탈리아 안젤리니파마에 최대 약 5,037억 원 규모 기술이전, 뇌 염증·산화스트레스 경로를 겨냥해 항체치료제 보완/병용



- 단백질 응집 저해를 통해 치매를 지연\*하는 기전뿐 아니라 항염증, 미토콘드리아, 신경보호 등 보다 근원적인 기전에 대한 연구역량 강화
  - \* '22년부터 시판 중인 레캄비는 치매를 최대 23% 지연하는 효과가 있으나 근원적인 치료제는 아님
- (우울증 등 정서장애) 사회적 스트레스가 신경조직을 변성시켜 정서장애(우울, 불안, 중독 등)를 유발하는 신경과학적 원리 규명
  - ※ 치료 저항성 우울증과 같이 기존 약물에 반응하지 않는 난치성 환자 비중이 30% 이상이며, 이들은 비(非)난치성 환자 대비 자살 위험이 약 2배 높음
- 기존 세로토닌·도파민 등 신경전달 물질 중심의 조절기전을 넘어, 뇌의 구조적·기능적 연결성을 회복시키는 뇌신경 가소성\* 연구 확대
  - \* 사회적 스트레스가 뇌 신경세포의 구조 및 연결망을 변화시켜 만성적인 우울·불안 등 야기

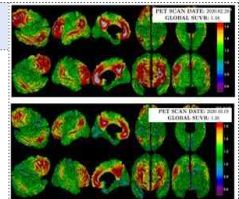
- **(자폐 등 발달장애)** 유아기 뇌 신경계 발달과정, 유전자, 양육환경 등 근본원인 규명을 통해 **근본적 치료 및 증상완화 기술 개발**
  - ※ 자폐의 경우 만 2~7세 조기치료 시 정상 사회기능 회복이 가능한 것으로 알려짐
  - 다만 현재 승인된 약물은 단 2종이며 치료제가 아닌 '동반 증상' 완화 수준
- **행동 조절 치료를 넘어, 발달장애의 병태생리에 직접 관여하여 생물학적 기전을 타겟하는 약물치료제 개발 지원 강화**

**[ 비약물적 치료기술 개발 ]**

- **(비약물적 치료·예측·재활)** 정밀 뇌영상 기반 조기진단, 뇌혈관장벽 극복 약물전달, 디지털 기반 신경재활 기술 등 비약물 치료기술 개발
- **뇌혈관장벽(BBB) 극복을 위한 약물 전달 기술 개발 및 뇌질환 치료 접근 기술 고도화**

**(사례) < 고집적 초음파 기반 뇌혈관장벽 개방 알츠하이머 치료 가능성 확인 >**

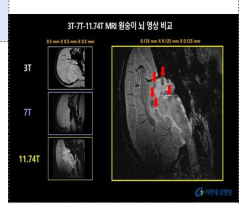
▶ 연대 연구진은 고집적 초음파(FUS)를 활용해 뇌혈관장벽을 일시적으로 개방하는 치료법을 임상연구에 적용하여 알츠하이머 환자의 아밀로이드 베타 감소 및 행동·심리증상 개선 가능성 확인



- **정밀 뇌영상 기술을 활용한 신경퇴행성 질환 조기진단 및 질환 진행 과정에서 나타나는 뇌 구조 및 기능 변화에 대한 병리기전 연구 강화**

**(사례) < 초고자장 MRI 기반 신경퇴행성 뇌질환 연구 영상 확보 >**

▶ 가천대 길병원 연구진은 초고자장(11.74T) MRI를 활용해 살아있는 영장류 뇌 구조를 극초고해상도로 관찰할 수 있는 영상 획득 성공, 알츠하이머·파킨슨병 등 신경퇴행성 뇌질환 연구를 위한 정밀 뇌영상 분석 기반 확보



- **뇌손상 후 시각·인지 등 기능 회복을 지원하는 디지털 기반 신경 재활 치료기술 개발**

※ 전 세계적으로 매년 약 1,200만명이 뇌졸중을 경험하며, 생존자의 약 50% 이상이 운동·인지·감각 등 장기적인 신경학적 장애를 경험 → 재활치료 수요 지속 증가

**(사례) < 비비드브레인, 세계최초 뇌졸중 시야장애 치료 상용화(24.) >**

▶ 시야장애 환자 맞춤형 최적화 시지각학습 원천기술로 한국, 미국, 유럽 등에 특허 22건 출원, 14건 등록 및 식약처 품목허가 획득



### 3

## 기술사업화 전진기지, 뇌 산업 클러스터 조성

- ◇ 대구(한국뇌연구원), 대전-오송(IBS, KAIST), 홍릉(KIST) 등을 거점 지역으로 뇌산업 육성을 위한 거버넌스·인프라 집적

### 1 [대구 클러스터] 뇌연구 핵심인프라 집적 + 발달장애 연구 특화

- (육성전략) 한국뇌연구원을 중심축으로 뇌지도 구축, 뇌자원, 국제협력·정책 등 국가 뇌연구의 전략적 거점 역할 수행
  - ※ 대구시 지역공약인 뇌산업 클러스터 조성과 중장기적으로 연계 추진

- (주요 인프라) 한국뇌연구원, DGIST, 대구 첨단의료산업진흥재단(이하 침복재단) 등



- (한국뇌연구원) 뇌연구 정부출연연으로 기초연구부터 실용화까지 전주기 연구 수행
- (DGIST) 우수한 연구 역량의 뇌 전문학과가 존재하며, 뇌연구 전문인재 꾸준히 배출
- (대구 침복재단) 신약개발, 전임상, 생산 등 전주기 기업지원 인프라 보유
- (병원\*) 5개 상급병원 등 비수도권 최대 의료인프라를 갖춰 뇌 임상연구 역량 우수

\* 경북대병원 계명대병원 대구기톨릭대병원 영남대병원 칠곡경북대병원

- (핵심 추진과제)

- ① (뇌지도) 뇌지도 핵심 연구인프라(대형 뇌 영상장비, 전자현미경 등)를 집적하고, “넥스트 브레인 프로젝트”(뇌지도 구축)의 거점기관으로 지정
- ② (뇌조직 자원) 한국뇌연구원 중심의 뇌은행 네트워크(현재 8개 병원 → ‘30년 12개)를 확대하고, 뇌 조직 구득·기증 및 연구자 분양 활성화
  - ※ (‘30년 목표) 사후 뇌 조직 기증 500명 달성 (현재 누적 374명)
- ③ (국제협력) 한국뇌연구원을 거점으로 미국, 영국, 일본, 네덜란드 등 뇌연구 선도국과의 국제협력 강화를 위한 기관전략사업\* 확대

\* 자폐 스펙트럼 등 발달장애에 특화하여 추진

## 2 [대전-오송 클러스터] 정서장애 등 차세대 뇌 의약산업 거점으로 육성

- **(육성전략)** 대전의 연구생태계와 오송의 바이오산업 클러스터를 연결하는 뇌의약산업 개방형 혁신(Open Innovation) 밸류체인\* 구축

\* (예시) IBS(우울증 발병 원인규명 및 타겟발굴) → KAIST(AI로 치료제 디자인 최적화) → 생명연 영장류센터(영장류 전임상 진행) → 오송 바이오산업클러스터(임상 1~2상)

※ 충북도 지역공약인 K-바이오스퀘어 조성과 중장기적으로 연계 추진

- **(주요 인프라)** 기초과학연구원(IBS), KAIST, 한국생명공학연구원, 식약처, 오송 첨단의료산업진흥재단(이하 충북재단) 등



- **(IBS)** 뇌인지 기초연구, 뇌정신질환 발병연구 등의 국가 거점
- **(KAIST)** 바이오뇌공학과, 뇌인지과학과를 통해 우수 뇌연구 성과 및 전문인재 양성
- **(생명연)** 국내 최대 영장류\* 센터 보유 및 영장류 질환모델 개발 연구 수행  
\* 사람과 유사성이 높은 핵심 실험동물
- **(국립보건연)** 뇌질환 코호트 기반 연구 인프라 자원 보유
- **(오송 충북재단)** 신약개발, 전임상, 생산, 규제 등 전주기 인프라 보유

- **(핵심 추진과제)**

- ① **(연구협력)** KAIST, 생명연, IBS, 오송 클러스터 간 뇌질환(우울·불안 등 정서장애 특화) 신약 개발 이어달리기 협력을 위한 공동연구센터 구축
- ② **(실험동물)** 생명연(오창)을 중심으로 뇌의약산업의 핵심 인프라\*인 영장류 실험시설(실험시설, 사육기반 등) 고도화  
\* 영장류 실험을 통해 인간대상 임상 시험 전 유의미한 전임상 데이터 도출 가능  
- 이를 기반으로 영장류 모델 기반의 전임상 서비스 업체(CRO) 육성
- ③ **(규제과학)** 오송충북재단의 임상시험 제도 컨설팅 등 지원 사업 확대 및 관계부처와 신의료기술 임상시험 제도개선 협력체계(MOU, 공동사업 등) 구축

### 3 [홍릉 클러스터] BCI 등 첨단과학 스타트업 육성 기능 강화

□ (주요 인프라) KIST(뇌과학연구소), 서울바이오허브, 강소연구개발특구 등



- (KIST) 난치성 뇌질환, BCI, 시각·청각 부문 신경공학 기술, AI·데이터 융합연구 등에 강점
- (대학) 서울대, 한양대, 고려대, 경희대, 가천대 등 우수 뇌연구기관과 높은 접근성
- (서울바이오허브) 바이오 스타트업 육성기관
- (강소연구개발특구) 정부R&D, 신기술 실증 규제특례 등

□ (육성전략) KIST, 뇌연구 중점 대학 등의 글로벌 수준 연구역량과 판교, 송도 등의 스타트업 육성 역량을 연결

□ (핵심 추진과제)

① (뇌과학 창업·육성 지원) 그간 성과\*를 창출해온 뇌질환 신약 스타트업 창업 지원체계를 확장하고, BCI 스타트업 육성 체계 새롭게 확립

\* KIST 뇌과학연구소 창업지원을 통해 (주)큐어버스(치매 신약 5,000억원대 기술수출), (주)뉴로타지, (주)바이옴에이츠 등 우수 뇌질환 신약 스타트업 창업

※ 뇌 단백질병증에서 유발되는 치매·파킨슨 등 퇴행성 뇌질환에 특화

② (국내 제약산업 협력) KIST 뇌연구 인프라에 기반한 국내·외 대표 제약사와의 뇌질환 신약발굴-임상 협력체계\* 강화

\* 동아ST와 치매치료제 임상 공동개발, 글로벌 제약사와 치매/뇌전증 치료제 임상 공동개발

③ (특구 연계) 홍릉강소연구개발 특구의 세제\*·규제 특례 지원 및 서울바이오허브의 바이오 스타트업 보육체계 연계

\* 연구개발특구 입주기업에 대하여 소득·법인세를 3년간 100% + 2년간 50% 감면

☞ (중장기 추진과제) 「뇌연구 촉진법」 개정을 통한 권역별 뇌산업 클러스터 지정 근거 마련도 함께 추진

## 4

# 뇌과학-인공지능 융합 촉진 및 뇌 데이터 확보

## 1 뇌신경망 특화 시모델 및 뇌과학 기반 인공지능 개발

### [ 뇌신경망 특화 시모델 개발 ]

- **(뇌 특화 파운데이션)** 인지(언어·기억 등)·감각·운동, 3대 뇌 기능에 관한 뇌파·뇌이미지 데이터를 학습한 멀티모달 파운데이션모델 개발

※ 뇌파, 뇌이미지 등 뇌 고유의 데이터를 학습한 뇌 특화 파운데이션 모델 필요

#### < 고품질(AI-Ready) 뇌 데이터 수집 전략 >

- ▶ **[뇌파] 브레인 링크 이니셔티브** 등 R&D사업을 통해 **단계별\*** 인체 뇌파 데이터 구축

\* [1단계 : EEG(비침습 뇌파)] 헬멧·헤드셋 등 기기 활용('26~) → [2단계 : EcoG(피질뇌파)] 뇌 임플란트 필요('28~) → [3단계 : 스파이크 신호] 다채널(2,048ch 이상)의 뇌 임플란트 필요 ('30~)

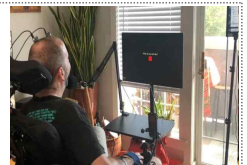
- ▶ **[뇌 이미지] 뇌지도(동물) 구축 및 임상병원 연구협력을 통해 다양한 단위\*의 데이터 확보**

\* [미시단위(Micro)] 뉴런·시냅스 연결 구조(전자현미경) → [중간단위(Meso)] 뉴런묶음(1만개 단위)의 집단적 기능(뇌 형광화, 뇌 투명화) → [거시단위(Macro)] 뇌 영역별 기능(fMRI, PET 등)

- 뇌파 해독(디코딩)을 통한 음성·텍스트·감각·행동 구현 **AI에이전트** 및 정상인-환자 뇌 이미지 비교를 통한 **조기예측 AI에이전트** 등 개발

#### < (사례) 미국 UC 버클리, 뇌신경신호를 디코딩하여 실제 음성 구현 >

- ▶ 근육마비(언어장애) 환자의 뇌 언어활동 신경신호를 해석하여 실시간으로 음성(높낮이도 표현)으로 변환하는 AI 알고리즘 개발

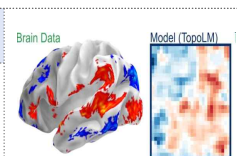


- **(가상 뇌(디지털 트윈))** 파운데이션 모델에 기반하여 뇌 디지털 트윈을 단계적으로 구축(뇌 영역별 시뮬레이션 → 궁극적으로는 전체 뇌 시뮬레이션)

- 뇌와 기계·컴퓨터 정밀 연결, 기억·의식의 클라우드 업로드(미래지향), 신약개발 동물실험 대체 및 개인별 약물 반응 예측 등에 활용

#### < (사례) 유럽 EBRAINS, 가상 뇌를 통해 뇌전증 시뮬레이션 >

- ▶ 발작이 일어나는 정확한 지점(뇌전증 유발 구역)을 가상 뇌에서 미리 시뮬레이션 하여 수술 성공률 제고 및 뇌손상 최소화



## [ 뇌과학 기반의 차세대 인공지능·컴퓨팅 연구 확대 ]

- ◇ 뇌 지도 구축 과정·결과에서 확보한 뇌연구 데이터를 활용하여 뇌를 역설계한 차세대 AI모델 개발

	자연지능	인공지능
정보처리	개념·맥락 기반(Top-down) + 데이터 (Bottom-up)	데이터(Bottom-up) 중심
	중요 정보만 통과, 이외 차단	입력 전체 상호참조 계산
에너지 효율	매우 높음 (약 20W 수준)	낮음 (고전력 GPU/서버)
상황 적응	매우 높음(환경 변화에 효율적으로 적응)	제한적(상황 변화에 따른 재학습 필요)

- **(뇌 모사·역설계 AI)** 동물·인간 뇌신경망의 정보 처리 메커니즘을 응용·역설계하는 차세대 인공지능·컴퓨팅 기술개발 본격 지원

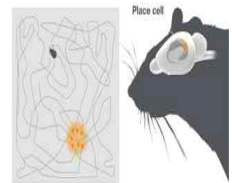
※ 계산신경생물학 연구 지원 확대를 통해 미래 AI의 방향성 제시

- 인간의 인지, 기억, 문제해결, 학습 원리 등을 모사한 자연지능 원리 기반의 AI 알고리즘 개발을 위한 **뇌과학-인공지능 융합연구\*** 지원 확대

\* (뇌과학 그룹) 뇌회로 기반 개념 모델 제시, (AI 그룹) 알고리즘·아키텍처 설계

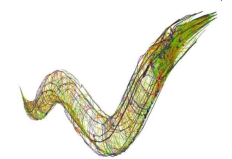
### < (사례) 쥐의 시각 뇌회로를 디지털로 옮긴 AI 모델 개발 >

- ▶ 미국 정보고등연구기획국(IARPA)은 쥐의 시각 부위 뇌지도( 1mm<sup>3</sup>)에 기반한 AI모델 개발 → 길찾기 등 학습능력 대폭 향상(2025. 네이처)



### < (사례) 국제연구팀, 예쁜꼬마선충의 행동을 시뮬레이션화 >

- ▶ 예쁜꼬마선충의 302개 뉴런(신경세포) 사이의 연결 네트워크를 규명한 통합지도 완성 → 가상 환경에서 행동 시뮬레이션 구현



- **(바이오 컴퓨터)** 실험실에서 배양한 미니 뇌(오가노이드)와 반도체칩을 연결하는 생물기반 컴퓨터에 대한 혁신·도전형 연구개발 지원 추진

### < (사례) 살아있는 접시 뇌로 AI 보다 빠른 학습속도 구현 >

- ▶ 살아있는 뇌 신경세포(80만~100만개)를 소재로 활용하는 컴퓨터로, '23년 AI보다 18배 빠른 속도로 게임(PONG) 학습 성공



## 2 뇌 연구 데이터의 원천인 특화 뇌 지도 구축

- ◇ 해외 선도국과 차별화된 특화 분야 뇌지도 구축을 통해 뇌연구 및 뇌산업 발전의 기반이 되는 경쟁력 있는 뇌연구 데이터 확보
  - ※ "천억 개 뉴런"과 "100조개 이상 시냅스"로 구성된 초(超) 복잡계인 뇌는 방대한 데이터 원천

### [ 특화 분야별 뇌지도 구축 ]

- (개요) AI를 활용하여 '35년까지 특화 분야별 뇌 지도 3종 이상 구축을 목표로 하는 "넥스트 브레인 프로젝트" 추진
  - ※ 미국의 브레인이니셔티브, 일본의 브레인마인즈에 대응되는 대표프로젝트로 추진

- ※ (현황) 초파리 등 하등동물에 대한 뇌 "구조 지도" 구축 성과 등장 중, 다만 뇌의 물리적 구조에 대한 정보만으로는 뇌에 대한 이해·활용에 한계

< (참고) 뇌 "구조 지도" 구축 성과 >



- (추진 전략) BCI산업, 뇌 의약산업 등에 응용 가능성이 높은 영역 및 질환군에 선택과 집중하여 특화 뇌지도 3종 구축
  - ※ 일본의 경우 고도의 인지 기능과 관련된 전전두엽 피질에 초점(25~)
  - ※ 국내 뇌연구 생태계를 결집하는 "10년 이상 중장기 프로젝트"로 추진
- 뇌산업(BCI, 뇌 의약산업) 응용 가능성 높은 영역에 집중, 미시단위(마이크로)의 구조정보와 중간단위(메조) 기능정보 통합 구축

	뇌 구조 지도	뇌 구조 및 기능 지도
추진 전략	단일 스케일 + 단일 기술* → 뇌 전체에 대한 구조도 규명 * 전자현미경 중심	멀티스케일 + 복합 기술* → 특정 뇌 기능에 선택과 집중 * 전자현미경, 뇌형광화, 뇌투명화, fMRI 등
예시	뇌 신경세포의 단순 연결망	뇌 시각 특화 연결망 + 기능 정보

	매크로(cm-mm)	메조(mm-μm)	마이크로(μm-nm)
이미지			
연구 내용	뇌활성 영상·이미지	국소 뇌 신경 회로, 피질 기둥 등 뉴런묶음	개별 뉴런, 시냅스 연결
측정 기술	뇌 영상 촬영	뇌 투명화, 뇌 형광화	전자현미경 등

- **(추진방법)** 선택과 집중에 기반한 특화 뇌지도 3종 구축을 위해 연구·산업계 전문가 중심의 **넥스트 브레인 프로젝트 추진단\*** 구성·운영
  - \* 구성(안) : 과기부 담당 국장, 뇌연구 관련 학회, 산업계 전문가 등
- **(분야선정)** 추진단을 중심으로 연구·산업계 숙의를 거쳐 **매년 1개 특화 분야씩 총 3개 분야 순차적으로 선정\***
  - \* (기준) ▲뇌산업 응용 가능성, ▲해외 프로젝트와 차별성, ▲국내 연구생태계 강점 등
- **(국제협력)** 한국뇌연구원, IBS(이미징연구단), KIST(뇌과학연구소) 등을 중심으로 **브레인이니셔티브(NIH), 앨런 뇌과학연구소** 등 협력 강화
- **(데이터 플랫폼)** 뇌연구 전용 데이터·컴퓨팅 인프라 및 뇌 조직 공유·활용체계를 보유한 **한국뇌연구원을 거점으로 뇌지도 데이터 집적**
  - 뇌파(EEG, EcoG 등), 뇌이미지 등 뇌 특화 데이터 표준화 추진
  - ※ KOBIC 등 국가 바이오 데이터 플랫폼과 연동하여 구축



국가 연구데이터 관리 플랫폼과 연동

■ **(병원) 한국뇌은행** 중심으로 총 14개 병원\*과 뇌자원 정보 협력

\* 서울대병원, 삼성서울병원, 칠곡경북대병원, 세브란스병원, 서울아산병원 등

■ **(컴퓨팅 인프라) '31년까지 GPU 100장 이상** 구축(H200 30개, A100 70개)



■ **(연계) KOBIC과 데이터 공유·연동**

## [ 뇌 임상 및 코호트 데이터 구축 ]

- 치매 등 주요 뇌질환별 환자 임상 데이터, 코호트 데이터 등을 체계적으로 수집하기 위한 **데이터 협의체 및 데이터 표준 확립**

### < (사례) 치매극복연구개발사업 표준 데이터 셋 확립 >

- ▶ 치매 전문가(정신과, 신경과 전문의 포함) 협의체를 구성하여 데이터셋 확립
- ▶ 인구학적 정보, 신경심리검사 등 100여 개의 항목으로 구성된 MCD (Minimum Common Dataset) 기반으로 치매연구 데이터의 표준화 달성



## 5

# 뇌산업의 안정적 성장을 위한 인프라·제도 확립

### 1 국가 실험동물 인프라 및 대체시험기술 고도화

- ◇ 뇌는 인간과 타 생명체를 구별하는 가장 큰 요소로, 뇌구조(예: 대뇌피질, 시각 등) 및 행동·인지 방식이 인간과 유사한 영장류는 핵심 실험모델
  - ※ 뇌질환 치료제의 높은 실패율은 설치류 전임상 데이터와 임상시험 간 차이에서 기인
  - 영장류 인프라를 선도국에 준하는 수준으로 확충하여 설치류 기반의 국내 뇌연구 생태계(뇌질환, BCI, 고등인지 등)를 영장류 중심으로 전환

◇ (현황) 정읍, 오창 2곳의 국가 영장류센터를 중심으로 약 1,500두 사육 중

- ◇ (한계) ①공급망 불안정(최대수출국인 중국의 수출금지)
  - ②국가영장류센터에서 타 기관으로 분양 부족
  - ③사육종 다양성 부족, ④동물권과의 가치 충돌, ⑤영장류센터 접근성 ↓



### [ 영장류 등 실험동물 시설 확대·고도화 ]

- (Hub : 수입·사육·분양 거점) 정읍 국가영장류자원지원센터(생명연)를 중심으로 수입역량 강화, 분양체계 확립, 사육환경 선진화 등 추진
  - ※ 중국의 영장류 수출금지 조치 이후 개별 대학·연구소별 수입에 한계
  - ① (수입역량 강화) 국제협력과 연계하여 중국 외 수출협력국\* 다변화, 미국·유럽·일본 등 주요수입국과 개체교류 및 재수출 협력 확대
    - \* 베트남, 미국·유럽, 일본, 모리셔스, 캄보디아, 필리핀, 중·남미 등
  - ② (분양체계 확립) 생명연을 거점으로 국내 뇌연구 거점기관·시설에 대한 정기적인 분양체계 확립
  - ③ (사육종 다양화) 마카크 외 마모셋, 개코원숭이 등 종 다양성 확대
  - ④ (검역·사육 선진화) 인수공통 감염 예방을 위한 검역 및 개체관리 시스템 고도화, 사육 케이지 등 사육환경 개선 등 추진

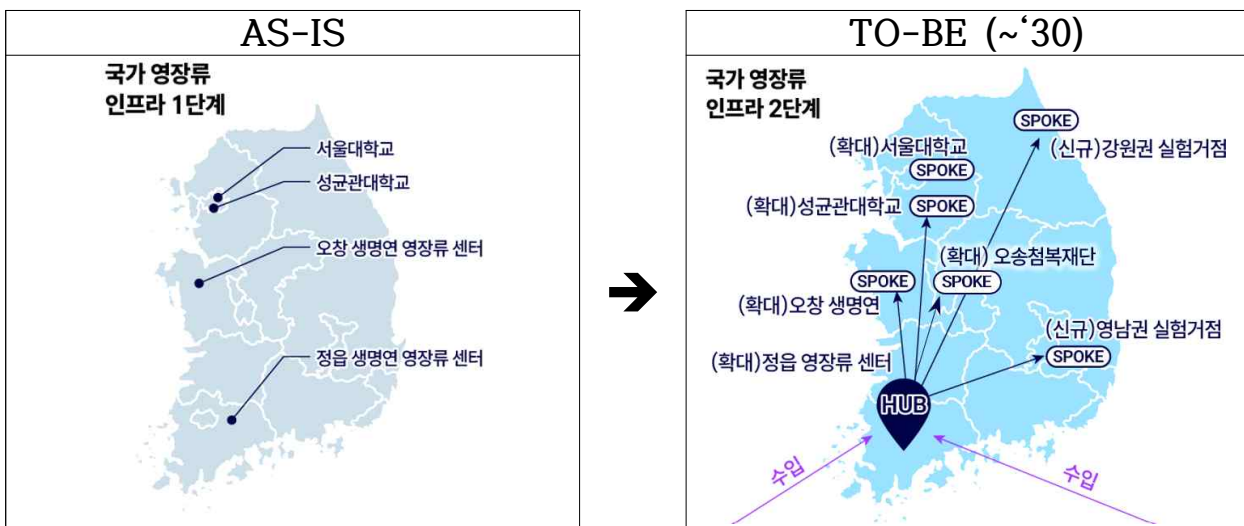
□ (Spoke : 실험거점 확대) 권역별 영장류센터 설치를 지원하고 중장기적으로 전국 5,000두\* 이상 수준으로 총 사육 규모 확대

\* 목표 수치는 영장류 수급 상황, 대체시험기술 발전 속도 등에 따라 달라질 수 있음  
 ※ (필요성) 실험거점 1곳만으로는 전국 기업·대학·연구소의 접근성에 한계

○ 권역별 실험거점(Spoke) 중심으로 사육시설·연구장비(예 : MRI) 구축 및 BCI·뇌질환\*·행동분석 등 분야별 영장류 실험모델 개발

\* 오송첨복재단(현재 250두 규모)을 마모셋 특화 거점으로 뇌질환 모델 개발 및 유효성 평가 지원 강화

< 국가 영장류 인프라 고도화 방향(안) ※ 변경 가능 >



< (참고) 해외 주요국 영장류 자원 동향 >

- ▶ (미국) 1960년대 설립된 7개의 국립영장류센터(NPRCs)를 중심으로 10여만 마리를 보유 중이며, 자체번식 및 수입 등을 통해 연구계 수요에 대응
- ▶ (중국) 베이징대, 칭화대, 지방 거점대학 등 각 대학·연구기관별로 수백~1,000마리 규모 사육 중인 것으로 보아 미국과 유사한 수준일 것이라는 연구계 추정

**[ 동물대체시험 기술 고도화 ]**

□ 동물실험 윤리, 유전적 차이로 인한 동물실험 한계 등을 장기적으로 극복하기 위한 뇌질환별 대체시험기술 R&D지원 확대

※ (In-silico) 컴퓨터 시뮬레이션 실험 / (In-vivo) 생체 실험 / (In-Vitro) 시험관 실험

- ▶ (오가노이드) 유도만능줄기세포로 제작한 미니 뇌로 동물 실험 대체
- ▶ (디지털 트윈) 뇌 파운데이션 모델로 구축한 가상 뇌로 수천번 약물 실험 시뮬레이션

## ② 뇌 미래산업에 적합한 제도·윤리 확립

- **(규제과학)** 임상시험 등 기존 제도가 BCI 등 뇌산업 고성장의 병목 요인이 되지 않도록 **핵심 규제부터 점진적 논의·개선**
  - **(임상연구 가이드라인)** BCI 분야 임상시험 신청을 위한 별도의 서식·방법·기준 안내를 담은 가이드라인 마련
    - ※ BCI 기술개발 촉진을 위한 임상연구 및 안전성 가이드라인 제정(식약처, ~'27), IRB 심의사항을 BCI 연구에 맞춰 구체화한 가이드라인 마련(과기부·복지부, ~'28)
  - **(GMP\* 기술 지원)** 대학·연구소 등 초기 연구 환경을 고려하여 연구자 임상시험을 위한 **GMP 기술 지원·교육** 실시
    - \* **Good Manufacturing Practice** : 의료기기, 의약품, 화장품, 식품 등 사람의 건강에 직접 영향을 미치는 제품을 일정한 품질 수준으로 안전하게 제조하기 위한 국제적 표준 규정
  - **(규제협력)** BCI 선도프로젝트 등 혁신적인 국가R&D사업에 대하여 식약처가 개발 단계부터 규제요건, 규제대응 전략 개발 등 검토·제공
- **(뇌연구 윤리)** 뇌과학과 인류 가치관·윤리 간의 충돌 가능성 논의 및 새로운 사회적 합의안 마련을 위한 “**뇌연구 윤리 보고서**” 수립
  - 뇌 과학 발전에 대한 과도한 오해, 선정적 보도 등을 예방하고, 이해도를 높이기 위한 **뇌과학 대중행사(뇌과학 주간 등) 확대 개최**

### < (예시) 논의 가능한 뇌과학 윤리문제 >

- ① 뇌 오가노이드가 고통을 인지하는 등 의식을 가질 수 있는가?
  - ※ (뇌 오가노이드 뉴런) 100~200만개 > (꿀벌 뇌 뉴런) 약 100만개
- ② 나의 뇌가 클라우드에 연결될 때 내 생각은 누구의 것인가?
- ③ BCI가 사람의 생각을 해킹하는 기술로 오용될 가능성은?

## V. 과제별 추진일정 및 핵심 액션플랜

플래그십 프로젝트('27년 신규사업)

계속사업 등

추진과제	연도별 추진 일정				
	'26	'27	'28	'29	'30
<b>① 국내 민관 역량을 결집하여 BCI 미래산업 육성</b>					
1. BCI 미래산업 육성을 위한 7대 핵심임무 추진		(가칭)브레인 링크 이니셔티브 신규사업('27~) ※ 신규 기획 중			
2. 요소기술별 초격차 수준 확보					
		뇌과학 선도 융합기술개발('23~'32) ※ 총사업비 4,497억원			
<b>② 혁신적인 뇌신경계 신약 파이프라인 창출</b>					
1. 플랫폼 기술 확보를 위한 전략적 연구개발 강화	뇌 오가노이드 플랫폼 개발('26~'32) ※ 총사업비 324억원				
	뇌과학 선도 융합기술개발('23~'32) ※ 총사업비 4,497억원				
	뇌신경계질환 임상현장 문제해결 기술개발('23~'27) ※ 총사업비 360억원				
	치매 전주기 데이터 수집 및 빅데이터 통합 시스템 구축사업('25~'28) ※ 총사업비 131억원				
2. 뇌 질환별 계열 내 최초 신약(First-in-Class) 개발 도전	치매극복연구개발사업('20~'28) ※ 총사업비 2,120억원				
	치매의료기술개발사업(브릿징, '26~'30) ※ 총사업비 459억원 내외				
	뇌과학 선도 융합기술개발('23~'32) ※ 총사업비 4,497억원				
	(대표 과제) 신경독성 단백질병증 제어기술				
	(대표 과제) 뇌신경계 발달 과정 해독				
(대표 과제) 시냅스 병증 제어 기술					

추진과제	연도별 추진 일정				
	'26	'27	'28	'29	'30
<b>③ 기술사업화 전진기지, 뇌 산업 클러스터 조성</b>					
1. (대구) 뇌연구 핵심인프라 집적 + 발달장애 특화			「뇌연구 촉진법」 개정('28~) ※ 뇌산업 클러스터 지정 근거 마련		
2. (대전-오송) 정서장애 등 차세대 뇌 의약산업 클러스터 조성					
3. (홍릉) 뇌과학 기반의 창업 활성화					
<b>④ 뇌연구 데이터 확보 및 인공지능 융합 촉진</b>					
1. 뇌신경망 특화 AI 모델 및 뇌과학 기반 인공지능 개발	브레인 파운데이션 모델 개발('26~) ※ 총사업비 97.3억원				
		(가칭)넥스트 브레인 프로젝트('27~) ※ 신규 기획 중			
2. 뇌연구 데이터의 원천인 특화 뇌지도 구축 추진					
	치매 전주기 데이터 수집 및 빅데이터 통합 시스템 구축사업('25~'28) ※ 총사업비 131억원				
<b>⑤ 뇌산업의 안정적 성장을 위한 인프라·제도 구축</b>					
1. 국가 실험동물 인프라 고도화 및 대체시험기술 고도화		(가칭)국가 영장류 센터 2.0 구축('27~) ※ 신규 기획 중			
2. 뇌 미래산업에 적합한 제도·윤리 확립	관계부처 규제 협력 체계 마련('26~)				
		뇌연구 윤리 가이드라인 수립('27~)			

과학기술정보통신부 연구개발정책실 미래전략기술정책관 첨단바이오기술과	
담당과장	이주헌 과장
담당자	정재헌 사무관
연락처	전 화 : 044-202-4551 E-mail : jsyall@korea.kr