

2024.2 vol.2

ISSUE REPORT



중국 뇌과학 연구 동향

CONTENTS

1. 서론
2. 글로벌 뇌과학 분야 기술개발 동향
3. 중국의 뇌과학 기술 경쟁력
4. 중국 뇌과학 정책 및 연구기관 현황
5. 시사점



Issue/Report는 한중과학기술협력센터가 중국 과학기술계의 주요 이슈를 요약·정리하여 발행하는 자료입니다.





한중과학기술협력센터

ISSUE REPORT



KOREA-CHINA
SCIENCE & TECHNOLOGY
COOPERATION CENTER

2024.2 vol.2

중국 뇌과학 연구 동향

CONTENTES

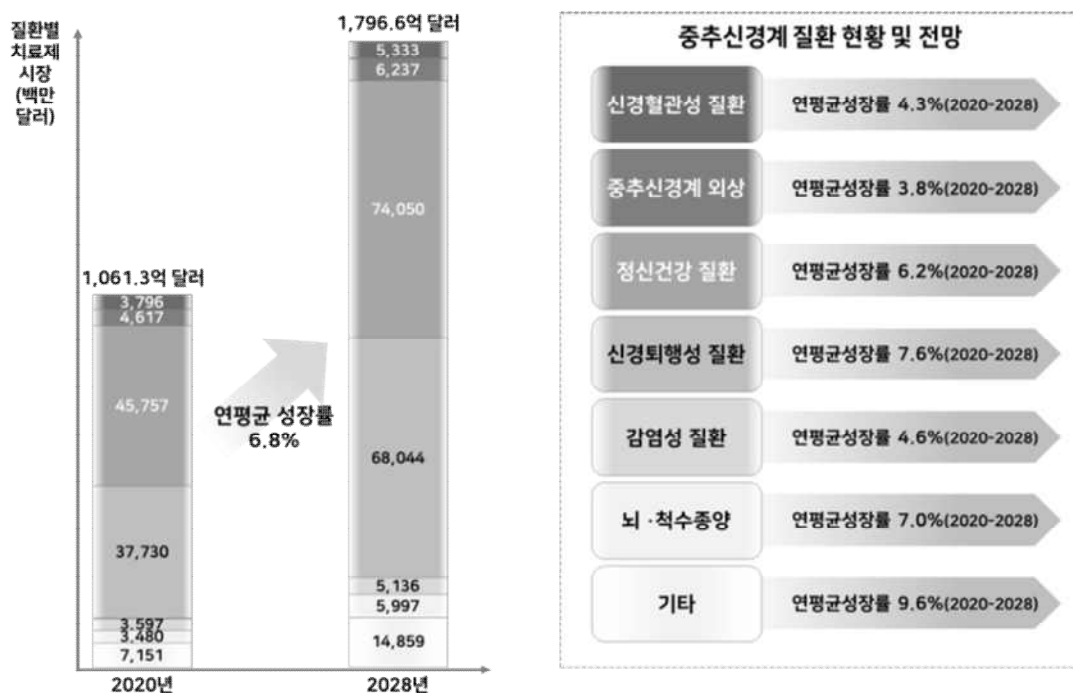
1. 서론	2
2. 글로벌 뇌과학 분야 기술개발 동향	6
3. 중국의 뇌과학 기술 경쟁력	12
4. 중국 뇌과학 정책 및 연구기관 현황	15
5. 시사점	22

1 서론

▶ 세계 각국의 고령 인구의 증가로 파킨슨병, 뇌졸중, 치매 등 노화 관련 뇌질환 유병률 급증으로 뇌질환 치료비용으로 인한 사회경제적 부담 증가 추세

- 뇌질환 치료제 시장 규모는 2020년 1,061억 달러에서 2028년 1,797억 달러 규모로 성장할 전망(연평균 성장률 6.8%)
 - 뇌신경퇴행성질환은 질환 조절치료(Disease-Modifying Therapies)의 강력한 파이프라인으로 인해 향후 가장 빠른 속도로 성장할 것으로 예상함¹⁾
 - 세계는 해마다 뇌질환 비용으로 이미 1,500조 원을 지출 중 (2011년 기준)²⁾이며, 한국내 뇌질환 관련 사회경제적 비용은 2015년 기준 17조원에 달하고, 2025년까지 46조원이 매년 지출될 것으로 추산³⁾

[그림 1] 뇌질환 치료제 시장 전망



* 출처, Grand View Research 社, CNS Therapeutics Market Analysis & Segment Forecast From 2017 to 2028]

1) Grand View Research 社, CNS Therapeutics Market Analysis & Segment Forecast From 2017 to 2028
 2) The World Economic Forum and the Harvard School of Public Health, The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases. 2011
 3) 건강보장정책 수립을 위한 주요 질병의 사회경제적 비용 분석 보고서, 2017.



- 2017년 미국의 뇌신경계질환으로 인한 사회경제적 비용은 약 800조 원으로 추산되었으며, 이는 같은 해 미국 국방비, 약 700조 원을 훨씬 상회⁴⁾
- 유럽의 경우 2010년 기준 900조 원이 뇌질환 관련 비용으로 지출되었고⁵⁾, 2030년 세계 주요 질환 사회경제적 비용 중 정신건강 질환이 35%로 가장 높을 것으로 추산⁶⁾

▶ **뇌과학기술 선도국가 간 기술주도 패권 경쟁 가속화로 인해 중국은 제14차 5개년 바이오경제 발전 계획 내에 China Brain Project를 포함시키고, 대형 뇌프로젝트를 설계하여 착수**

- 2000년 이후 국가 간 뇌 연구 기술 경쟁 가속화로 미국, EU, 중국, 일본 등 뇌과학기술 분야 선도국들은 뇌 연구 대형 프로젝트를 국가 주도로 지속 추진 중
 - 미국은 제1차 BRAIN Initiative-I (13~'26, 약 6.8조 원 규모)에서 도출된 기술을 활용하기 위해, 2018년부터 BRAIN Initiative 2.0을 착수하여 추진 중
 - EU는 슈퍼컴퓨터 기반 사람의 뇌 작동 모사 ICT 융합 플랫폼을 개발하는 Human Brain Project ('13~'24, 약 1.5조 원)를 '27년까지 연장 추진 중
 - 중국은 바이오경제 7대 과학기술에 뇌과학을 선정하고, 2016년부터 약 6년여 기간의 준비 작업을 거쳐 2021년 China Brain Project를 설계하여 착수·추진 중⁷⁾
 - 일본은 소형 영장류(마모셋 원숭이)를 활용하여 정신질환의 근원을 밝히고자 「Brain/MINDS (Brain Mapping by Integrated Neurotechnologies for Disease)」 프로젝트를 2014년부터 추진하고, SRPBS(Strategic Research Program for Brain Sciences)-IR3D (depression, dementia, development) 등과 같은 특화 뇌 질환 연구프로그램을 추진 중(2014-2023, 4천억 원)⁸⁾
 - 한국은 2023년 제4차 뇌연구촉진기본계획을 발표하여, 뇌과학과 뇌모사 지능 기술 분야에 연구 확대 및 뇌과학연구 환경을 조성하기 위한 전략과 구체적인 실행 과제를 제시함으로써, 뇌과학기술 분야 국가 경쟁력을 강화하고, 국내외 경쟁력 있는 뇌연구기관과의 협력 제고를 통해, 미래 변화에 대응할 수 있는 뇌과학연구 인재 육성 및 인재 풀 확장 지원방안 포함⁹⁾

[표 1] 주요국가별 뇌연구 지원정책 현황

국가	주요 내용	
미국	정책	▶ 하등동물부터 인간까지 뇌신경회로망 작성 및 혁신기술개발을 위한 대형 프로젝트인 BRAIN* Initiative 추진('13~'26년, 6.8조 원 투자) * Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies

4) NeurologyToday by American Academy of Neurology, Jun 22, 2017

5) Neuron (2014) Volume 82, Pages 1205-1208

6) The World Economic Forum and the Harvard School of Public Health, The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases. 2011

7) 14-5 바이오경제 발전계획('21~'25), ; 한중과학기술교류센터, <https://kostec.re.kr/>

8) Neuron Vol 92, November 2016, Pages 582-590

9) 제4차 뇌연구촉진 기본계획, (<https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mPid=2&mId=4&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=486>)

국가	주요 내용	
		▶ BRAIN Initiative 2.0('19.06) 계획 발표 : 1.0에서 개발된 기술, 성과 및 데이터 공유, 기술보급 및 확산, 기초연구의 질병모델 연결 등 이슈를 바탕으로 향후 우선순위 영역 발표
	R&D	▶ 인간 커넥톰, 통증, 신경계 질환 치료제 등을 중점 분야로 선정, 인간 행동 관련 신경회로 지도 작성 및 신경활동 이해 연구 지원에 '14~'25년 동안 46.4억 달러(5.5조 원) 투자
EU	정책	▶ 슈퍼컴퓨터를 이용하여 인간 뇌를 시뮬레이션하는 동시에 ICT 융합 플랫폼 기술 개발을 통한 Human Brain Project 추진('13~'23년, 1.5조 원 투자) ▶ Horizon Europe에서 '27년까지 지원을 결정하면서 뇌연구 혁신을 포함한 생애주기 건강 전반 및 헬스케어 시스템을 포함한 건강분야 10조 원 투자
	R&D	▶ Human Brain Project(HBP)를 통해 인간 뇌 시뮬레이션 및 ICT 융합 플랫폼 기술개발 ▶ EBRAINS(의료정보학 플랫폼) 인프라 확장, 뇌 네트워크와 의식에서의 역할, 인공신경망 등 3가지 핵심 과학 분야 발전에 초점 * 1단계 통합적 연구시스템 구축, 2단계 브레인 네트워크, 고위뇌기능에서의 네트워크 역할 규명, 인공 신경망 및 뉴로로보틱스 중점 * 개발된 혁신적 뉴로톨, 3D 아틀라스(해마 시냅스 정보 등), 뇌세포의 전기신경학적 정보 예측이 가능한 시뮬레이션 플랫폼 개발 등
중국	정책	▶ '22년 9월 China Brain Project(CBP)의 본격 투자를 결정, 3대 영역*에 중점을 두고 5년간 50억 위안(약 9,623억 원) 투자 예정 * 인지기능의 기전, 뇌질환 진단·치료, 뇌 모사 컴퓨팅 등 11개 센터와 50여 개 연구그룹을 지정하여 글로벌 경쟁력 확보 * 비교적 실험동물 윤리 문제로부터 자유로운 국가적 특성을 활용하여 마카크 원숭이 뇌의 메조스케일 뇌지도, 뇌질환 동물모델 개발 등원숭이 활용 연구를 중심으로 수행
	R&D	▶ China Brain Project('16~'30)를 통해 대뇌의 감지능력 탐구, 감정 형성과정 연구 및 지능기술 개발에 관한 연구 등을 수행
일본	정책	▶ 영장류 뇌 이해를 통한 인간 뇌 이해 증진 및 뇌질환 극복연구를 지원하는 Brain/MINDS 프로젝트 추진('14~'23년, 4천억 원 이상) ▶ 일본의료연구개발기구는 뇌와 정신건강 강국 실현 프로젝트를 통해 국내외 연계 및 코호트를 활용하여 정신·신경질환 극복연구개발을 추진('19년, 116억 엔)
	R&D	▶ 영장류 뇌 연구와 뇌 매핑 기술개발 등을 통해 인간의 뇌를 이해하고 뇌질환을 극복하기 위한 연구개발 추진 * Brain Mapping by Integrated Neurotechnologies for Disease Studies

* 출처: 제4차 뇌연구추진 기본계획



▶ 중국은 뇌과학 연구의 국제적인 경쟁력을 강화 중

- 중국은 뇌과학 분야에서 리더십을 확고히 하기 위해 연구와 개발에 상당한 자원과 노력을 투자하고 있음
 - 중국 정부는 2016년에 '중국 뇌 프로젝트'를 발표하며 뇌과학 연구를 국가 전략으로 삼음. 이 프로젝트는 뇌의 기본 구조와 기능을 이해, 뇌질환의 예방과 치료를 개선, 인공지능과 뇌과학의 융합을 촉진하는 것이 목표임
 - 전국적으로 여러 뇌 연구 센터와 시설을 구축하여 연구 인프라를 강화하고 있으며, 특히 베이징, 상하이, 선전 등 주요 도시에는 첨단 뇌 연구 센터가 설립. 이들 센터는 최첨단 기술과 장비를 활용하여 뇌 연구를 수행
- * 예를 들어, 상하이의 '상하이 브레인 사이언스 앤드 브레인-인스파이어드 테크놀로지 센터'는 세계적 수준의 연구 기관으로 인정받음
 - 인공지능(AI) 기술과 뇌과학의 융합을 적극적으로 추진. AI는 뇌의 신경 네트워크를 모델링하고 뇌 활동 데이터를 분석하는 데 중요한 도구로 사용. 중국의 여러 연구 기관과 기업들은 AI를 활용한 뇌 연구에 집중하고 있으며, 이를 통해 뇌질환 진단 및 치료, 신경 인터페이스 기술 개발 등에 큰 진전을 이루고 있음
 - 중국은 알츠하이머병, 파킨슨병, 우울증 등 주요 뇌질환의 연구와 치료에 많은 노력을 기울이고 있음. 중국의 연구자들은 이러한 뇌질환의 병인과 발병 메커니즘을 밝히기 위해 다양한 연구를 진행하고 있으며, 새로운 치료법과 약물 개발에 주력하고 있음
 - 특히, 유전자 편집 기술과 줄기세포 연구는 중국 뇌질환 연구의 중요한 분야로 자리 잡고 있음
 - 중국은 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)와 같은 신경기술의 발전에도 앞장서고 있음. 중국의 여러 기업과 연구기관들은 BCI 기술을 개발. 신경계 손상을 입은 환자들을 위한 혁신적인 솔루션을 제공하고자 노력 중

▶ 국가간 기술패권 경쟁 심화에 따른 글로벌 협력 연구 중요성 대두

- 각국은 뇌연구 성과 제고를 위해 연구 주체 간의 성과 교류를 통한 시너지 도출을 위한 국제협력연구 프로그램을 개발하여 뇌연구를 단독 연구 중심에서 글로벌 협업 R&D 수행을 통한 국제협력 강화 중
 - 글로벌 뇌과학의 발전은 인간 뇌의 작동 원리에 대한 이해를 깊게 하고, 다양한 신경질환의 진단과 치료에 혁신적인 접근법을 제공하는 데 기여
- 본고에서는 현재 뇌과학기술의 국제 수준 및 선별된 주요 기술개발실적을 요약하고, 중국의 뇌과학 수준과 연구기관 등에 대해 살펴보고 향후 협력 방향에 대해 몇가지 제안하고자 함
 - 뇌과학 분야에서의 연구는 양국의 관심분야로 향후 연구분야에서 광범위한 협력이 요구됨

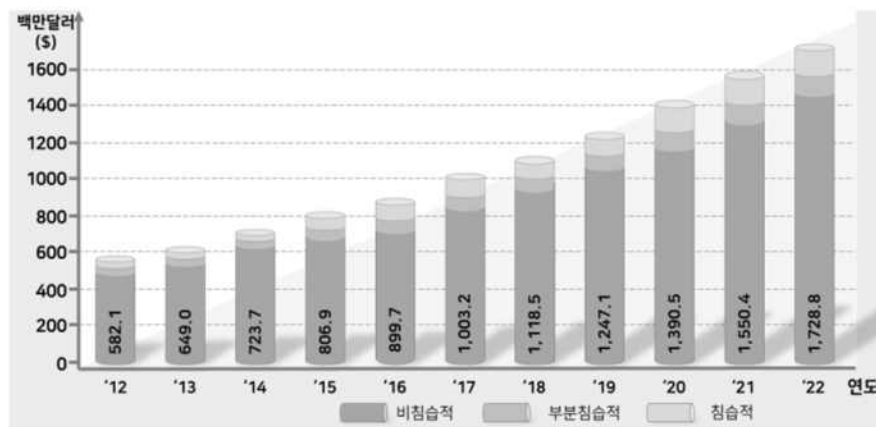
▶ 뇌과학 글로벌 연구는 뇌-컴퓨터 인터페이스, AI와 머신러닝, 뇌스캐닝 및 이미지화 기술로 크게 구분됨

- 최근 뇌과학 분야는 급속한 발전을 이루었으며, 다양한 연구와 기술 개발. 글로벌 뇌과학 동향은 다음과 같은 몇 가지 주요 분야로 나눌 수 있음
 - 뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI) 기술은 특히 신경계 손상을 입은 환자들을 돕기 위해 개발되고 있으며, 의사소통 및 움직임 제어에 큰 잠재력을 가지고 있음. 최근에는 일론 머스크의 Neuralink와 같은 기업이 이 분야에서 큰 진전을 이루고 있음
 - 인공지능 (AI)와 머신러닝: 인공지능과 머신러닝 기술은 뇌과학 연구에서 중요한 역할. 이 기술들은 대규모 신경 데이터 분석, 뇌의 복잡한 신호 패턴 해독, 뇌질환 진단 및 치료법 개발 등에 활용 예를 들어, AI는 알츠하이머 병과 같은 신경퇴행성 질환의 조기 진단에 도움을 줄 수 있음
 - 뇌 스캐닝 및 이미지화 기술: MRI(자기공명영상), fMRI(기능적 MRI), PET(양전자방출단층촬영) 등의 이미지화 기술은 뇌의 구조와 기능을 고해상도로 볼 수 있게 해줌. 이러한 기술들은 뇌 연구에 있어 매우 중요한 도구이며, 신경과학자들이 뇌의 활동을 실시간으로 관찰하고 분석할 수 있음

1. 뇌-컴퓨터 접속(Brain-Computer-Interface) 기술

- 뇌질환 치료에 활용할 수 있는 의료 기기뿐 아니라 인간의 능력을 증강시켜주는 미래 유망 기술로 각광받고 있음, 또한 뇌-컴퓨터접속 기술 시장은 2022년까지 약 17.3억 달러로 성장할 것으로 예측된 바 있음¹⁰⁾

[그림 2] 뇌-컴퓨터 인터페이스 시장 규모 및 예측



* 출처: Grand View Research(2015)(단위: 백만 달러)

10) Grand View Research (2015), 「Brain Computer Interface Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Application, By End-use, and Segment Forecasts.

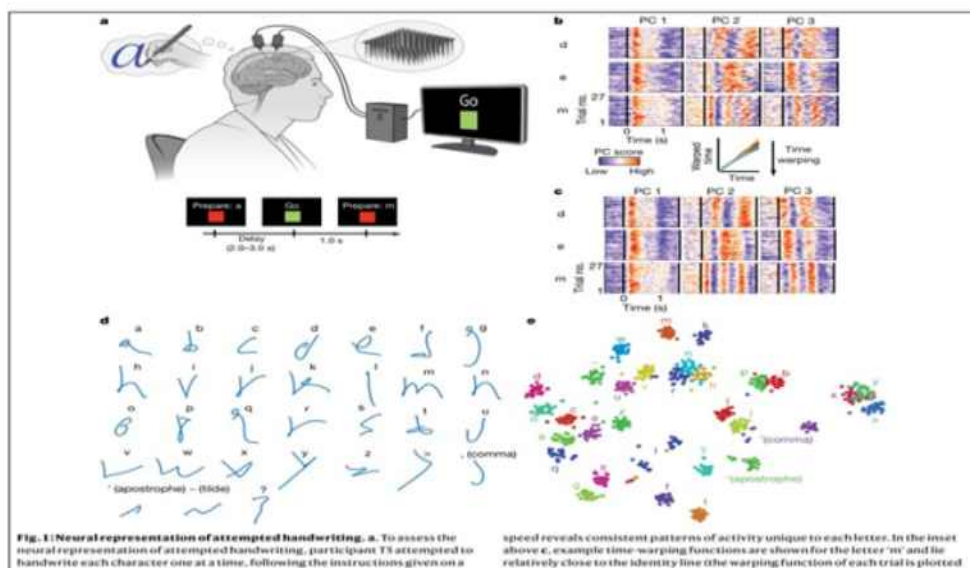


- 미국과 유럽연합은 2013년 국가차원의 R&D 아젠다로 Brain Initiative(미국)와 Human Brain Project(유럽연합)을 선정하여 뇌과학 관련 분야에 연구 역량을 집중하였고, 뇌-기계-접속은 이러한 국가 차원의 지원 아래 이루어진 연구 분야 중 하나임
- 미국의 기업가 일론 머스크(Elon Musk)는 삽입형(침습형) 뇌-기계-접속이 막대한 미래 가치를 가지고 있다고 언급하였으며, 본인 스스로 1억달러를 투자하여, 뉴럴링크(Neuralink)라는 회사를 설립하고 대용량 무선 신경신호 측정 플랫폼을 개발함(2016)

2. 뇌-기계 접속 기술 (Brain-Machine-Interface)

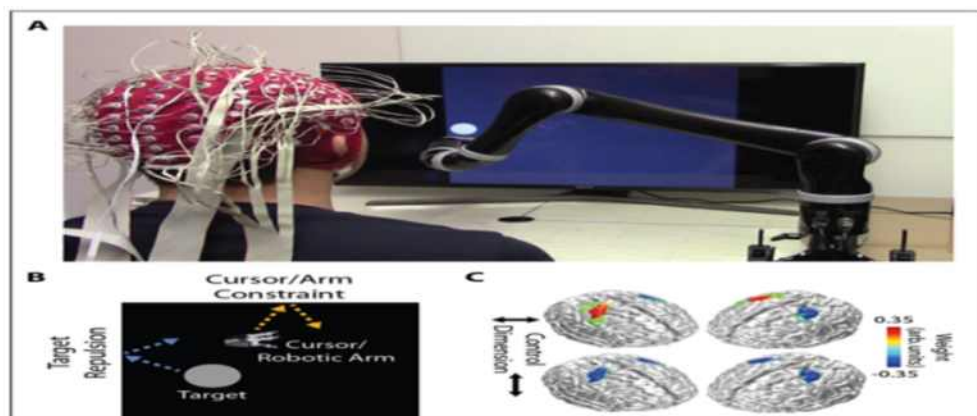
- 척수손상, 뇌질환 등의 원인으로 손상된 운동 기능을 복원하기 위해 뇌신호만으로 외부 운동보조기기 혹은 자신의 근육을 직접 제어할 수 있는 뇌-기계 인터페이스 기술이 지속적으로 발전되어 왔음
- 뇌신호를 측정하기 위한 센서 유형에 따라 뇌 안의 신경활동을 측정하는 침습형 뇌-기계 인터페이스와 두피에서 신경활동을 측정하는 비침습형 뇌-기계 인터페이스가 병렬적으로 개발 중
- (침습형 뇌-기계 인터페이스) 뇌과학적 동물 모델(예: 영장류)에서 실효성이 검증된 뇌-기계 인터페이스를 사지마비 환자에 적용하여 생각만으로 로봇팔이나 근육 제어가 가능한 뇌-기계 인터페이스가 구현될 수 있음이 입증
- 대뇌 운동영역에 삽입된 미세전극어레이(Microelectrode array: MEA)를 통해 측정된 집단 신경세포 활동신호를 해독하여 로봇팔을 정밀하게 제어할 수 있는 인터페이스가 개발됨(로봇팔과 손을 임의의 방향으로 뻗고 물건을 집는 수준의 제어 가능)
- 2021년 스탠포드 대학, 브라운 대학 등 공동연구팀은 손으로 글씨를 쓰는 상상을 할 때 발생하는 뇌신호 패턴을 딥러닝 알고리즘으로 해독하여 컴퓨터에 문자를 입력할 수 있는 고성능 뇌-기계 인터페이스를 개발함 (Willett et al., 2021)(※ 1분에 약 100자 입력 가능)

[그림 3] 딥러닝 알고리즘으로 생각만으로 글을 쓰는 것을 보고한 논문 (Willett et al., 2021)



- 2013년 피츠버그 대학 연구팀(美)은 사지마비 환자가 생각만으로 로봇팔과 손을 자유롭게 제어할 수 있는 뇌-기계 인터 페이스를 개발함 (Wang et al., 2013)
- 2016년 11월 EPFL, Medtronic, 브라운 대학, Fraunhofer 대학 등 국제 공동 연구팀은 영장류 하지 제어 근육 자극 시스템과 뇌신호를 무선으로 연결하여 마비된 하지 제어 기능을 복원한 인터페이스를 개발함 (Capogrosso et al., 2016)
- (비침습형 뇌-기계 인터페이스) 최근에는 딥러닝 등 AI 기술을 융합하여 로봇팔을 제어하는 등 실제 운동 기능을 복원하려는 시도가 이루어지고 있음
 - 뇌파(EEG) 기반한 비침습형 뇌-기계 인터페이스가 주를 이루고 있으며, 기존에는 휠체어나 컴퓨터 스크린 메뉴 등 주어진 선택지 중 하나를 움직이지 않고도 자유롭게 고를 수 있는 형태의 인터페이스 중심으로 개발되었으나, 최근에는
 - 카네기멜론 대학과 미네소타주립대학 연구팀은 운동 상상만으로 3차원 로봇팔을 제어할 수 있는 EEG 기반 뇌-기계 인터페이스를 개발함 (Edelman et al., 2019)

[그림 4] 상상만으로 3차원 로봇팔을 제어할 수 있는 EEG 기반 뇌-기계 인터페이스

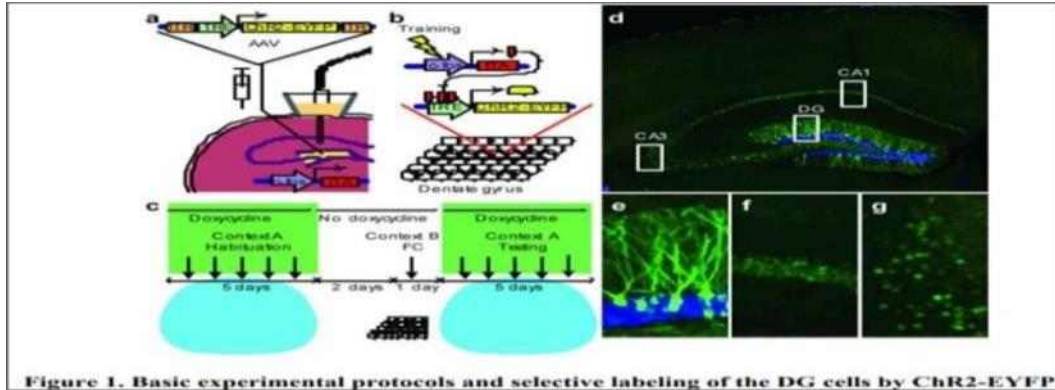


3. 뇌기능 복원 기술 (Neural prosthetic technology)

- 운동 기능을 복원하는 기존 뇌-컴퓨터 인터페이스에서 한 단계 더 나아가 최근에는 언어, 기억 등 고등인지 기능을 복원하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 분야까지 연구가 확대되었음
 - 인공지능 (Artificial Intelligence, AI)의 융합을 통해 고등인지 기능을 보조할 수 있는 뇌-AI 인터페이스 기술 개발이 많은 관심을 받고 있음
 - 뇌질환 등으로 인해 손상된 기억 회로를 대체할 수 있는 뇌-컴퓨터 인터페이스가 개발되고 있으며, 고령화 사회에 대응할 수 있는 기억 신경보철 기술 구현을 목표로 함
 - 미국 남가주대학과 웨이크포레스트 대학 연구팀은 손상된 해마 신경회로를 대체하는 인공 신경 회로를 개발하고 실효성을 검증하는 연구를 진행 중임 (Bouteiller et al., 2012)
 - 미국 MIT 연구팀은 동물 모델 해마의 신경망을 광유전기술로 자극하여 공포 기억을 조작하는 기술을 구현함 (Liu et al., 2012)



[그림 5] 동물 모델 해마의 신경망을 광유전학기술로 자극하여 공포 기억을 조작하는 기술

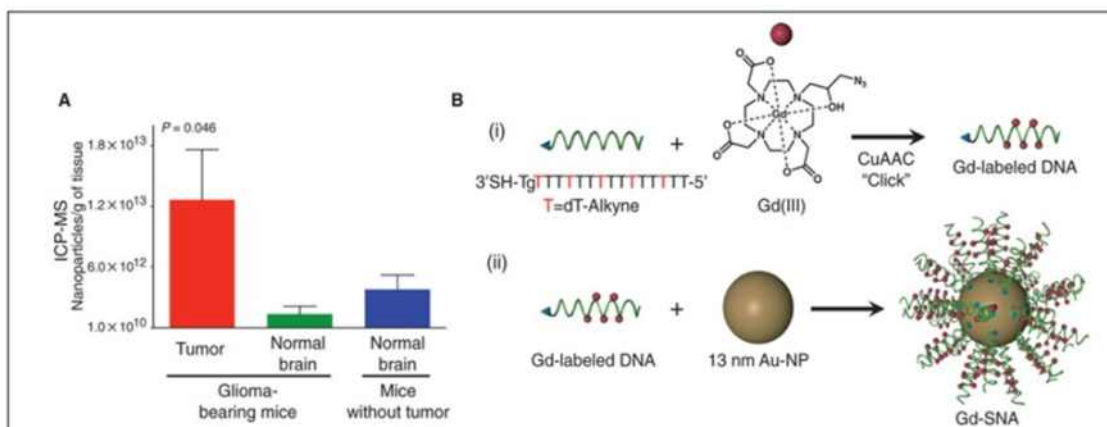


4. 뇌질환 바이오마커 검출 민감도 한계 극복기술

● 다양한 뇌질환 바이오마커를 정확히 검출하는 새로운 기술의 등장

- 뇌질환 유무를 진단할 수 있는 체액 내 바이오마커 검출에 있어서 가장 핵심은 민감도를 증진시켜서 극미량으로 존재하는 바이오마커의 정확한 검출을 가능하게 하는 것이며, 뇌질환 바이오마커를 정확하게 검출하는 기술은 뇌질환 극복을 위한 새로운 돌파구를 찾는데 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대됨
- 미국 하버드대학에서 나노선에 바이오마커 인식 항체를 부착하고 바이오마커를 정량 분석하는 결과를 발표하였고 (Gao et al., 2016; Zhao et al., 2019) 노스웨스턴 대학에서 나노입자에 유전자를 부착하고 질병 관련 특이 유전자를 검출하는 방법을 발표한 바 있음¹¹⁾
- 미국 Quanterix 사에서 개발한 SIMOA 기술 기반으로 임상시료 분석에서 현재 가장 많이 활용되고 있는 면역검출법을 개선하여 다양한 뇌질환 바이오마커를 검출하는데 활용 (Hansson, 2021)

[그림 6] 기존 검출한계를 뛰어넘는 기술로 평가 (Jensen et al., 2013)

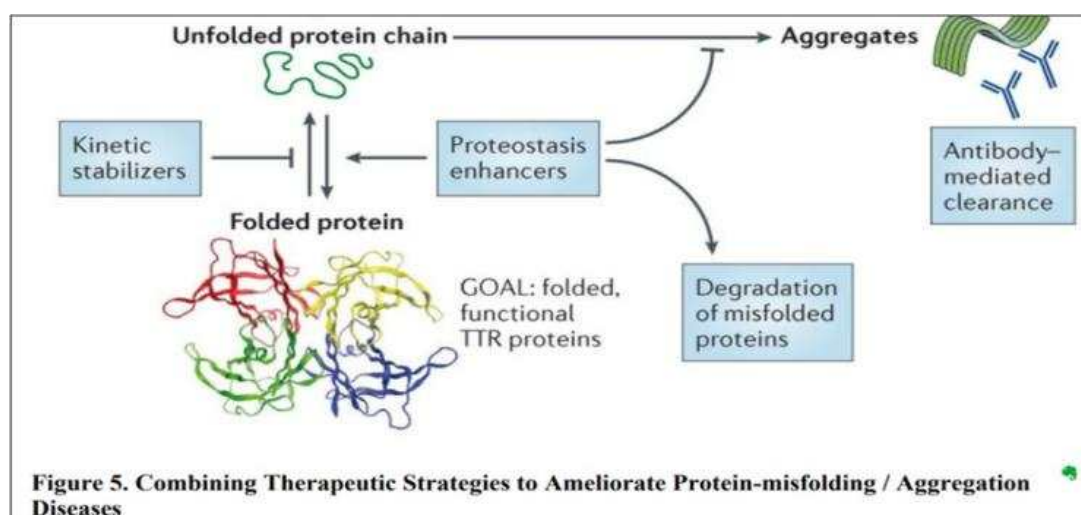


11) 기존 검출한계를 뛰어넘는 기술로 평가되고 있음 (Jensen et al., 2013; Lin et al., 2018; Chen et al., 2019)

5. 뇌 내 독성 단백질 제어기술

- 환자의 뇌 안에 축적되어 있는 신경독성 단백질¹²⁾의 응집체에 선택적으로 결합하는 의약품을 사용하여 직접적으로 독성 단백질을 제거함
 - 뇌세포 사멸과 뇌위축의 진행과정을 중단하여 질환이 더 이상 악화되지 않도록 하는 접근법임
 - 우리 뇌가 선천적으로 보유하고 있는 단백질 청소 기능을 조절하여 간접적으로 단백질을 뇌에서 제거하는 기술임
- 다양한 단백병증의 원인을 제거하는 새로운 의약품 기술의 부상
 - 최근 바이오젠(Biogen) 사의 알츠하이머병 신약인 아두카누맙(Aducanumab)이 임상3상을 성공적으로 마치고 시판(상품명 아두헬름, Aduhelm)을 승인
 - * 아두카누맙(항체의약품)은 세계 최초로 승인된 퇴행성 뇌질환의 disease-modifying 의약품으로 알츠하이머병 환자의 뇌에 축적된 아밀로이드베타의 플라크와 올리고머를 직접 선택적으로 결합하여 제거하는 기전의 물질임
 - 지난 30년간 단백병증의 원인인 아밀로이드베타, 타우, 알파시누클레인, 헌팅틴, TDP-43, 프리온 등의 생성/응집/변형을 억제(inhibitor)하는 기전의 신약후보물질이 모두 임상 승인에 실패하여 응집성 단백질의 신약 타겟 유의성에 대한 회의론이 높았음
 - 아두카누맙의 성공을 시작으로, 다양한 기전기반의 응집성 단백질 제거 신약 후보 물질이 연이어 글로벌 임상을 성공적으로 마칠 것으로 예측되고있음. 특히, 아밀로이드베타 뿐만이 아니라 알파시누클레인, 타우, TDP-43 등 다양한 단백병증의 원인 제거 기술이 개발될 것으로 기대됨 (Eisele et al., 2015)

[그림 5] 뇌 내 독성 단백질 제거 기술의 개요 (Eisele et al., 2015)



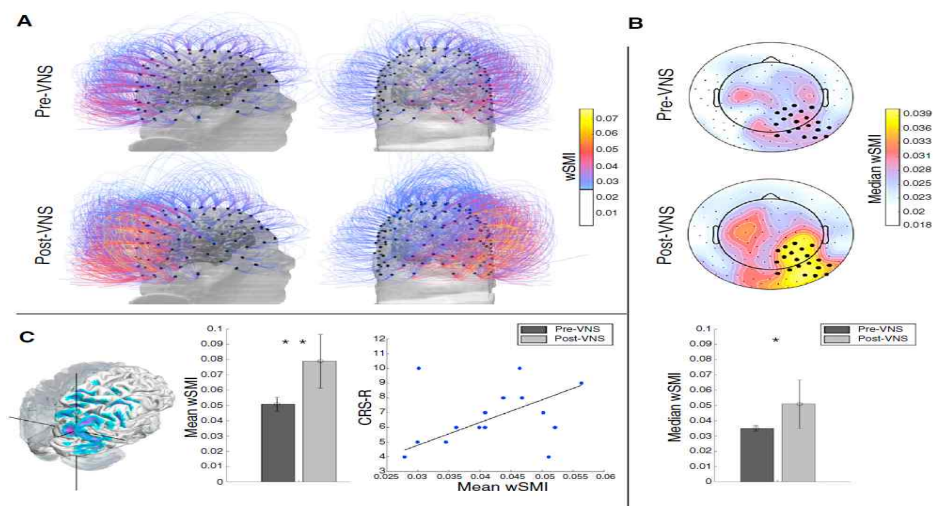
12) 아밀로이드베타, 타우, 알파시누클레인, 헌팅틴, TDP-43, 프리온 등



6. 뇌 삽입 극소형 전자약

- 생체 내 전극 및 전자 장치 이식을 통해 중추 및 미주 신경을 조절하여 뇌기능을 치료하고 증진시키는 기술인 전자약 연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중
- 인체의 뇌·신경계에서 발생하고 전달되는 전기 신호를 조작하는 고도화된 전자 장치가 개인별 뇌·신경 신호를 능동적으로 파악하고 개인 맞춤형 자극을 전달하는 방식으로 질병을 치료하는 미래형 약물 개념임

[그림 8] 15년간 혼수상태의 환자의 의식회복 사례 논문 (Corazzol et al., 2017)



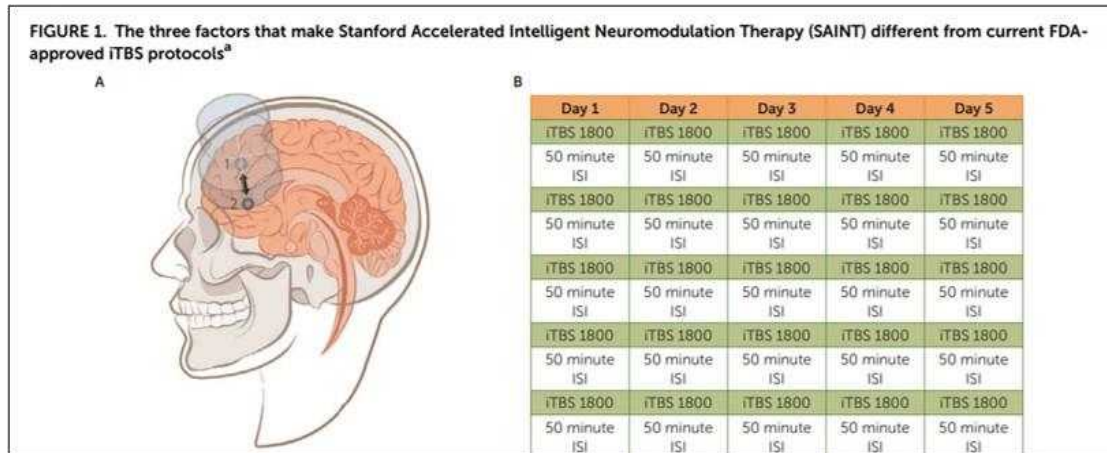
- 고도화된 전자약 기술의 개발은 비교적 초기 단계이나, 최근 치료 효용성을 입증한 제품에 대해 미국 FDA의 승인이 이루어지는 중임. 미국과 유럽의 의료 기기 회사들이 전자약 개발을 주도하고 있으며, 기존의 뇌심부자극술과 미주신경 조절 기술은 Medtronic, Abbott, Boston Scientific 등 해외 대표 의료 기기 회사가 보유하고 있음
- 프랑스 국립 인지과학연구소는 교통사고로 15년간 의식이 없던 환자의 신경계 주요 통로인 미주신경(vagus nerve)에 3개월 동안 전기 자극을 준 결과, 환자의 뇌에서 운동, 감각, 의식 등을 담당하는 영역의 활동이 증가하면서 의식을 회복한 사례를 보고함 (Corazzol et al., 2017)

7. 뇌 심부 자극 기술 (Deep Brain Stimulation, DBS)

- 뇌 신경 조절을 위해 사용되는 자극 기술 연구가 활발히 진행 중
- 경두개자극술은 두부 가까이에서 강력한 전자기장을 발생시켜 비침습적으로 국소 대뇌 피질의 신경 세포를 활성화 또는 비활성화시킴으로써 뇌 기능을 개선시키는 방법으로 우울증 등에 적용되고 있으나 효과가 일시적인 한계가 있음

- 미국 Stanford 대학 연구팀은 효과적인 TMS를 위해 기존에 FDA가 허가한 TMS 프로토콜을 고안하여 TMS로 우울증 치료 효과를 90%까지 끌어 올린 연구 결과를 발표 (Cole et al., 2020)

[그림 9] 획기적 우울증 치료를 입증한 논문 (Cole et al., 2020)



- 측두부간섭자극술(TIS: Temporal interference stimulation)은 전극을 뇌에 삽입하지 않고 원격으로 뇌 심부를 자극하는 기술로, 두피에 두 개의 전극을 붙여 각 전극에서 다른 주파수를 뇌로 보내면 두 개의 다른 고주파 전기장이 뇌 심부의 한 부분에서 만나, 간섭하여 그 초점에 존재하는 세포를 자극하는 방식임
- 현재 한계점으로는 전기장이 부정확할 경우, 광범위한 뇌 영역을 자극할 위험을 해결하기 위한 연구가 진행 중
- 영국 Imperial College London에 Nir Grossman 연구팀을 중심으로 TIS 기술을 이용하여 뇌 심부에 존재하는 미토콘드리아를 자극하여 기능장애를 치료하고, 미세환경의 자극을 통해 초기 치매 환자들을 치료하려는 연구를 시도 중 (Grossman, 2018; Grossman et al., 2017)

3 중국의 뇌과학 기술 경쟁력¹³⁾

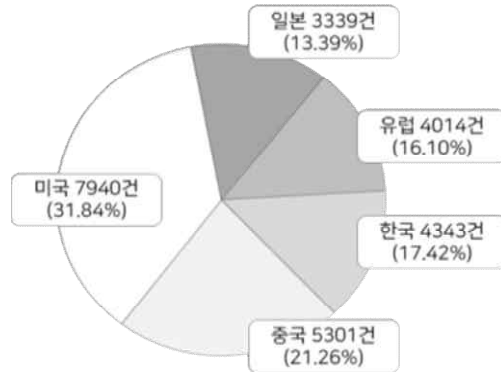
▶ 전체 뇌과학 분야에서 중국의 특허 점유율은 21%, 상위 1% 논문은 4위에 위치함

- 미국과 중국, 뇌과학 분야 특허 등록에서 세계 점유율 53% 차지
 - 2001년~2020까지의 전체 뇌과학 분야 등록 특허의 주요 국가별 점유율은 미국과 중국이 전체의 53%를 차지하며, 미국이 7,940건(32%)으로 가장 높았으며, 중국이 5,301건(21%), 한국이 4,343건(17%)을 차지

13) 제6장의 자료 출처, '뇌과학선도융합기술개발사업보고서 (과기정통부 및 한국연구재단)'



[그림 10] 주요국가별 뇌과학분야 특허 누적 건수 및 점유율('01~'20)



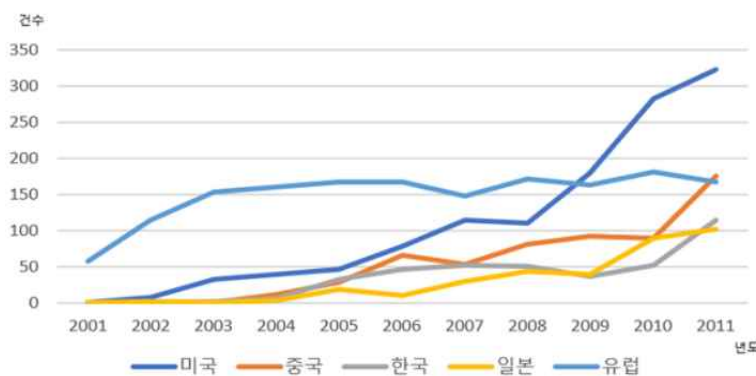
- 중국은 피인용 상위 1% 논문이 차지하는 비중에서 4위에 위치함
 - '11~'20년 뇌과학 분야 전 세계 피인용 상위 1% 논문 피인용 상위 1% 논문(Highly Cited Paper, HCP)은 총 37,049편이며, 미국이 1위, 중국은 4위, 한국은 세계 18위 수준

[표 2] 주요 국가별 고 피인용도 논문이 차지하는 비중

구분	나라	피인용 상위 1% 논문 수(편)	백분율
1	미국	10,780	29.097%
2	영국	3,359	9.066%
3	독일	2,759	7.447%
4	중국	2,110	5.695%
5	캐나다	1,929	5.207%
18	한국	529	1.428%

- 미국, 2001년부터 2020년까지 뇌과학 분야 특허 등록에서 1위 지속
 - 주요국의 뇌과학 분야 특허 등록 건수는 2009년부터 미국이 1위를 지속하고 있음. 2001년~2020년 기간동안의 특허 등록건수 누적합은 미국이 1위, 중국이 2위, 한국, 유럽, 일본은 3, 4, 5위에 위치함¹⁴⁾

[그림 11] 연도별 뇌과학 분야 특허등록 건수('01~'20)



14) '뇌과학선도융합기술개발사업보고서 (과기정통부 및 한국연구재단)'

- 미국, 뇌과학 기술의 수준과 영향력에서 세계적 1위, 중국과 한국이 그 뒤를 잇고 있음
 - 기술 수준을 측정하는 지표에 해당하는 국가별 인용도 지수(Cites per Patent, CPP) 및 특허 영향력 지수(Patent Impact Index, PII)는 인용도 지수 및 영향력 지수에서 미국이 1위, 중국이 2위, 한국이 3위를 차지함¹⁵⁾

[표 3] 국가별 뇌 분야 특허 인용도 지수(CPP) 순위

특허 등록 건수				인용도 지수(CPP)		
국적	등록 건수	순위	비율	CPP	비율	순위
미국	7,940	1위	1	18.9	1	1위
중국	5,301	2위	0.31	1.21	0.18	5위
한국	4,343	3위	0.25	1.77	0.26	4위
유럽	4,014	4위	0.23	1.85	0.27	3위
일본	3,339	5위	0.19	1.82	0.27	2위

[표 4] 국가별 뇌 분야 특허 영향력 지수(PII) 순위

특허 등록 건수				영향력 지수(PII)		
국적	등록 건수	순위	비율	PII	비율	순위
미국	7,940	1위	1	2.643	1	1위
중국	5,301	2위	0.31	0.169	0.18	5위
한국	4,343	3위	0.25	0.247	0.26	4위
유럽	4,014	4위	0.23	0.258	0.27	3위
일본	3,339	5위	0.19	0.524	0.27	2위

- 미국, 뇌과학 기술력 지수 분석에서 지속적으로 세계 선두를 지키고 있으며, 중국과 한국이 2,3위임
 - 특허 기술력 지수(Technological Strength, TS) 분석을 통해 국가별 양적·질적 수준을 종합 평가시, 미국이 지속해서 뇌과학 분야의 선두, 중국은 2위, 한국은 3위를 차지함

[표 5] 국가별 뇌 분야 특허 기술력 지수(TS) 순위

특허 등록 건수				기술력 지수(TS)		
국적	등록건수	순위	비율	TS	비율	순위
미국	7,940	1위	1	20,985	1	1위
중국	5,301	2위	0.31	895	0.18	5위
한국	4,343	3위	0.25	1,072	0.22	3위
유럽	4,014	4위	0.23	1,035	0.21	4위
일본	3,339	5위	0.19	1,749	0.36	2위

- 주요 5개국의 특허 분석 종합 순위, 미국 1위, 중국 2위, 한국 3위로 집계
 - 주요 5개국의 특허 분석 지표별 종합 순위를 보면 미국이 1위, 중국이 2위, 한국은 3위, 유럽 5위, 일본 5위를 차지함¹⁶⁾

15) '뇌과학선도융합기술개발사업보고서 (과기정통부 및 한국연구재단)'

16) '뇌과학선도융합기술개발사업보고서 (과기정통부 및 한국연구재단)'



[표 6] 주요 5개국의 특허 분석지표별 순위 종합

특허 등록 건수				인용도지수 (CPP)		영향력 지수 (PII)		기술력 지수 (TS)		시장확보 지수(PFS)		시장력 지수 (PMI)	
국적	등록 건수	순위	비율	CPP	순위	PII	순위	TS	순위	PFS	순위	PMI	순위
미국	7,940	1위	1	18.9	1위	2.643	1위	20,985	1위	0.33	1위	1.05	3위
중국	5,301	2위	0.31	1.21	5위	0.169	5위	895	5위	0.1	5위	0.48	5위
한국	4,343	3위	0.25	1.77	4위	0.247	4위	1,072	3위	0.11	4위	0.63	4위
유럽	4,014	4위	0.23	1.85	3위	0.258	3위	1,035	4위	0.27	2위	1.73	1위
일본	3,339	5위	0.19	1.82	2위	0.524	2위	1,749	2위	0.17	3위	1.29	2위

4

중국 뇌과학 정책 및 연구기관 현황

▶ 중국 과학기술부와 자연과학기금위원회가 주최한 전략 회의에서 중국 과학자들은 뇌 프로젝트의 핵심 요소로서 인간 인식의 신경 기반을 중요시함

- 중국 뇌 프로젝트는 ‘뇌과학과 뇌 영감 지능’이라는 이름으로 2016년부터 2030년까지 15년 계획으로 수립

- 주요 뇌 질환의 사회적 부담이 증가함에 따라 새로운 예방, 진단 및 치료 방법이 필요. 이를 위해 빅데이터 시대에 뇌 영감을 받은 컴퓨팅 방법과 시스템의 활용이 중요시됨

▶ 중국 14·5 계획에서 뇌과학 기술을 유전자·바이오기술 및 임상 의학과 함께 3대 생명과학 분야로 선정하고, 집중적으로 지원하고 있음

- 중국의 과기부가 주도하는 ‘과기혁신 2030 - 중대 프로젝트’와 ‘국가 중점 연구개발프로젝트’ 내에 디지털 바이오 R&D를 포함시키고 그 중 뇌과학을 주요 지원과제로 선정
- ‘과기혁신 2030- 중대프로젝트’는 바이오 분야에서 현재 뇌과학 및 뇌모방, 종자산업, 건강보장 등 3대 방향을 집중적으로 지원¹⁷⁾
- 이 중, 뇌연구분야 지원 계획은, 일명 ‘중국 뇌연구계획’으로 ‘21년 9월에 정식 가동되어, 총 31억 4,800만 위안(5,536억 728만 원)의 예산을 투입해 5대 분야 총 59건의 프로젝트 지원하기로 결정
- 프로젝트 수행 기간은 일반적으로 5년, 프로젝트당 최대 5건 과제 허용, 프로젝트당 참여기관 수는 최대 10개로 제한

17) 한중과학기술협력센터 (www.kostech.re.kr)

- 중국국립자연과학재단(NSFC, National Natural Science Foundation of China)과 중국 과학기술부가 공동 설계한 (China Brain Project, CBP)를 2016년에 공지 후, 세부 추진 계획 수립에 6년이 소요되었고, 최종 2021년 9월에 상세 내용이 공표됨
- 2021년 5개년 계획(14차 5개년 계획 2021-2025)¹⁸⁾에서 중국 뇌 프로젝트에는 50억 위안의 예산이 할당되었으며 향후 지속적으로 증액 예상¹⁹⁾
- 특기할 사항으로, 미래 중국 내 뇌과학 연구자 양성을 위하여 신진뇌과학자 지원 프로젝트가 마련되어 개별과제당 500만위안 규모로 지원 착수²⁰⁾

[표 기] ‘뇌과학 및 뇌모방’ 5대 분야 대표 프로젝트 명

	연구 분야	대표 프로젝트명	
1	뇌인지 원리 이해 및 분석	신경 세포의 기원·분화·노화 진척	정서 및 감정 신경 회로 기전 등
		장기 기억 소실 관련 신경 기전	인체 뇌 단세포 유전자 및 단백질 발현 등
2	뇌질환 발병 기전 및 간섭기술	치매 임상 연구	우울증 발병 기전 및 간섭 기술
		알츠하이머 발병 기전	수면장애 발병 기전 및 간섭 기술 등
3	뇌 모방 컴퓨팅 및 인공지능 기술	신형 미소침습 뇌-머신 인터페이스 기술	신형 나노부품 기반 신경형태 칩
		뇌모방 칩 관련 심층학습 방법	생체모방 스마트 무인시스템 등
4	아동 및 청소년의 뇌 발달	소아 정서 관련 뇌 기전	뇌이상 유발 뇌엽 발육 기전 등
5	기술 플랫폼 구축	다모드 뇌지도 연구 신기술	신경활동 기록 및 제어 신기술 등

- 중국의 뇌과학 프로젝트는 전통적인 뇌신경과학 분야뿐만 아니라 최근에는 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 발전에도 주력하고 있어 중국의 뇌과학 기술 전문가들의 활발한 연구 개발이 진행

[표 8] 중국뇌과학프로젝트의 세부 추진 방향

연구 방향	대표 프로젝트명
인지 기능의 원리 분석	신경세포의 기원, 분화 및 노화과정, 감각과 정서 상호작용의 신경 메커니즘, 지각 학습의 신경 메커니즘 등 22개 연구 방향 포함
인지 관련 장애	치매에 대한 임상연구 외 우울증, 알츠하이머, 수면장애, 조울증, 약물 중독 등 뇌질환의 발병 메커니즘 및 간섭기술 등 7개 연구 방향 포함
뇌 모방 컴퓨팅 및 뇌-컴퓨터 지능	신형 나노부품에 기반한 신경형태 칩, 뇌모방 칩을 지향하는 심층 학습방법, 뇌모방 청각 모형 및 시스템 연구 등 10개 연구 방향 포함

18) <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386137>

19) China Brain Project: From bench to bedside, Lin Lu, China Brain Project: From bench to bedside, Lin Lu, 2023.02

20) https://www.sohu.com/a/490485700_120580655



연구 방향	대표 프로젝트명
아동 및 청소년의 뇌 발달	• 영유아 및 청소년의 정서 문제 및 교류능력 관련 뇌 메커니즘, 지적 장애 관련 뇌엽 발육 메커니즘 등 3개 연구 방향 포함
기술 플랫폼 구축	• 신경 활동 기록 및 제어 관련 신기술 등 2개 연구 방향 포함
신진과학자 프로젝트	• 중요한 뇌 생리현상에 관한 신경 원리 등 15개 연구 방향 포함

▶ 2024 중관촌 포럼에서, 중국 뇌-컴퓨터 인터페이스 (Brain-Computer Interface, BCI) 개발 현황을 발표하고, 향후 연구개발 계획에 대한 심도 있는 논의를 진행

- 국가 신경질환 의학센터장 겸 베이징 수도 의과대학 원장(趙國光,Zhao Guoguang)은 미래 뇌과학기술에서 뇌-컴퓨터접속 기술이 핵심에 위치해 있으며 중국이 중요한 역할을 할 것이라고 강조
 - 2024년도 Nature 지 발표 세계 7대 주요 혁신 기술로 단백질 설계, 딥페이크 탐지, 대형 DNA 삽입, 초고해상도 이미징, 세포 지도, 3D 나노 재료 인쇄기술 등과 함께 뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI) 기술이 선정

[그림 12] 국가신경질환의학센터장겸 베이징 수도의과대학 원장의 발표내용 일부



▶ 중국의 뇌과학 연구기관은 베이징, 라오닝, 상해, 광둥 지역이 가장 집중적으로 분포²¹⁾

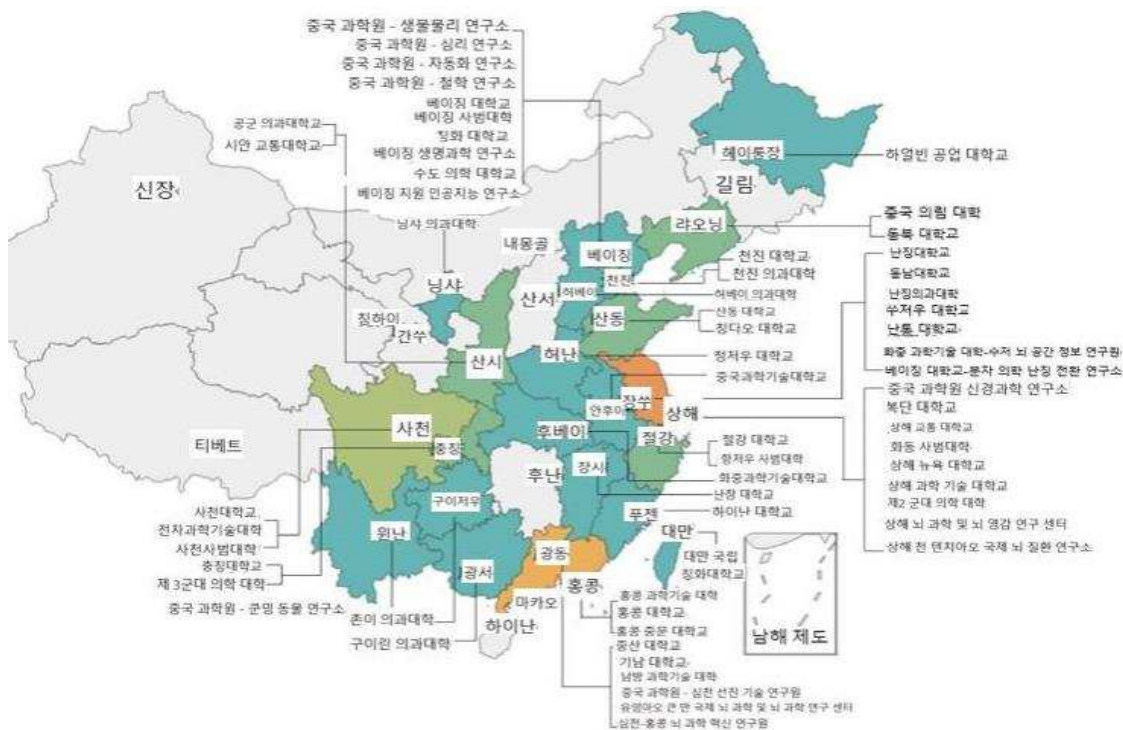
- 뇌과학은 의료 분야에서 중요한 연구 분야로 인정되어, 중국 43개 의료 관련 국가 중심 실험실 중 4개가 뇌 과학 특화실험실로 선정되었고, 230명의 정규직 연구원이 연구 수행중
 - 베이징과 상해는 각각 베이징 뇌과학과 뇌 모사 연구 센터 및 상해 뇌과학과 뇌 모사 연구 센터를 설립하고, "뇌과학과 뇌 모사 지능" 지역 프로그램을 시작하여 관련 연구 프로젝트를 지원 중
 - 대학들도 뇌 모사 지능 연구 센터를 설립하고 있으며, 베이징과 상해가 현재 중국의 뇌과학 연구가 가장 집중된 지역으로 점차 발전하고 있는 추세

21) 한중과학기술협력센터

- 베이징 뇌과학과 뇌 모사 연구 센터에는 중국 과학원, 군사 과학원, 베이징 대학, 청화 대학, 베이징 교육 대학, 중국 의학 과학원, 중국 한의학 연구원 등이 포함
- 상해 뇌과학과 뇌 모사 연구 센터는 중국 과학원, 푸단 대학교, 상해 교통 대학, 동제 대학교, 화동 교육 대학, 상해 과학 기술 대학 등이 포함되어있음

그림 26 - 국가신경질환의학센터장겸 베이징 수도의과대학 원장의 발표 내용 일부

[그림 13] 중국의 뇌과학 연구기관 분포



- 중국 과학원 (CAS)는 신경과학 국가 중심 실험실, 뇌와 인지 과학 국가 중심 실험실, 뇌과학 지능 기술 우수 혁신 센터, 동물 모델과 인간 질병 기작 중심 실험실, 뇌 기능과 뇌 질환 중심 실험실 등을 통해 연구
 - 광둥성, 충칭시, 천진시, 허난성, 흑룡강성 및 쓰촨성 등의 지방 정부를 포함한, 각 지역 대학들도 뇌과학 연구를 활발히 진행 중
 - 교육부가 시작한 ‘피크 프로그램’을 통해 중국 대부분의 지방에서 대학을 중심으로 뇌 과학 연구 센터를 설립하여 운영 중

[표 9] 중국 내 지역별 뇌과학 연구실 현황 및 홈페이지²²⁾

성(省份)	연구소명	소속 기관	설립연도	URL
안후이	생명과학학부 - 신경 생물학 및 생물 물리학학과	중국과학기술대학	N/A	生命科学院 (ustc.edu.cn)



성(省份)	연구소명	소속 기관	설립연도	URL
북경	뇌와 지능 기술 및 응용 국가 공학 실험실	중국과학기술대학	2017	类脑智能技术及应用国家工程联合 实验室 (ustc.edu.cn)
	북경대학교 IDG 맥고언 뇌과학 연구소	북경 대학교	2011	北京大学IDG麦戈文脑科学研究所 (pku.edu.cn)
	의과대학 - 신경과학 연구소	북경 대학교	1992	北大医学部神经科所 (bjmu.edu.cn)
	생명과학학부	북경 대학교	1993	北京大学生命科学学院 (pku.edu.cn)
	심리학 및 인지과학 학부	북경 대학교	2016	北京大学心理与认知科学学院 (pku.edu.cn)
	북경 사범 대학교 IDG 맥고언 뇌 연구소	북경 사범 대학교	2011	北京师范大学-IDG/麦戈文脑科学 研究院 (bnu.edu.cn)
	인식 뇌과학 및 학습 국가 중점 실험실	북경 사범 대학교	2005	北京师范大学认知神经科学与学习 国家重点实验室 (bnu.edu.cn)
	칭화 대학교 IDG 맥고언 뇌 연구소	칭화 대학교	2013	清华-IDG/麦戈文脑科学研究院 (tsinghua.edu.cn)
	임상 신경 과학 연구소	칭화 대학교	2011	
	뇌와 지능 연구실	칭화 대학교	2017	清华大学脑与智能实验室 (tsinghua.edu.cn)
북경	뇌 학습 연구 센터	칭화 대학교	2014	清华大学类脑计算研究中心 (tsinghua.edu.cn)
	북경 생명과학 연구소	과학기술부	2001	北京生命科学研究所 (nibs.ac.cn)
	북경 뇌 주요 질병 연구소	수도 의과학 대학교	2012	北京脑重大疾病研究院 (bibd.org.cn)
	국가 신경계 질환 임상 첨단 연구소	수도 의과학 대학교	2013	国家神经系统疾病临床医学研究中心-北京天坛医院 (bjtth.org)
	뇌과학과 인공 지능 미디어 연구소	중국 전매 대학교	2013	中国传媒大学脑科学与智能媒体研 究院 (cuc.edu.cn)
	북경 인공지능 연구원 (BJAAI)	베이징 시 과학기술 위원회	2018	北京智源人工智能研究院 (baai.ac.cn)
푸젠	신경과학 연구소	샤먼 대학교	2012	@厦门大学神经科学研究所 的个人 主页 - 微博 (weibo.com)
광둥	심천 선진 기술 연구원 - 뇌 인지 및 뇌 질환 연구소	중국과학원	2014	中国科学院深圳先进技术研究院 (siat.ac.cn)
	뇌 과학 연구 센터	남방과학기술대학	2016	
	유강만 유홍준 기념 중추 신경 재생 연구원	지난대학교	2012	粤港澳中枢神经再生研究院 (jnu.edu.cn)
	유강만 유홍준 대만 만과 뇌과학 및 뇌 유사한 연구 센터	남방의학대학	2018	粤港澳大湾区脑科学与类脑研究中 心 (smu.edu.cn)
	심천-홍콩 뇌 과학 혁신 연구원	심천 선진연구소 / 홍콩과학 기술대학	2019	香港科技大学深圳研究院 (szier2.cn)
	뇌 질환 및 인지 과학 연구 센터	심천대학교	2014	深圳大学脑疾病与认知科学研究中 心 (szu.edu.cn)
	중산 의료 대학 신경과학 연구 센터	중산대학교	N/A	精神与神经疾病研究中心 中山大学 附属第三医院 (zssy.com.cn)
광서	광서성 뇌와 인지 신경과학 중요 실험실	구이린 의과대학	2014	桂林医学院广西脑与认知神经科学 重点实验室 (glmc.edu.cn)
구이저우	구이저우성 일반 고등학교 뇌과학 특색 중요 실험실	존이 의과대학	2016	南方医科大学粤港澳大湾区脑科学 与类脑研究中心 (gz.gov.cn)
하이난	하이난성 열대 뇌과학 연구 및 전환 중요 실험실	하이난 의과 대학	2020	实验室简介-海南省热带脑科学研究 与转化重点实验室 (hainmc.edu.cn)

성(省份)	연구소명	소속 기관	설립연도	URL
허베이	허베이성 뇌 노화 및 인지 신경과학 실험실	하이난 의과 대학	2005	河北省脑老化与认知神经科学实验室 - @Info - 中国协同创新网 (cipnet.cn)
	대학 제일 병원 - 허베이성 뇌과학 및 정신 심리 질환 중요	하이난 의과 대학	2020	我院召开河北省脑科学与精神心理疾病重点实验室建设启动会 - 医院新闻 - 河北医科大学第一医院官方网站 (jyyy.com.cn)
	허베이성 뇌와 유사 뇌 신경 장치 및 시스템 중요 실험실	하이난 대학교	2020	河北省类脑神经器件与系统重点实验室 (hbu.cn)
허난	허난성 뇌과학 및 뇌-기계 인터페이스 기술 중심 실험실	정저우 대학교	2016	河南省脑科学与脑机接口技术重点实验室 (zzu.edu.cn)
하얼빈	뇌과학 및 뇌 인공지능 연구 센터	하얼빈 공업대학교	2019	脑科学与类脑智能研究中心 (hit.edu.cn)
	뇌과학 및 뇌 질환 실험실	하얼빈 공업대학교	2019	我校成立脑科学与类脑智能研究中心和脑科学与脑疾病实验室 (hit.edu.cn)
후베이	뇌 연구소	중국 화중과학기술대학교	2014	
	신경계 중대 질병 교육부 중심 실험실	중국 화중과학기술대학교	2004	
	우한 뇌과학 센터	중국 화중과학기술대학교	2019	
후난	어린이 심리 발달 및 뇌 인지 후난성 중심 연구실	마오우 신저우 남 제1사범대학교	2020	儿童心理发育与脑认知科学湖南省重点实验室 (hnfnu.edu.cn)
길림	길림성 인지 신경과 뇌 지능 발달 중심 실험실	동북사범대학교	2021	吉林省认知神经科学与脑智发展重点实验室 - 东北师范大学心理学院 (nenu.edu.cn)
강쑤	뇌과학 연구소	난징 대학교	2018	南京大学脑科学研究院 (nju.edu.cn)
	뇌과학과 인공지능 기술 연구소	동난 대학교	2018	
	뇌과학 연구소	난징 의학 대학교	2019	专访南京医科大学脑科学研究院刘宏毅教授 - 新闻资讯 - 沃华医药 (wohua.cn)
	신경과학 연구소	쑤저우 대학교	1998	苏州大学神经科学研究所 (suda.edu.cn)
	신경과학 학과	난통 대학교	1999	南通大学神经科学系简介 (ntu.edu.cn)
	장쑤성 신경 재생 중심 연구소	난통 대학교	2007	神经再生重点实验室 (ntu.edu.cn)
	쑤저우 뇌 공간 정보 연구소	화중과학기술대학교	2016	华中科技大学苏州脑空间信息研究院 - 国家技术转移中心 (hust.edu.cn)
	분자의학 난징 전환 연구소	북경 대학교	2019	北京大学分子医学南京转化研究院_企业重点实验室_南京江北新区管理委员会 (nanjing.gov.cn)
강서	생명과학 연구원 - 신경 정신 질환 연구소	난창 대학교	N/A	中国医科大学网站 (cmu.edu.cn)
려닝	N/A	중국 의과대학	N/A	中国医科大学网站 (cmu.edu.cn)
	신경과학 연구소	동북 대학교	2013	神经科学研究所 (neu.edu.cn)
닝샤	두개주 뇌 질환 중점 실험실	닝샤 의과대학	N/A	宁夏医科大学颅脑疾病重点实验室 (nxmu.edu.cn)
산둥	뇌 및 뇌 유사 과학 연구원"	산둥 대학교	2007	山东大学脑与类脑科学研究院 (sdu.edu.cn)



성(省份)	연구소명	소속 기관	설립연도	URL
	신경 재생 및 재활 연구원	칭다오 대학교	N/A	青岛大学神经再生与康复研究院 (qdu.edu.cn)
	의학부 - 산둥성 신경과학 연구 센터	칭다오 대학교	2000	山东省神经科学研究中心-青岛大学青岛医学院 (qdu.edu.cn)
산서	의과 대학 - 뇌과학 연구소	산서 다통 대학교	2003	大同大学脑科学研究所 (sxdt dx.edu.cn)
산시	중국 인민해방군 신경과학 연구소	공군 군의학대학	1992	教研室简介-空军军医大学神经生物学教研室 (fmmu.edu.cn)
	량구거 뇌 연구 센터	공군 군의학대학	1995	公共文化服务平台 (cqvip.com)
	서안 교통대학 제1 부속 병원의 뇌 과학 연구 센터	서안 교통 대학교	2018	脑科学研究中心 (jdyfy.com)
상해	대뇌과학 연구원	복단 대학교	2006	复旦大学脑科学研究院 (fudan.edu.cn)
	인공지능과 기술 연구원	복단 대학교	2015	复旦大学类脑智能科学与技术研究院 (fudan.edu.cn)
	교육부 뇌과학 전방 과학 센터	복단 대학교	2018	脑科学前沿科学中心 (fudan.edu.cn)
	뇌과학 전환 연구원	복단 대학교	2019	复旦大学脑科学转化研究院 (fudan.edu.cn)
	심리학과 행동 과학 연구원	상해 교통대학교	2018	上海交通大学心理与行为科学研究院 (sjtu.edu.cn)
	의학원	상해 교통대학교	N/A	上海交通大学医学院 (shsmu.edu.cn)
	인공지능 응용 기술 연구 센터	상해 교통대학교	2018	SJTU Brain-inspired Application Technology Center
	뇌 기능 유전체학 교육부 중심 연구실	화동사범대학	N/A	华东师范大学 - 脑功能基因组学教育部重点实验室 (ecnu.edu.cn)
	심리학과 인지 과학 학부-인지 신경 과학 연구소	화동사범대학	N/A	心理与认知科学学院 (ecnu.edu.cn), 华东师范大学认知神经科学研究所 (ecnu.edu.cn)
	신경과학 전공 (학부)	상하이 뉴욕 대학	N/A	神经科学 上海纽约大学 (nyu.edu)
	뇌와 인지과학 연구소	상하이 뉴욕 대학	N/A	中心概况 BCS NYU Shanghai
	생명과학 및 기술 학부	상하이 과학기술대학	N/A	生物科学 上海纽约大学 (nyu.edu)
	N/A	해군 의학대학	N/A	海军军医大学 (smmu.edu.cn)
	TCCI 뇌과학 선두실험실 - 화산병원	천교 뇌과학 연구원	N/A	
	TCCI 뇌과학 선두실험실 - 상해 정신 보건 센터	천교 뇌과학 연구원	N/A	
사천	N/A	사천 대학교	N/A	四川大学 Sichuan University (scu.edu.cn)
	사천성 뇌과학 및 유사뇌 지능 연구원	전자과학기술대학	N/A	(uestc.edu.cn)
	뇌와 심리과학 연구원	사천 사범대	N/A	脑与心理科学研究院 (sicnu.edu.cn)
천진	천진시 뇌과학센터	천진 대학교	2019	
	N/A	천진 의과대학	N/A	天津医科大学-Tianjin Medical University (tmu.edu.cn)
홍콩	분자 신경과학 국가 중요 실험실	홍콩 과학기술대학	N/A	Home State Key Laboratory of Molecular Neuroscience (hkust.edu.hk)
	생물 의학 이미징 및 신호 처리 실험실	홍콩 대학교	N/A	BISP Lab - The University of Hong Kong (hku.hk)

성(省份)	연구소명	소속 기관	설립연도	URL
홍콩 절강	N/A	홍콩 중문대학	N/A	首页 香港中文大学 (深圳) (cuhk.edu.cn)
	교육부 뇌 및 뇌-기계 통합 전방과학 센터	절강 대학교	2018	教育部脑与脑机融合前沿科学中心 (zju.edu.cn)
	신경과학 연구 센터	절강 대학교	2005	系统神经与认知科学研究所 (zju.edu.cn)
절강 충칭	뇌과학 및 뇌의학 학부	절강 대학교	2019	浙江大学脑科学与脑医学学院 (zju.edu.cn)
	구자원 고등연구원	절강 대학교	N/A	Qiushi Academy for Advanced Studies, Zhejiang University (zju.edu.cn)
	인지 및 뇌 질환 연구 센터	항저우사범대학	2016	杭州师范大学 认知与脑疾病研究中 心 (hznu.edu.cn)
	뇌과학 공동 혁신 센터	충칭 대학교	N/A	
	N/A	육군군의학대	N/A	陆军军医大学 (tmmu.edu.cn)

* 출처: 我国主要脑科学研究机构不完全名单 (不包含中科院机构及北京/上海脑科学与类脑研究中心)

5 시사점

▶ 한중 뇌과학기술 교류 강화를 위해 학술적 교류를 통한 연구경쟁력 향상이 필요

- 뇌관련 학회 차원에서는, 한중 뇌과학 유관 학회가 진행하고 있는 정기 학술대회 프로그램 내 양국의 연구 현황을 공유할 수 있는 고정 프로그램을 설정하여 학술위원회의 정식 추진
 - 학회 홈페이지에 온라인 플랫폼을 구축하고 한중양국 신경과학자들간의 소통창구로 활용 (웹세미나, 온라인 포럼 등 운영)
 - 뇌과학연구에 필요한 동물 모델시스템의 상호 지원 창구 운영 (예, 중국이 강한 유인원 동물 모델과 한국이 강한 뇌지도 구축 기술등 상호간 미충족기술 분야의 지원을 통한 상생전략 확보 등)
 - 한중 뇌과학 관련 학회들이 정기적 공동학술대회 및 워크숍 개최를 통해 최신 연구동향 공유기회 마련
- 한중 연구 인력 교류 프로그램 운영
 - 중국과 한국의 뇌과학 관련 학회들이 연구 인력 교류 프로그램을 운영하여, 연구자들이 상대국의 연구기관에서 일정 기간 동안 연구를 수행할 수 있도록 지원하는 체계 구축 (한국연구재단의 기존 인력교류 프로그램 활성화 등)
- 한중 공동연구개발 프로그램의 고도화와 지속적인 협력 활성화를 위한 후속 연구 모니터링 시스템 도입
 - 연구사업비 지원 차원에서는, 현재 운영중인 한중 공동연구개발 프로그램 (한국연구재단 등)을 보다 고도화 하고, 연구사업 종료후 후속 연구 모니터링 시스템을 채택하여 연구 협력을 활성화 지속 모색

22) 출처: 我国主要脑科学研究机构不完全名单 (不包含中科院机构及北京/上海脑科学与类脑研究中心)



- 30년 간의 뇌과학 기술 협력을 뒷받침하는 강화된 모니터링 시스템 도입
 - 정부 조직 지원차원에서 1993년 한중과학기술협력센터 개소 이후 30여년동안 양국 정부간 협력사업 및 한중기술 전문가 네트워크 구축 및 관리업무를 성공적으로 수행해온 센터 내 뇌과학 기술 모니터링 기능을 강화하여, 양국의 주요 뇌연구 유관 기관과의 밀접한 소통 강화

▶ 한중 뇌과학기술 협력개발 추진 시 고려해야할 점

- 한중 연구 협력의 핵심 고려 사항: 문화와 윤리적 차이 대응 전략
 - 중국과 한국의 연구 문화와 윤리적 기준에는 차이가 있어 협력 시 주의가 필요.
 - 연구 데이터의 공유와 관련된 정책, 공동 연구 결과의 논문 게재시 저자 배정 방식 (authorship) 등에 대한 의견 상충지점 발생가능에 대비한 사전 논의 등
- 지적 재산권(Ipr) 분쟁 방지를 위한 한중 연구 협력 초기 단계의 필수 합의
 - 공동 연구 결과에 대한 지적 재산권(IPR) 문제에 대한 분쟁을 방지하기 위해 연구 협력 초기 단계에서 명확히 사전 합의 필요
- 한 중 뇌과학 공동 연구 내용이 국가차원의 보호 대상 여부인지 확인 후 연구 추진
 - 국가첨단전략산업특별법 (2022.8.4.시행,) 내 보안 연구 해당 여부 등

1. Bouteiller, J.M., Legendre, A., Allam, S.L., Ambert, N., Hu, E.Y., Greget, R., Keller, A.F., Pernot, F., Bischoff, S., Baudry, M., et al. (2012). Modeling of the nervous system: from modulation of glutamatergic and gabaergic molecular dynamics to neuron spiking activity. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2012, 6612-6615.
2. Capogrosso, M., Milekovic, T., Borton, D., Wagner, F., Moraud, E.M., Mignardot, J.B., Buse, N., Gandar, J., Barraud, Q., Xing, D., et al. (2016). A brain-spine interface alleviating gait deficits after spinal cord injury in primates. *Nature* 539, 284-288.
3. Chen, P.C., Liu, M., Du, J.S., Meckes, B., Wang, S., Lin, H., Dravid, V.P., Wolverton, C., and Mirkin, C.A. (2019). Interface and heterostructure design in polyelemental nanoparticles. *Science* 363, 959-964.
4. Cole, E.J., Stimpson, K.H., Bentzley, B.S., Gulser, M., Cherian, K., Tischler, C., Nejad, R., Pankow, H., Choi, E., Aaron, H., et al. (2020). Stanford Accelerated Intelligent Neuromodulation Therapy for Treatment-Resistant Depression. *Am J Psychiatry* 177, 716-726.
5. Corazzol, M., Lio, G., Lefevre, A., Deiana, G., Tell, L., Andre-Obadia, N., Bourdillon, P., Guenot, M., Desmurget, M., Luaute, J., et al. (2017). Restoring consciousness with vagus nerve stimulation. *Curr Biol* 27, R994-R996.
6. De Meyer, S., Schaefferbeke, J.M., Verberk, I.M.W., Gille, B., De Schaepdryver, M., Luckett, E.S., Gabel, S., Bruffaerts, R., Mauroo, K., Thijssen, E.H., et al. (2020). Comparison of ELISA- and SIMOA-based quantification of plasma Abeta ratios for early detection of cerebral amyloidosis. *Alzheimers Res Ther* 12, 162.
7. Edelman, B.J., Meng, J., Suma, D., Zurn, C., Nagarajan, E., Baxter, B.S., Cline, C.C., and He, B. (2019). Noninvasive neuroimaging enhances continuous neural tracking for robotic device control. *Sci Robot* 4.
8. Eisele, Y.S., Monteiro, C., Fearn, C., Encalada, S.E., Wiseman, R.L., Powers, E.T., and Kelly, J.W. (2015). Targeting protein aggregation for the treatment of degenerative diseases. *Nat Rev Drug Discov* 14, 759-780.
9. Gao, N., Gao, T., Yang, X., Dai, X., Zhou, W., Zhang, A., and Lieber, C.M. (2016). Specific detection of biomolecules in physiological solutions using graphene transistor biosensors. *Proc Natl Acad Sci U S A* 113, 14633-14638.
10. Grossman, N. (2018). Modulation without surgical intervention. *Science* 361, 461-462.



11. Grossman, N., Bono, D., Dedic, N., Kodandaramaiah, S.B., Rudenko, A., Suk, H.J., Cassara, A.M., Neufeld, E., Kuster, N., Tsai, L.H., et al. (2017). Noninvasive Deep Brain Stimulation via Temporally Interfering Electric Fields. *Cell* 169, 1029-1041 e1016.
12. Hansson, O. (2021). Biomarkers for neurodegenerative diseases. *Nat Med* 27, 954-963.
13. Jensen, S.A., Day, E.S., Ko, C.H., Hurley, L.A., Luciano, J.P., Kouri, F.M., Merkel, T.J., Luthi, A.J., Patel, P.C., Cutler, J.I., et al. (2013). Spherical nucleic acid nanoparticle conjugates as an RNAi-based therapy for glioblastoma. *Sci Transl Med* 5, 209ra152.
14. Lin, Q.Y., Mason, J.A., Li, Z., Zhou, W., O'Brien, M.N., Brown, K.A., Jones, M.R., Butun, S., Lee, B., Dravid, V.P., et al. (2018). Building superlattices from individual nanoparticles via template-confined DNA-mediated assembly. *Science* 359, 669-672.
15. Liu, X., Ramirez, S., Pang, P.T., Puryear, C.B., Govindarajan, A., Deisseroth, K., and Tonegawa, S. (2012). Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall. *Nature* 484, 381-385.
16. Wang, W., Collinger, J.L., Degenhart, A.D., Tyler-Kabara, E.C., Schwartz, A.B., Moran, D.W., Weber, D.J., Wodlinger, B., Vinjamuri, R.K., Ashmore, R.C., et al. (2013). An electrocorticographic brain interface in an individual with tetraplegia. *PLoS One* 8, e55344.
17. Willett, F.R., Avansino, D.T., Hochberg, L.R., Henderson, J.M., and Shenoy, K.V. (2021). High-performance brain-to-text communication via handwriting. *Nature* 593, 249-254.
18. Zhao, Y., You, S.S., Zhang, A., Lee, J.H., Huang, J., and Lieber, C.M. (2019). Scalable ultrasmall three-dimensional nanowire transistor probes for intracellular recording. *Nat Nanotechnol* 14, 783-790.
19. Chen, Y., Niu, Y., and Ji, W. (2016). *J. Intern. Med.* 280, 246-251.
20. Fan, T.P., Yeh, J.C., Leung, K.W., Yue, P.Y., and Wong, R.N. (2006). *Trends Pharmacol. Sci.* 27,297-309.
21. Fu, A.K., Hung, K.W., Huang, H., Gu, S., Shen, Y., Cheng, E.Y., Ip, F.C., Huang, X., Fu, W.Y., and Ip, N.Y. (2014). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 9959-9964.
22. Lamb, J., Crawford, E.D., Peck, D., Modell, J.W., Blat, I.C., Wrobel, M.J., Lerner, J., Brunet, J.P., Subramanian, A., Ross, K.N., et al. (2006). *Science* 313, 1929-1935.
23. Liu, Z., Li, X., Zhang, J.T., Cai, Y.J., Cheng, T.L., Cheng, C., Wang, Y., Zhang, C.C., Nie, Y.H., Chen, Z.F., et al. (2016a). *Nature* 530, 98-102.
24. Liu, Z., Nie, Y.H., Zhang, C.C., Cai, Y.J., Wang, Y., Lu, H.P., Li, Y.Z., Cheng, C., Qiu, Z.L., and Sun, Q. (2016b). *Cell Res.* 26, 139-142



필자 소개

▶ 허 성 오

현) 한림대학교 의과대학 교수

현) 한림대학교 천연의약연구소 소장

현) 국가첨단전략산업 바이오 소위 위원장

전) 한국연구재단 국책본부 뇌첨단의공학 단장

전) 한국뇌신경과학회 회장

전) 한국뇌연구 협회 이사장

전) 제10차 IBRO 2019 세계뇌신경과학총회 공동조직
위원장

전) 국가신약개발재단 사업화본부 본부장

전) 한국분자세포생물학회이사

s0huh@hallym.ac.kr;

sungohhuh@gmail.com

2024.2 vol.2

한중과학기술협력센터

ISSUE REPORT

중국 뇌과학 연구 동향

| 발행일 | 2024. 6.

| 발행인 | 서행아

| 발행처 | 한중과학기술협력센터

주소 : 北京市朝阳区酒仙桥路甲12号电子城科技大厦1308

TEL : 86)10-6410-7876 / 6410-7886

WEB : <http://www.kostec.re.kr>