

발 간 등 록 번 호

11-1721000-000163-13

---

# **뇌연구혁신 2030**

## **- 제3차 뇌연구촉진 기본계획(안) -**

---

**2018. 5. 8.**



**과학기술정보통신부    교육부**  
**산업통상자원부    보건복지부**

# 순 서

I . 수립 배경 .....	1
1. 배경 및 필요성 .....	1
2. 계획의 근거 및 성격 .....	2
3. 추진 경과 .....	3
II . 국내·외 현황 .....	4
1. 글로벌 현황 .....	4
2. 글로벌 뇌연구개발 트렌드 .....	7
3. 우리의 현 주소 .....	8
III . 시사점 및 추진 방향 .....	10
IV . 비전 및 목표 .....	11
V . 중점 추진과제 .....	13
과제 1. 인간 뇌 이해를 위한 뇌 연구 고도화 .....	13
과제 2. 생애주기별 맞춤형 건강뇌 실현 .....	19
과제 3. 뇌원리 적용 지능화·융합 신기술 개발 .....	22
과제 4. 공유·융합 촉진 뇌연구 생태계 구축 .....	25
과제 5. 글로벌 협력체계 구축 .....	30
과제 6. 미래 지향적 뇌산업 육성·지원 .....	33
VI . 투자계획안 및 기대효과 .....	36
VII . 추진과제별 소관부처 .....	39
[별첨] R&D 중점과제 및 정책의제별 연구과제(예시) .....	40

# I. 수립 배경

## 1 배경 및 필요성

- 뇌연구는 인류가 해결해야 할 미래에 가장 기대되는 분야의 하나
  - 현대 과학이 뇌와 정신에 관한 이해를 상당히 진전시켰음에도 뇌에 대한 많은 질문들이 아직 풀리지 않고 남아 있는 상태
    - ※ What Are The Most Important Unanswered Questions In Science That Are Likely To Be Answered By 2025? ('17년 포브스)
  - 뇌 작동원리에 대한 이해 및 활용은 미래사회를 선도하고 삶의 질을 혁신할 것으로 기대되며, 관련 시장도 급속히 증가
    - ※ '14년 기준 뇌의약품 약 170조원, 연구장비 약 29조원, 치료장비 약 4조원, 일반인대상 제품 약 1조원(The Neurotechnology Industry '15~'16 Report)
- 고령화 사회를 대비한 건강하고 행복한 삶의 기반 마련에 뇌연구는 필수적인 요소
  - 전 세계적으로 뇌질환에 의한 사회적 부담이 증가하고 있으며, 뇌연구는 각종 뇌질환의 예방진단·치료를 위한 핵심 분야의 하나
    - ※ '11년~'30년 세계 주요 질환 사회경제적 비용 중 정신건강이 35%로 가장 높을 것으로 추정(The World Economic Forum and the Havard School of Public Health, 2011)
  - 우리나라는 고령화가 전세계에서 가장 빠르게 진행되고 있어 뇌 질환 문제를 해결하기 위한 국가차원의 뇌연구가 절실
    - ※ 국내 '15년 뇌질환 관련 사회경제적 비용은 23조원으로 1위를 기록(The Neurotechnology Industry '15~'16 Report)
    - ※ (치매관리 비용) '15년 13.2조(GDP 대비 0.9%)에서 '50년까지 106.5조원(GDP 대비 3.8%)으로 8.1배가 증가될 것으로 전망(복지부 중앙치매센터, 2017)

◇ 인류 최고의 도전분야인 뇌탐구를 통한 미래사회 혁신 및 고령화 사회 대응 등을 위한 국가 차원의 뇌과학 추진 전략 수립 필요

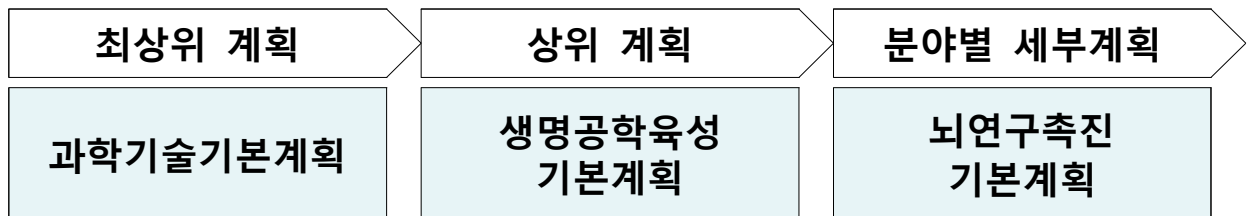
## 2 계획의 근거 및 성격

- (근거) 뇌연구촉진법\*에 따라 과기정통부 등 4개 부처\*\*가 공동으로 수립하는 뇌과학 분야 R&D 최상위 법정계획

\* 뇌연구촉진법 제5조 : 과학기술정보통신부 장관은 관계 중앙행정기관의 뇌연구 촉진을 위한 계획을 종합·조정 한 후, 뇌연구촉진 기본계획을 수립

\*\* 관계부처 : 과학기술정보통신부, 교육부, 보건복지부, 산업통상자원부

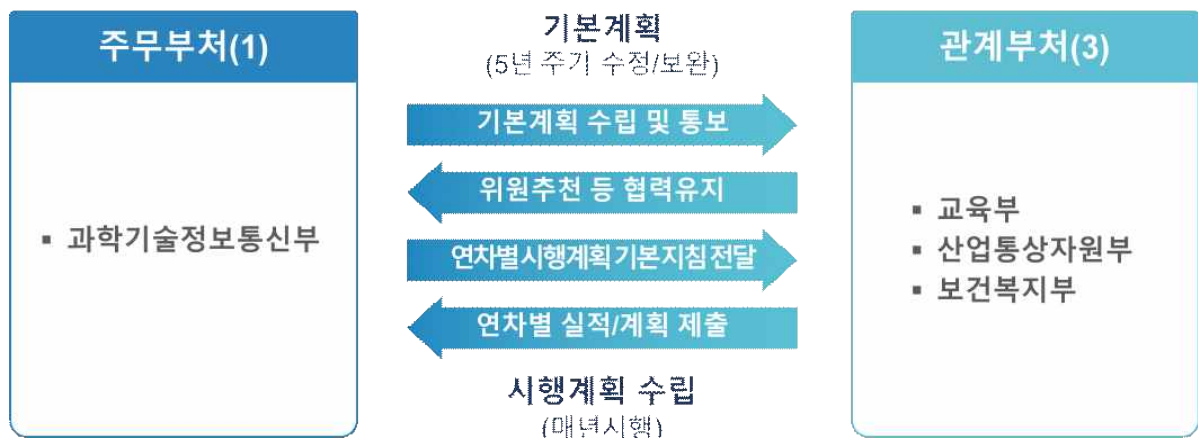
- (성격) 관계부처의 세부계획을 종합·체계화하여 뇌과학 분야를 육성·발전시키기 위한 국가 차원의 비전과 정책방향 제시



- (수립체계) 과기정통부 주관 하에 관계부처 협력을 통해 기본계획을 수립하고 기본계획에 근거하여 매년 시행계획 수립

- 제2차 기본계획('08~'17) 종료에 따라 차기 기본계획 수립을 추진 하며 5년 주기로 단계별 수정/보완 계획\* 발표

\* 제3차 기본계획 (1단계 : '18~'22, 2단계 : '23~'27)



□ '17. 3. : 제 3차 기본계획 수립을 위한 사전 기획연구 추진

- 성과분석(정부투자, R&D 및 산업 성과 등), 국내외 환경 분석 및 이슈 도출

□ '17. 7.~ : 주요 학회 추천 등을 통한 “기획위원회” 구성·운영

- R&D 분과(뇌신경생물, 뇌의약학, 뇌인지, 뇌공학), 산업화 분과, 생태계·인프라 분과 구성

□ '17. 7.~ : 국민 공감대 형성을 위한 대국민 의견 수렴

- 제3차 뇌연구촉진 기본계획 홈페이지\* 개설 등 추진

\* <http://www.kbri.re.kr/new/pages/sub/page.html?mc=3652>

□ '17. 7.~ : 기획위원회 주관 공청회 2회 개최('17.7, '17.11)

- 뇌과학 분야 주요 이슈, 성과, 제도개선, 과제제안 등 의견수렴

□ '17. 12.~ : 제3차 뇌연구 촉진기본계획(안) 작성

- 국내 성과분석, 글로벌 트렌드 분석, 시사점 도출을 통한 추진전략별 중점과제 등 안건 작성

□ '18. 3.~ : 관계부처 및 산·학·연·병 등 이해 관계자 의견 수렴

- 정부 주관 공청회 개최('18.3.26)를 통해 연구 및 병원·산업현장의 공감대를 형성하고 수렴된 의견을 기본계획에 반영

□ '18. 4. : 제3차 뇌연구촉진 기본계획(최종안) 수립

- 관계부처 합동으로 안건 상정

※ 뇌연구실무추진위원회(4.9) ⇨ 생명공학정책종합심의회(5.8)

## II. 국내·외 현황

### 1 글로벌 현황

#### (1) 인간의 뇌에 대한 근본적·종합적 이해 추구

◇ 뇌공학 기반의 기술발전으로 뇌신경회로망 작성 등이 가능함에 따라 주요국에서는 대규모 프로젝트 추진을 통해 뇌의 근원적 이해에 도전

□ (미국) '90년 뇌연구를 위한 근거 법령(Decade of Brain)을 마련하여 체계적으로 지원

○ '13년 하등동물부터 인간까지 뇌신경회로망 작성 및 혁신기술개발을 목표로 “브레인 이니셔티브”(BRAIN Initiative, '13~'25년간 5.2조원) 착수

※ 인간 두뇌작용의 기본원리를 규명하기 위해 뇌 활동의 포괄적 지도작성을 목표로 NIH, DARPA, NSF 등 공공 연구기관 및 구글, GE 등 민간기업 참여

□ (유럽) '91년 '유럽 뇌 10년(European Decade of the Brain)'을 선언하고, 뇌 연구를 본격 시작

○ '13년 뇌를 슈퍼컴퓨터에서 시뮬레이션하는 “휴먼 브레인 프로젝트”(Human Brain Project, '13~'24년간 1.4조원 투자) 추진

※ EU 소속 110여개 기관에서 슈퍼컴퓨터를 이용한 시뮬레이션으로 인간의 뇌 재구성 및 뇌질환 치료약물 효과예측 플랫폼 개발

□ (일본) '97년 '뇌과학의 세기(Century of Brain)'를 선언, 뇌과학에 대한 관심과 사회적 공론화를 제기

○ '14년부터 소형 영장류 뇌를 대상으로 “브레인/마인즈”(Brain/MINDS\*, '14~'24년간 4,000억원 이상 투자) 프로젝트 추진

\* Brain Mapping by Integrated Neurotechnologies for Disease : RIKEN의 BSI 주도로 마모셋 원숭이를 이용한 인간뇌 이해 증진 및 뇌질환 극복 추진

- (중국) '90년대 후반부터 뇌연구 경쟁력 확보를 위해 뇌연구 지원 강화
  - '16년 영장류 뇌지도 작성을 목표로 “차이나 브레인 프로젝트”(China Brain Project, '16~'30년)를 착수
  - ※ 상해 신경과학연구소 및 북경 자동화연구소 중심으로 영장류의 메조스케일 뇌지도 작성을 통한 대뇌의 인지기능연구, AI기술개발 및 뇌질환극복 연구

## [2] 사회문제 해결을 위한 뇌연구 강화

◇ 고령화 및 정서질환 증가 등 사회문제 해결을 위한 뇌연구의 중요성이 부각됨에 따라 선진국들을 치매 등 뇌질환에 대한 투자 강화

- (미국) '11년 '국가 알츠하이머 프로젝트'\*를 승인한 이후 '14년 '알츠하이머 책임법' 제정·시행 중

\* NIH가 지원하는 뇌 연구 관련 가장 큰 민관협력 사업으로 치매 조기진단을 위한 AD의 임상적 소견과 뇌영상·생물학적 지표 추적 및 공유를 목적으로 함

- (유럽) 뇌질환 극복을 위한 치매 연구사업(Joint Programme Neurodegenerative Disease Research)\* 및 치매 예방지원사업(IN-MINDD)\*\* 등 추진

\* 퇴행성뇌질환 과학자와 기초임상 헬스케어 전문가가 참여하여 뇌질환 이해, 진단·치료 톨 개발, 환자·가족 케어를 위한 프로젝트('14년 기준 총 788억원 투자)

\*\* INnovative, Mildlife, INtervention for Dementia Deterrence : 개인정보를 바탕으로 개인 맞춤형 치매 예방 지원 프로그램('12.11~'15.10)

- (일본) “新오렌지 프로젝트”\*( '14~, 710억원) 및 뇌영상·임상, IT 융합에 의한 “알츠하이머 조기진단 실현 프로젝트” 등을 추진

\* 치매 연구 강화, 치매환자와 돌봄 제공자 측면 강조, 치매관련 대중 인식개선 강화, 환자상태에 따른 적절한 치료·케어 제공 등의 사업

### [3] 뇌작동 원리를 활용한 신제품 등장

◇ 뇌작동 원리의 他분야 적용이 촉진됨에 따라 차세대 인공지능 등 고부가가치를 창출하는 신제품 및 기업이 등장 중

□ (차세대 인공지능) 뇌의 작동원리에 기반한 딥러닝 및 인공신경망 기술을 바탕으로 다양한 인공지능 알고리즘 개발 중

○ 구글의 알파고, 테슬라와 구글의 자율주행차, IBM의 의료용 인공지능 왓슨 등 거대 IT 기업 중심으로 인공지능 알고리즘 개발

□ (신경모사 칩) 뉴런 및 시냅스를 모방한 고성능 프로세서 등 뇌의 작동원리를 적용한 새로운 형태의 칩 개발

○ 반도체 기술의 한계 극복을 위하여 '17년 인텔에서 128개의 코어\*로 이루어진 뉴로모픽 칩 개발

\* 1개 코어에 1024개의 인공 신경세포가 있어 랩스터의 신경세포(13만개)보다 많음

□ (뇌-기계 접속) 뇌과학과 뇌신호 정밀 측정 기술의 발달로 생각을 읽고, 이를 이용하여 기계를 제어하는 시스템이 개발됨

○ 뇌-기계 접속(BMI) 시스템을 통해 뇌신호를 디코딩하여 전신마비환자 본인의 팔을 스스로 제어하는데 성공(Nature誌, '16)

○ '16년 엘론 머스크가 생각을 업-다운로드하는 것을 목표로 뉴럴링크사를 창업하고, 대용량 뇌신호 측정을 위한 신경레이스\* 개발 추진

\* 뇌에 이식되어 신경신호를 읽고, 저장하여 외부 컴퓨터와 정보를 주고받을 수 있는 가상의 장치



- (인간중심 통합연구) 기존의 동물 뇌 중심의 연구에서 인간뇌 대상 연구 중심으로 이동
  - 영상기술(비침습 생체 관찰 등), 인공지능 유전자 판독 기술 등의 진전으로 다차원적 신경계의 통합 연구 가능
- (빅데이터 중심) 경험적 진단·치료 중심에서 빅데이터를 활용한 정밀 진단·치료 중심으로 이동
  - 치매·자폐·뇌전증 등의 유전적 원인탐색 및 병인 규명을 위한 모델 구축 및 기초-임상연계 시스템 등 정밀의학적 접근 시도
- (융합 촉진) 뇌과학기술과 NT·BT·IT 등과의 융합을 통해 새로운 가치를 창출
  - 뇌원리를 적용한 차세대 AI 등이 4차 산업혁명의 핵심기반기술로 부상
- (국제적 공조 강화) 뇌신경회로망작성 및 정밀의학 등을 중심으로 글로벌 데이터 공유 및 협력이 강화되는 추세
  - 既구축된 뇌지도 구축결과 공개\* 및 질환별 다양한 국제 컨소시엄\*\*이 구성·운영 중
- (뇌신경 윤리 강화) 신경과학에서 발생 가능한 윤리적·법적·사회적 사안에 선제적 대비를 위한 제도적 장치 마련 중
  - 주요 선진국들은 대형 뇌과학 프로젝트 발표 이후 신경윤리위원회 구성·운영

\* 알렌뇌과학연구소는 최근 뇌지도 연구 결과를 무료로 연구자들에게 개방 중

\*\* 미국·독일·호주 등을 중심으로 한 뇌전증 정밀의학 컨소시엄(EpiPM Consortium) 발족('15) 등

※ (美) BRAIN Initiative의신경윤리 다중위원회 실무그룹 운영(BRAIN MCWG), (EU) 휴먼 브레인 프로젝트의 윤리자문위원회 설치

## (1) 연구개발 투자

- 정부 뇌연구 투자액은 '08년 493억원 → '17년 1,680억원으로 연평균 14.6% 증가하여 정부 R&D 증가율(3.0%) 상회(10년간 총 9,368억)
  - 분야별로 10년간 **뇌의약학**(3,807억, 44.5%), **뇌인지**(1,687억, 19.8%), **뇌공학**(1,585억, 18.6%), **뇌신경생물**(1,461억, 17.1%) 순으로 투자
  - 부처별로는 10년간 **과기정통부** 7,458억원(79.6%), **복지부** 1,343억원(14.3%), **교육부** 297억원(3.2%) 및 **산업부** 270억원(2.9%) 순으로 투자
- '17년 기준 전체 생명공학분야 예산(3조 930억원) 중 **뇌과학 비중은 5.4%**로 주요 선진국(미 18.9%, 일 7%, 영 6.0%)에 비해 낮은 실정

## (2) 연구개발 성과

- SCI 논문수는 '07년 592건 → '16년 975건으로 꾸준히 증가하는 등 기초연구 성과는 우수
    - 특히, 우수 논문 성장률은 세계 최고 수준으로 **질적으로 급속히 성장**
      - ※ IF 상위10% 이내의 우수 논문수 증가율('08년 5편 → '16년 228편)은 9.78%로 세계 2위(중국 18.43%로 1위). '08~'16년간 전세계 SCIE 논문중 한국 2.95%(36,745편)
  - 그간 **추격형 및 논문위주의 연구개발로 인해 뇌투명화기술 등과 같은 범용성 핵심원천기술 확보는 미흡**
    - 연구의 대부분이 기전 규명을 차지하여, 선도 원천기술개발은 매우 미미하여 이에 대한 전략적 투자 필요
    - 논문·특허 분석 등을 통해 도출된 미래 유망 11개 핵심기술\*에 대한 우리나라 기술 수준은 최고대비 평균 74%(델파이조사) 수준
- \* 뇌 특이적 유전자 해독·교정 기술, 멀티스케일 뇌영상·이미징 기술, 비침습·최소침습형 뇌신경 측정·자극 기술, 뇌오가노이드 등

### [3] 인프라 구축

- 국내 뇌연구 허브 역할을 수행할 KIST뇌과학연구소 및 한국뇌연구원 ('11) 설립 등을 통해 글로벌 도약을 위한 발판은 마련
  - 설립 초기단계라 글로벌 수준의 연구역량 확보는 다소 미흡
- 한국뇌은행 네트워크\* 출범('16) 등을 통해 뇌자원 활용체계 구축
  - \* 서울대·강원대·경북대·전남대·부산대병원, 서울아산병원, 서울삼성병원 등
  - 뇌자원의 분양 제한 등 뇌연구를 제약하는 규제가 여전히 존재
- 4개 뇌전문 학부(KAIST, DGIST, 서울대, 이화여대) 및 18개 뇌특화 대학원 과정을 통한 뇌연구 인력 배출
  - 뇌연구 인력풀은 최근 뇌공학, 사회과학분야 등과의 융합연구가 증가함에 따라 '07년 4,000여명 → '16년 21,000여명으로 대폭 확대
  - 인공지능 등 현재 글로벌하게 대두되는 첨단 뇌공학 분야 등은 우수 인력이 부족한 상황

### [4] 기술 사업화 및 산업형성

- '08~'17년간 혈액기반 치매조기진단 기술 등 총 46건의 기술이전 등을 통해 뇌관련 기업이 등장
  - 로고스바이오시스템스, 오비이랩, 뉴로벤티, Ybrain, SYSOFT 등 뇌관련 중소 벤처기업 등장 (평균 연매출 9.6 억원)
- ICT 기반의 글로벌 뇌 시장이 성장기에 접어들고 있는 반면에, 국내 뇌시장은 태동기로서 뇌특화 산업생태계가 조성되지 않음
  - 특허건수가 세계 6위 수준('16년 국외 출원 54건, 등록 15건)임에도 사업화로의 연계는 미흡 (국내 출원 215건, 등록 55건)

### Ⅲ. 시사점 및 추진방향

- (정책) 현재 태동기에 있는 국내 뇌관련 시장과 연구의 특수성을 고려하여 선택과 집중을 통한 정부주도의 강력한 육성정책 필요
  - 선진국의 기술경쟁력 확보를 위한 뇌연구 투자 강화에 대응하여 중점 연구분야 분석 등을 통한 대형 뇌연구 플래그쉽 사업 추진
- (기술) 후발주자로서의 추격형 연구에서 벗어나 우리가 강점을 갖는 분야부터 선도형 뇌연구로의 탈바꿈 필요
  - 뇌연구 기반 범용성 핵심원천기술 확보 및 미래성장동력 확보를 위해 뇌분야 R&D 혁신 및 4차 산업혁명의 핵심 기반기술 개발 강화
- (산업) 뇌산업의 기술집약 특성을 고려하여 사업화 경험이 풍부한 CEO와 기술 개발자를 연계한 창업·사업화 촉진 필요
  - 원천기술 확보 증대 추세에도 불구하고, 후속 연구 부족으로 기술 이전 및 사업 성공률은 미미하여 이를 극복하기 위한 전략 필요
- (사회·문화) 급속한 고령화와 정서질환 증가 등 뇌 관련 사회문제 해결을 위하여 국민의 요구에 부응하기 위한 관련 R&D 확대
  - 뇌질환의 진단, 예방, 치료 기술개발을 위하여 개개인의 특성을 고려한 정밀의학 개념을 뇌질환에 도입 적용하는 R&D 추진
- (네트워크) 선진국에 비해 한정된 자원문제 극복을 위한 국내외 자원공유 플랫폼 마련 및 글로벌 네트워크 활성화
  - 글로벌 뇌연구 프로젝트 참여 및 공동연구를 활성화 추진
  - 국내 뇌 관련 산·학·연·병이 공동으로 참여, 산재된 연구데이터를 집적한 통합 Open DB 시스템 구축

## IV. 비전 및 목표

### 비전

**뇌 이해 고도화와 뇌 활용의 시대 진입**

### 목표

- 뇌에 대한 근원적 이해 도전
- 뇌질환 극복을 통한 국민 부담 경감 및 삶의 질 제고
- 뇌연구 기반 신기술 창출

### 추진 방향

**인간의 이해에  
다가가는 뇌과학**

**사회문제를  
해결하는 뇌과학**

**미래사회를  
대비하는 뇌과학**

### 중점 과제

#### 1. 인간 뇌 이해를 위한 뇌연구 고도화

➡(세부목표) 뇌분야 기초연구 2배 확대('~23), 뇌신경망 구축

#### 2. 생애주기별 맞춤형 건강뇌 실현

➡(세부목표) 치매발병 5년 지연, 치매 증가속도 50% 감소

#### 3. 뇌 원리를 적용한 지능화·융합 신기술 개발

➡(세부목표) 5대 핵심기술\* 글로벌 Top 기술력 확보

\* 차세대 인공지능, BMI, 뉴로모픽 칩, 뉴로모듈레이션, 전자약 등

#### 4. 공유·융합을 촉진하는 뇌연구 생태계 조성

➡(세부목표) 신경윤리위원회 설치, 뇌연구특화 병원 지정

#### 5. 글로벌 협력체계 구축

➡(세부목표) 국제뇌이니셔티브 참여, 국제신경윤리회의 정기 개최

#### 6. 태동기 기술·창업 중심의 뇌산업 육성

➡(세부목표) 매출 1,000억 규모 기업 10개 창출

## <참고> 1차, 2차, 3차 기본계획의 주요목표 및 성과



## V. 중점 추진과제

### 1 인간 뇌의 근본적 이해를 위한 뇌 연구 고도화

#### 현황 및 분석

- 뇌에 대한 근원적 이해를 위해 분자·세포수준에서 부터 뇌전체에 대한 구조·기능\* 분석(뇌신경망 구축)이 필요

\* 870억 개의 신경세포가 100조개 이상의 시냅스로 연결되어 있는 신경망으로 구성

- 최근 혁신적인 뇌 관측·분석 기술 등장 및 일상생활 모니터링 등 인간의 뇌 이해를 위한 다양한 접근이 시도됨
- 뇌연구 선진국들은 소규모 단편적 접근에서 벗어나 대규모 프로젝트를 통해 통합적 이해를 추진
  - 자국의 예산·강점 등을 고려한 뇌신경망 구축 및 핵심 원천기술 개발과 이를 활용한 뇌질환 극복, 인공지능 개발 등을 목표로 추진
- 우리나라는 뇌지도 구축을 위한 시범사업으로 의사결정 등을 담당하는 고위뇌기능 연구를 추진 중
  - 뇌지도 구축에 필수기술(단일세포 수준의 시퀀싱 기술, 뇌조직 투명화 기술 등)의 평균 기술수준은 선진국 대비 평균 약 84%(텔파이 조사) 수준



- 또한, 2차 기간 동안 4대 분야의 논문 및 특허가 양적·질적으로 성장하였으나, 세계적 수준의 원천기술 개발은 미흡

⇒ (대응방향) 뇌신경망 형성 및 작동원리 규명을 통한 복잡한 인간 뇌 기능의 근원적 이해 추진

- ① 연구자 중심의 기초연구 강화, ② 글로벌 최초로 도전하는 핵심 원천연구, ③ 뇌지도 구축을 위한 "Korea Brain Initiative" 추진 ④ 인간의 사회·문화적 행동에 대한 연구 추진, ⑤ 효과적 뇌 원리이해 방법론 및 모델 개발



□ 연구자가 자유롭게 뇌작동 원리 및 뇌질환 기전 연구 등을 수행할 수 있도록 연구자 주도 자유공모형 기초연구 확대

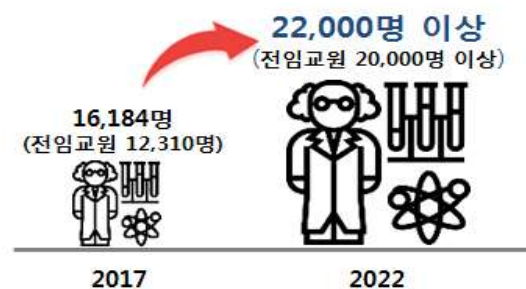
○ “제4차 과학기술 기본계획”에 따라 기초 연구비를 확대\*하고 기초·원천연구 성과의 정책연구 기획 및 사업화로의 연계 강화

※ 제4차 과학기술기본계획(기초연구 투자확대: ('17) 1.26조원 → ('22) 2.5조원)

< 기초연구비 확대 >



< 기초연구 기획 확대 >



○ 뇌과학 분야를 포함한 기초연구 저변확대와 연구역량 강화를 위한 개인 및 집단연구(기초연구실, 선도연구센터, 중점연구소 등) 지원 확대

□ 기초성격의 원천 연구를 중심으로 연구자의 창의성 및 자율성에 바탕을 둔 미들업(middle-up) 과제 확대

○ 다양한 분야의 연구자들이 참여할 수 있도록 융합적 연구목적을 제시함과 동시에 폭넓은 연구내용, 기획(RFP) 간소화 등 추진

○ 뇌과학분야 지원 과제에 대한 심층 분석을 통하여 후속 연구 등 발전이 필요한 과제를 원천 연구개발 사업 등에서 연계\*·지원

\* (예시) 기초과학 → IBS 등 / 생명 → 바이오·의료기술개발 등

□ 우수한 연구자가 초기부터 생애 전주기동안 연구 역량을 발전시켜 연구성과를 창출할 수 있도록 수월성 중심의 연구지원 강화

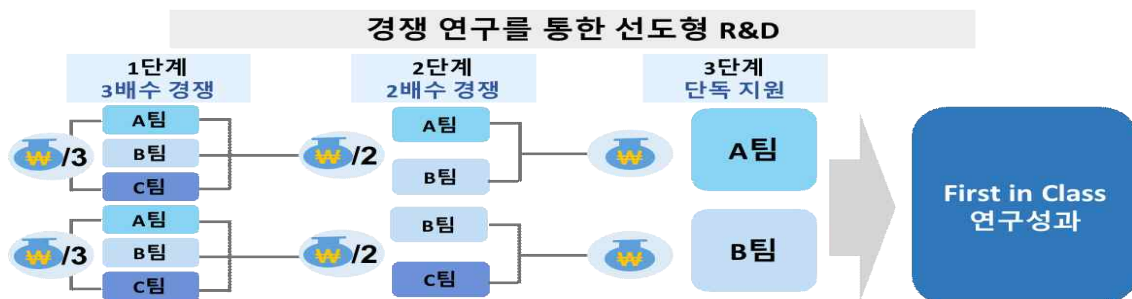
○ 우수 연구자가 연구단절 없이 중견·리더연구로 재진입하여 연구 성과를 지속적으로 창출할 수 있도록 연구비 지원



## 1-2

## 글로벌 최초로 도전하는 핵심 원천연구 추진

- 뇌투명화 기술과 같이 뇌연구 패러다임을 바꿀 수 있는 범용성 핵심 기술 개발을 위한 「Brain Grand Challenge Project」 추진
  - 우리의 강점분야를 활용할 수 있는 핵심 원천기술 분야\*를 선정하여, 중장기 과제로 추진
    - \* 뇌 특이적 유전자 해독/교정 기술, 멀티스케일 뇌영상/이미징 기술, 비침습/최소 침습형 뇌신경활동 측정 및 자극기술, 뇌 정보 데이터 마이닝 및 분석기술 등
  - 뇌연구의 질적인 성장을 위해 기초연구 및 원천기술 개발에 대한 지속적인 지원 확대
  - 중복연구 허용 및 3단계 경쟁을 통한 성과 창출 극대화 추진



## 1-3

## 「Korea Brain Initiative」 추진

- 뇌의 근원적 이해에 도전하는 Korea Brain Initiative 플래그쉽 사업 추진
  - 감각-운동연구, 학습-기억력 연구, 감정 조절연구 및 사회적 소통 연구를 중심으로 뇌기능 이해·증진을 위한 혁신적 뇌융합 기술개발
    - ※ 신경계 형성 및 작동기전, 뇌신경회로망 구조·기능 및 챌린지기술 개발 등을 목표로 그랜드 챌린지 기술개발을 위한 예타사업('20~'29) 추진
  - 국내 가용자원 및 활용성을 고려하여 인지·판단 등 인간 고위뇌 기능을 담당하는 대뇌피질의 뇌신경망 구축\*

\* 분자/세포/회로망/행동 등 정보를 포함한 매크로에서 마이크로 스케일에 이르는 통합 멀티스케일 지도제작으로 맞춤형 정밀의학 등 필수정보 제공 가능

※ 뇌신경망사업단('17~'22년)사업 종료후 한국뇌연구원 기관고유사업으로 추진 하여 총 10년간 뇌신경망 구축 및 기술개발을 위한 플래그쉽 사업 추진

□ 뇌 전체에 대한 지도는 미국·EU·일본 등이 참여 예정인 「International Brain Initiative(IBM)」 참여를 통해 획득

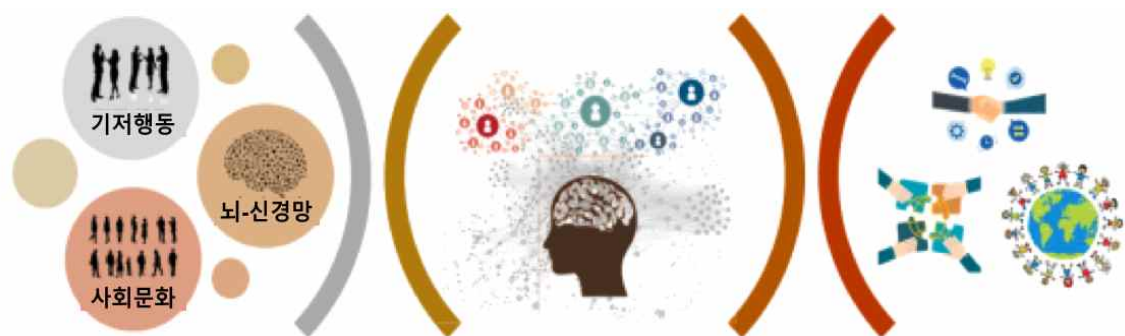
○ 신경과학 통합 데이터·정보 관리 및 실시간 공유를 위한 클라우드 기반 오픈 플랫폼(International Brain Station) 구축 참여

#### 1-4

#### 인간의 사회·문화적 행동에 대한 연구 추진

□ 인간의 사회·문화적 상호작용과 관련된 뇌의 기전연구와 사회·문화적 역량 향상을 위한 뇌 조절기술 연구

○ 신경망 조절을 통하여 사회성 향상 및 인지 기능 증진 등 가능



사회문화-행동-뇌 통합 모형      사회-문화적 역량 평가 도구      사회-문화적 역량 향상을 위한 신경망 조절 기술

□ 인간의 감성 및 심리에 관련된 뇌회로망 작동원리 연구 및 이를 활용한 뇌관련 콘텐츠를 ICT 산업에 결합·응용

○ 감성 디자인 건축, 뇌자극 기반의 VR(Virtual Reality)을 이용한 새로운 형태의 영화 및 뉴로 마케팅 등 창출

※ 스낵회사에서 뇌파(EEG) 측정 결과를 바탕으로 제품 포장재 출시('08), 국내 자동차 회사에서 소비자를 대상으로 fMRI를 활용하여 신차명 결정('12)

- 실험실 수집 데이터는 실생활에서 활용 가능성이 낮아, 일상 속에서 수집된 뇌인지 정보를 뇌연구에 적극 활용

※ 웨어러블 형태의 뇌신호 측정 기기를 활용하여 일상환경에서의 뇌신호 정보를 획득하여 일반인, 영유아, 장노년 및 환자 등 다양한 그룹을 대상으로 한 연구 가능



## 1-5

## 효과적 뇌 원리이해 방법론 및 모델 개발

- 동물 개체 수준에서 적용이 어려운 인간의 뇌 발달과 질환 발병과정의 생체외 모델링을 위해 주요 뇌영역 맞춤형 오가노이드 제작·활용

※ 인간 유래 세포 모델을 활용하여 약물 독성, 유효성 검사 등 치료용 약물의 고속 선별 과정에 활용함으로써 동물모델 기반 전임상실험 실패 극복

- 다양한 동물모델 제작과 신경계·신경세포 수준 라이브러리 구축으로 종간, 성별간\* 뇌발달 비교분석을 통한 뇌신경계 작동원리 규명

※ 영장류 연구를 확대하여 일본·중국을 중심으로 영장류 연구의 주도권이 이동하고 있는 국제적 환경변화에 대처

\* 최근 유럽연합, NIH를 중심으로 과학기술분야 연구개발에서 성/젠더 차이를 반영 또는 통합해 분석하는 젠더혁신 확산

- 인간 뇌 정보를 이용하여 다양한 알고리즘을 개발하기 위한 계산 수학적 기반의 인간 뇌 모델링 연구 촉진

※ 광유전학 기반으로 구축된 인지 관련 신경회로의 동적 데이터베이스를 바탕으로 뇌 작동의 기본 원리를 이해하기 위한 이론모델 설계

## 현황 및 분석

- 고령화로 인한 치매 등 퇴행성 뇌질환과 우울증, 중독 등 정신 질환으로 인한 사회·경제적 손실이 심각한 사회문제로 대두

※ '50년 치매환자 3.9배('17년 70만명 → '50년 271만명), 치매관리비용 8.1배('15년 약 13.2조원 → '50년 106.5조원) 증가 예상

- 해외에서는 민관협력을 통해 생애 전주기적 뇌질환 코호트에 기반한 치매국가 프로젝트 및 정신질환 관련 장기 R&D 추진 중

※ ADNI 사업/알츠하이머법 제정(미국), 新오렌지 치매 프로젝트(일본), 자폐 마커 컨소시엄(미국), 마일스톤 유청소년 정신질환 코호트(유럽)

- 글로벌 기업 위주의 투자는 치매 등 시장성이 큰 뇌질환 치료제 개발에 집중되어 있으며, 최근 조기진단 디바이스 시장으로 확대 중

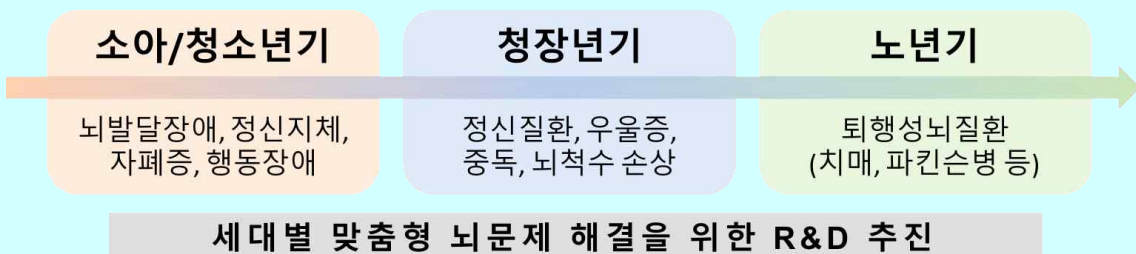
- 우리나라는 과기정통부 및 복지부 중심의 개인연구 차원의 뇌질환 기전연구 및 중소사업단을 통한 조기진단 기술 등 개발 추진

※ 과기정통부 발달장애, 자폐, 중독, 치매연구사업단('14~ ), 치매DTC융합 연구단('15~ ), 복지부 질환극복기술개발사업 등

- '17년말 현재 뇌질환 파이프라인은 20여개로 전체 신약 파이프라인의 9.4% 차지하고 있으나 아직 승인 약물은 없음

⇒ (대응방향) 생애 전주기 동안 발병 가능한 뇌질환의 조기예측, 예방 및 치료기술 개발을 통해 국민의 삶의 질 향상

①국가치매책임제에 대응한 과학기술을 통한 치매 극복 추진, ②고발병성 뇌질환 연구개발 강화, ③난치성·희귀뇌질환 진단 및 치료기술 개발



## 2-1

## 치매국가책임제에 대응한 과학기술을 통한 치매극복 추진

□ 치매의 원인규명 및 예방, 조기진단 및 관리, 치료기술 개발을 통해 국민의 치매부담 감소 및 삶의 질 향상 도모

○ ‘치매발병 5년 지연으로 치매 증가속도 50% 감소’를 목표로 국가 치매 R&D사업 기획 및 예타사업 추진

※ 2040년 치매환자 약 45만명 감소(2,177천명 → 1,730천명) 목표

○ 중요성에 비해 치매 R&D투자가 국제권고 수준에 턱없이 부족한 만큼 투자확대를 통한 성과창출 추진

※ 국제권고 수준(치매관리비용의 1%) 1,320억원 대비 1/3 수준인 432억원('15년 기준)

원인규명 및 예방	혁신형 진단	맞춤형 치료	체감형 돌봄
<ul style="list-style-type: none"> <li>원인탐색 및 규명, 고도화</li> <li>고위험군 조기발굴 및 발병 예측기술</li> <li>예방관리기술 개발 및 확산 전략수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>영상진단 정확도/일관성 향상 기술개발</li> <li>혈액, 체액 기반 최소침습 진단 기술개발</li> <li>생체신호 기반 침단/혁신 진단 기술</li> <li>융합형 진단 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>근원적 치매 신약개발</li> <li>조기 임상진입(Fast-Track) 치매 신약개발</li> <li>비약물 치매 치료 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>치매환자 기능지원 및 안전 향상 기술</li> <li>돌봄부담 경감 및 편의증진 기술</li> <li>환자의 능동적 사회참여 지원 기술</li> </ul>
인프라 구축			
<ul style="list-style-type: none"> <li>개방형 치매 데이터베이스 시스템 구축</li> <li>치매 뇌은행(인체자원 포함) 구축</li> <li>기초임상 연구 플랫폼(MRI) 구축</li> </ul>			

## 2-2

## 고발병성 뇌질환 연구개발 강화

□ 치매 외 발병률이 높고 심각한 사회문제를 일으키는 우울증, 자폐, 중독 등을 우선 해결대상 과제로 선정하여 연구개발 강화

□ 주요 질병별 코호트 및 빅데이터 구축을 통한 뇌질환 기초 기전연구 강화 및 맞춤형 뇌질환 정밀의료 구현을 위한 기반마련



- 파킨슨, 자폐 등 환자의 적극적인 참여가 가능한 환우회를 중심으로 자발적 뇌질환 코호트 구축 지원
- 기관별로 구축된 코호트 및 뇌질환 정보를 공동 활용할 수 있는 빅데이터 플랫폼 구축·공유



## 2-3 난치성 · 희귀뇌질환 진단 및 치료기술 개발

- 후발주자로서 틈새시장 공략을 위한 희귀질환 연구 추진
  - ※ 글로벌 제약사들은 주요 뇌질환 치료제 개발에 집중
- 희귀 뇌질환의 원인규명, 질환 분류 표준화 확립 및 치료제 등 극복기술 개발
- 난치성 및 발달장애 뇌질환의 진단·치료·예방 기술개발 지속 지원
  - 신경병증성 통증, 뇌혈관 · 뇌손상 뇌질환 등 난치성 질환에 대한 병태생리 및 효과적 치료 기술 개발
    - ※ 통증 객관화를 위한 바이오마커 발굴, 이를 활용한 검사진단 툴 개발 및 인체삽입 혹은 부착 가능한 간편한 신경조절기술 개발 등
  - 초산 연령 증가에 따른 소아 뇌발달, 미세먼지 노출로 인한 산모의 건강과 소아 뇌발달 등 관련 장애간의 연관성 연구
  - 자폐 및 자폐 스펙트럼 장애의 신경세포 손상 및 뇌회로망 결함 등 발달장애에 대한 조기진단 및 치료기술 개발

## 현황 및 분석

- 뇌모사 인공지능 등 창의적 뇌과학 기술이 4차 산업혁명 시대에 생활 및 산업 전반에 영향을 미칠 핵심 기술로 부상
  - 미국 등 해외 선진국은 4차 산업혁명의 핵심인 초연결, 초융합, 초지능 관련 기술개발 및 실용화를 위한 국가 프로젝트 추진
    - ※ DARPA 신경공학시스템디자인사업 프로젝트(미국), BMI 요소기술지원 프로젝트(유럽), 인공지능기술 전략(일본), China Brain Project의 인공지능사업(중국)
  - 전세계적으로 기존의 뇌치료 및 영상의료 산업 확대와 ICT 기업을 중심으로 빅데이터 및 혁신기술 기반의 새로운 형태의 뇌산업 태동
    - ※ 뉴로모픽칩(인텔), BMI 및 인공지능 기술(뉴럴링크), 뇌영상 기반 분석기술(IBM), 전자현미경 이미징기반 ICT 기술(Google), 게임·VR 기반 Digital Medicine (Akili) 등
- 우리나라는 운동장애 재활을 위한 BMI기술 개발 및 신경세포 활성측정 기술 등 원천기술확보를 위한 국책사업 수행
  - 뇌공학 전반의 기술수준은 글로벌 최고수준 대비 약 67%이며 그중 BMI 기술은 48%로 매우 낮은 수준
  - 그러나 최근 전체 뇌공학 핵심기술에 대한 특허 성장률은 선진국 대비 2배 이상으로 급속히 성장 중
    - ※ 국내 BMI, 뇌자극 및 측정 기술의 기술성장률 선진국대비 3배, 뇌영상 장비기술 성장률은 선진국대비 2배

⇒ (대응방향) 뇌 작동원리의 연구성과를 他분야에 적용하여 기존 기술과 지식을 뛰어넘는 4차 산업혁명의 핵심 기반기술 제공

- ① NI+AI 연계 4차산업혁명 핵심 기반기술 개발, ② 융합을 통한 신개념 뇌질환 치료법 개발

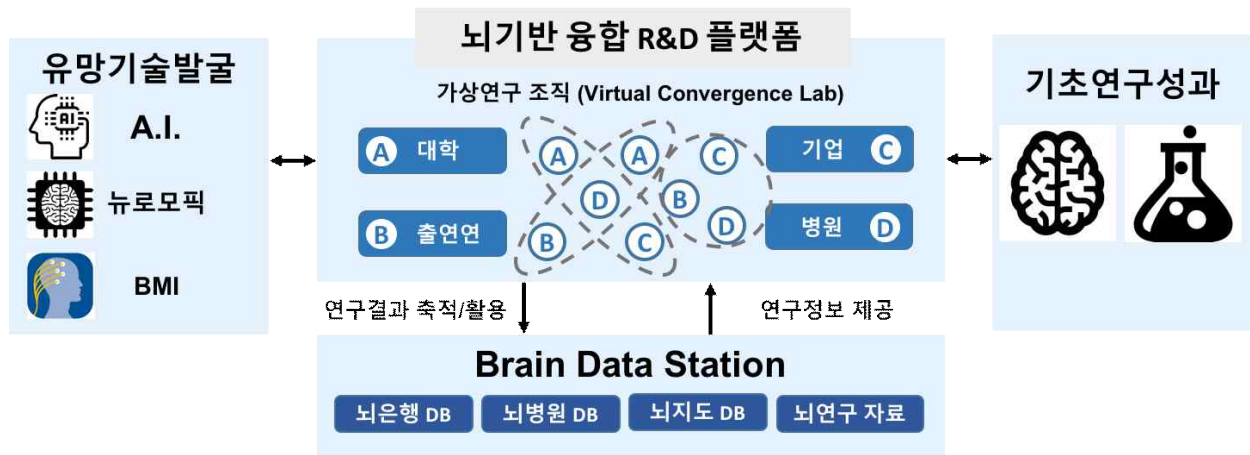
- 인공지능을 활용하여 뇌원리를 규명하고, 규명된 뇌원리를 차세대 인공지능, BMI 등 핵심기반 기술개발에 활용하는 선순환 체계 구축



- 뇌과학 연구로부터 산출되는 대용량 자료를 인공지능을 이용·분석하여 뇌지도 제작 등에도 활용, 이를 통하여 뇌 작동원리를 규명
  - 신경망 작동 원리를 인공신경망에 적용하여 인간에 가까운 인공지능 개발 및 신경망을 모방한 차세대 컴퓨터 하드웨어 설계 등 추진
  - 뇌-기계 인터페이스(BMI) 기반 신체·인지·감각기능 복원 및 증강 기술 등 인간·기계 양방향 고등인지 초연결 기술 등 개발
  - 다양한 신경세포와 전자칩을 연결하여 뇌의 기능을 모사하는 인공 뇌회로망과 인공뇌 형성 기술 및 브레인칩 등 개발
- 美 DARPA 모델에 근거한 산·학·연·병 융합연구조직(Virtual Convergence Lab) 구축을 통하여 철저한 목표지향적 프로젝트로 추진



- 논문위주 보다는 미래유망 신시장 창출이 가능한 기술 중심의 중장기 협동프로젝트로 추진



### 3-2 융합을 통한 신개념 뇌질환 치료기술 개발

- 약물의 부작용을 줄이기 위하여 뇌의 국부 영역에만 약물을 정밀 전달하는 기술 개발
  - 나노물질 등을 이용한 나노로봇과 자기장 및 집속 초음파를 이용한 자극 기술을 적용하여 목표 부위에 비침습적, 국소적 약물 전달
- 다양한 뇌질환 치료에 적용하기 위한 인체 삽입형 또는 부착형 신경자극·조절기기인 전자약 개발
  - 장기간 인체 내 삽입 가능한 높은 생체 적합성을 갖는 초소형 시스템 제작 기술 개발

## 현황 및 분석

- (인력양성) 3개 대학 및 18개 대학원을 통해 양적 배출은 충분하나, 교육과정의 표준화와 융합을 강화하기 위한 프로그램은 부족
  - 미국 등 선진국의 경우 뇌과학을 생명과학의 한 과목이 아닌, 대학의 학과 혹은 학부 단위로 개설하여 전문가 양성
    - ※ 미국내 50개 이상의 대학에 신경과학 학부 학과가 개설되어 있으며, 학과 내에 다양한 세부 연구 분야의 전문가들이 모여서 커리큘럼을 구성
- (인프라) 1, 2차 기본계획을 통하여 연구기관 설립 및 장비구축 등의 연구 인프라 외형은 확대되었으나 내실화 필요
  - 뇌연구 선진국은 뇌연구의 집약·융합성이 강화되는 추세에 따라 장비개발 등도 함께 수행하는 강소형 허브 연구소의 역량 강화
    - 우수병원을 중심으로 의학연구단지(medical research complex)를 구축하여, 기초연구·임상시험·사업화의 전주기 지원을 통한 성과창출
- (제도) 뇌조직 분양 제한 등 뇌연구를 저해하는 규제 개선 필요
  - 뇌신경윤리를 강화하는 세계적 추세에 맞춰 뇌 관련 법적·윤리적 문제를 다루기 위한 제도 개선 필요

⇒ (대응방향) 뇌연구를 가로막는 장애물 제거 및 혁신주체간 융합·네트워크 강화를 통한 글로벌 수준의 뇌연구 생태계 조성

①융합형 인력양성 강화, ②뇌연구 자원 확보 및 활용 플랫폼 구축, ③뇌연구특화병원 지정 등을 통한 R&D 효율성 제고, ④뇌연구 활성화를 위한 제도·규제 개선, ⑤건전한 뇌연구를 위한 뇌신경 윤리 강화, ⑥ 글로벌 역량을 갖춘 강소형 뇌연구소 육성, ⑦ 국민과의 뇌과학 소통 강화

## 4-1

### 융합형 인력양성 강화

- 뇌연구의 융합도가 높아짐에 따라 대학내 융합 프로그램 확대
  - 뇌 전문 학과를 갖춘 대학간 커리큘럼(전공필수과목)을 공유·표준화하고 온라인 교육, 학점 상호 인정 및 공동학위 프로그램 등 확대
    - ※ 한국형 온라인 공개강좌(K-MOOC)사업 적극 활용
  - 생물·화학·의학·물리학·공학 등 뇌연구 분야 진출 학과 및 컴퓨터공학 등 인공지능 관련 학과를 대상으로 뇌 관련 교과 신설 지원
- 글로벌 생태계가 강화되는 추세에 맞춰 고립에서 벗어나 선도할 수 있는 글로벌 뇌연구 인력 양성 추진
  - 해외 인력교류 프로그램 신설 및 석·박사 과정부터 국제 공동연구 참여 촉진을 통하여 글로벌 감각을 갖춘 인재로 육성
- 기획과정에 他분야 전문가가 참여하여 융합연구를 지향하는 연구환경 조성 및 안정적으로 연구를 수행할 수 있는 프로그램 신설
  - ※ 4대 분야간 융합, 他분야와의 융합, 기초연구와 응용기술과의 융합 등 추진

## 4-2

### 뇌연구 자원 확보 및 활용 플랫폼 구축

- 뇌연구의 세계적 경쟁력 확보를 위한 첨단 신규 장비 구축
  - 초정밀 신경회로망 등의 연구성과는 장비성능에 크게 의존하는 만큼 이에 대한 대응 필요
    - ※ 초정밀 멀티빔 전자현미경 구축 및 뇌연구 특이적 첨단 융합장비 개발센터 구축
- 출연(연)을 중심으로 보유중이거나 도입예정인 뇌관련 고가 연구장비 및 시설의 효율적인 공동활용 체계 구축
  - 초고속 마이크로 스케일 이미징 장비(뇌연구원), 뇌자도(표준연), 7T MRI, 초저온 전자현미경(IBS) 등 고가장비의 활용도 제고

□ 산발적으로 집적되고 있는 국내 뇌연구 데이터를 집적, 표준화한 데이터 포털 플랫폼(Korea Brain Data Station) 구축

○ 산·학·연·병이 연구 및 창업 등에 공동으로 활용할 수 있도록 공개



#### 4-3 뇌연구특화 병원 지정 등을 통한 R&D 효율성 제고

□ 뇌질환 관련 연구정보와 자원의 집약을 통한 연구 및 치료효율성 제고를 위해 뇌연구특화 병원 지정 및 뇌융합연구센터 등 연계

○ 뇌연구특화병원 및 뇌질환 환자군 보유 병원간 온라인 클리닉 컨소시엄 구축

○ 기초연구부터 임상응용, 의공학까지 연계한 융합 R&D 수행 지원 및 뇌융합 연구센터 운영

○ 병원, 의과학연구센터(MRC) 및 MD-PhD 사업 간의 협력 네트워크 강화



※ 질환해결형 기초 뇌연구-임상연계 프로젝트, 초장기적 코호트 구축 및 정보 분석 활용, MD-PhD와 의공학 연구자들을 통한 융합적 뇌연구 수행

#### 4-4 뇌연구 활성화를 위한 제도·규제 개선

□ 뇌은행에서 뇌연구자원 분양이 가능하도록 「시체해부법」 개정

○ 뇌연구자원의 확보 및 분양관리체계의 공공성과 안전성을 고려한 뇌은행 운영근거 및 뇌은행 윤리지침 등도 함께 마련

- 뇌연구자원의 체계적인 수집·관리·분양 체계를 구축함으로써 뇌은행 활성화 추진
- 뇌은행간 뇌연구자원 통합정보시스템 구축·운영(KBRI)으로 연구자에게 필요한 뇌연구 자원에 대한 정보 제공

#### 4-5

#### 건전한 뇌연구를 위한 뇌신경윤리 강화

- 뇌신경과학 기술의 진보로 발생하는 윤리·사회·법률적 문제에 선제적으로 대응하기 위한 제도 마련
  - 정부 내에 전문가들로 구성된 ‘뇌신경윤리위원회’ 설치하여 전문적 자문 수행 및 뇌신경윤리 가이드라인 마련(뇌연구촉진법 등 개정)
  - 뇌신경과학기술 관련 이슈의 조사 및 연구·정책기획을 독립적으로 수행하는 ‘뇌신경윤리정책센터’ 지정
  - 국제기구(UN 등) 및 국제신경윤리학회 등에서 제기하는 글로벌 이슈에 대한 검토·자문 강화
  - 현재 국내 대학에 미설치된 ‘신경윤리’ 과목을 신설하고, 신경윤리에 관한 대중의 인식과 참여를 권장하는 교육·홍보 강화
- ※ IBI 등 국제협력을 통한 뇌신경윤리 전문가 양성 프로그램 지원

#### 4-6

#### 글로벌 역량을 갖춘 강소형 뇌연구소 육성

- 한국뇌연구원 및 KIST뇌과학연구소 등을 기관 특성에 맞게 세계 최고수준의 허브 연구소로 육성
  - 한국뇌연구원은 국제 뇌연구 이니셔티브의 파트너로서 역량 강화와 통합 DB 구축을 중심으로 한 국내 뇌연구 Hub 역할수행
- ※ 뇌지도 핵심 인프라와 지도 작성기술 표준화, 뇌연구성과·자원의 집적·공유 시스템(뇌연구·자원정보센터) 구축, 뇌융합연구센터 운영 등 허브역할



○ KIST 뇌과학연구소는 종합연구소의 강점을 살려, 他분야와 융합 연구를 통한 융합형 선도기술 창출에 집중

※ (기타 기관) 보유 장비·시설 및 특화기술 등을 중심으로 연구, 선도기술 창출

○ IBS는 의식, 정서, 사회성 등에 관여하는 뇌의 작동원리 규명 등 개인 연구자가 수행하기 어려운 대형 장기 기초연구 수행

## 4-7 국민과의 뇌과학 소통 강화

□ 대국민 관심 및 이해를 증진시키기 위한 다양한 홍보 활동 전개



<세계뇌주간>



<Int'l Brain Bee>

○ 세계뇌주간, Int'l Brain Bee 등을 활용하여 친밀하고 이해하기 쉬운 뇌과학 홍보

※ Brain TED, 뇌과학 경연, 다양한 실습프로그램 운영

※ 국립과학관을 중심으로 뇌과학 전시·체험 프로그램 확대

□ 뇌과학 칼럼, 시리즈물 및 단행본을 활용한 일반인 대상 뇌과학 정보 제공

○ 뇌신경윤리 등 뇌과학 주제 전반을 소개하는 단행본 발간, 일간지 등을 활용한 뇌과학 칼럼 연재 등 추진

※ 뇌과학 주요이슈, 기술동향, 뇌질환의 이해 등 대중의 이해를 위한 주제 소개

**<뇌과학 칼럼>**

영양학자  
(원문가의 세계 뇌의 비밀)(14) 뇌 속의 또 다른 뇌  
사실적 뇌 연구 생물의 역사를 썼다

**<주간뇌연구동향>**

\* 한국뇌연구원

**<주간뇌연구동향>**

\* 한국뇌연구원

□ 일반 국민들의 뇌과학에 대한 호기심과 궁금증을 풀어주기 위한 소통창구를 한국뇌연구원 홈페이지, 인터넷 포털 등에 마련

## 5 글로벌 협력체계 구축

### 현황 및 분석

- 뇌지도 구축 등 뇌관련 연구는 대규모 자원 및 인력이 투자되어야 하는 만큼 개별 국가가 추진하기에는 어려운 실정
  - 대규모 프로젝트를 추진하고 있는 국가들을 중심으로 국제 협업 체계 구축에 대한 공감대 형성
  - UN에서 International Brain Initiative를 선언('16.9월)하고, 미국·EU·한국·일본·중국 등을 중심으로 뇌과학 협력 및 향후 질환 극복과 미래 대응전략 마련을 위한 착수 선언문 발표('17.12)



- 우리나라는 개인연구자 및 기관 중심의 국제 공동연구 추진 중
  - 한·영 뇌과학 심포지엄 매년 정례 개최 및 한국뇌신경과학회 등에 국제연자 초청 및 연차학술대회를 통한 연구자 교류 진행 중

⇒ (추진방향) 글로벌 협력을 통해 뇌과학분야의 리더십을 확보하고, 연구개발의 효율성 제고

- ①국제 뇌과학 이니셔티브(Int'l Brain Initiative) 참여, ②국제 뇌신경과학총회 (IBRO) 성공적 개최, ③한-중-일 뇌과학 분야 연구협력체계 구축

- 국제 뇌과학 이니셔티브(IBI)에 참여하여 국제적인 뇌연구 성과 데이터 공유와 뇌과학 분야의 핵심정보 및 혁신적 기술 습득

※ 뇌신경회로망(뇌지도) 작성 기술의 최적화·표준화를 위한 데이터 획득 및 분석에 활용

- 새로운 기술 및 학제간 접근방법 습득을 위한 연구자 교류 활성화, 뇌신경윤리 가이드라인 모색 등 국제적 뇌연구 공조체계 구축
- “제1회 국제 뇌과학 이니셔티브 대표자 회의” 한국개최(‘18.5월) 등을 통해 IBI내에서 주도적 역할 수행

< International Brain Initiative 운영방향 >





- 우리나라 주도로 국제 뇌신경윤리위원회 정례화 추진 등을 통한 뇌신경윤리분야 글로벌 선도
- ‘윤리적인 뇌연구’에 대한 국제공조 강화를 통한 공통 가이드라인 제시 및 국제 뇌신경윤리위원회 사무국 유치 등 추진



## 5-2

### 국제 뇌신경과학총회(IBRO) 성공적 개최

- 뇌신경과학 분야의 최대 학술대회인 “국제 뇌신경과학총회(IBRO)”의 국내 유치 및 개최
- “IBRO 2019 학술대회” 개최(19.9, 대구)를 통하여 한국의 글로벌 리더십 강화 및 산업계의 기술정보 교류 활성화를 위한 기회 제공



- IBRO World Congress는 각국의 대표되는 뇌연구 학술 단체가 참여하여 뇌신경과학 전 분야를 아우르는 세계적인 권위의 학술대회로 매 4년마다 개최되는 전 세계 4,000 여 명의 세계적인 뇌과학자들이 참여하는 글로벌 뇌연구 학술대회
- '19년 9월 21~25일 한국(대구)에서 개최될 10차 IBRO world congress는 노벨상 수상자인 Kurt Wuthrich('02)와 Erwin Neher('91)를 비롯한 전세계 약 4,000여명의 석학들과 신경과학자들이 참석할 것으로 예상됨

## 5-3

### 한·중·일 등 뇌과학 분야 협력체계 구축 및 내실화

- 한·중·일간 긴밀한 상호 협력체계 마련으로 글로벌 뇌연구에 대한 “아시아의 새로운 협력적 리더십” 제고
- 한·중·일 뇌지도 작성 및 핵심기술 공동개발, 상호 인력 교류 및 정기적 학술 교류 심포지엄 개최 등 추진
  - ※ IBRO 2019 세계총회 시, Asian Neuroscience Community 구성
- 한·EU(ERC) 협력 프로그램 등을 통한 선진국 톱클래스 연구자와의 공동연구 확대
- 한·영 뇌과학 컨퍼런스('07~)를 통한 정기적 학술교류와 뇌기능 이해 및 뇌신경망 기술개발을 위한 협력 프로그램 추진

## 현황 및 분석

- 뇌 관련 산업은 막대한 성장성을 지닌 대표적 미래형 산업분야
    - 뇌관련 기기시장은 '16년 76억불에서 연평균 약 12%로 성장하여 '20년에는 120억불 규모에 이를 전망 (Neurotech Reports, 2016)
    - 뇌질환 치료제 관련 글로벌 시장은 '14년 기준 약 800억불 규모로 전체 의약품 시장의 15%에 해당
  - 해외에서는 거대 기업의 개방형 혁신 투자와 신생기업의 진입이 용이한 생태계 구축
    - 특히 미국은 산업화 가치 증진 프로그램(SBIR 등) 및 생명과학 분야 특화 클러스터(Boston/Cambridge bio-cluster 등) 지원 등 추진
      - ※ 전체 SBIR 예산 중 바이오 분야에 32%인 8억불을 투자(2015)
    - 빅데이터 기반의 ICT 기업의 뇌연구 투자 및 뇌산업 창업 활발
  - 우리나라는 원천기술 확보 중대 추세에도 불구하고, 후속 연구 부족으로 기술이전 및 사업화 성공률은 미흡
    - 미성숙한 산업 구조, 다른 조직 장기에 비해 접근성이 어려운 뇌의 특징으로 인한 연구개발 어려움 등으로 민간투자 부족
      - ※ '17년말 기준 국내에서 개발한 29종 신약 가운데 뇌질환 적용 신약은 전무
- ⇒ (추진방향) 정부의 초기 마중물 지원을 통해 민간의 참여유도 및 뇌 관련 시장의 성장을 지원
- ①기술 중심의 벤처·창업 생태계 조성, ②벤처·중소기업 혁신 R&D를 통한 뇌분야 사업화 성공사례 창출

- 대형 국책사업의 연구성과 등 공공기술의 유망성 분석, 보완 R&D, 사업화 자금지원 연계 등 패키지 지원을 통해 기술이전 활성화
  - ‘공공연구성과 기술사업화 지원 및 미래기술마당’ 사업 및 ‘바이오 특수목적법인(SPC) 설립’ R&D 등을 통해 사업화 지원
  - 창업전문 보육조직 설치를 통해 지속적인 창업지원 서비스 제공
    - 공공기관이 창업 공간·장비 구축 및 컨설팅을 제공하고 정부가 R&D를 지원하는 **Bio-Core facility사업\*** 등 활용
    - \* 한국뇌연구원 및 KIST 뇌과학연구소 등을 통해 창업 공간·장비 등 활용 지원
  - 최종 결과물인 제품뿐만 아니라 R&D 과정에서 발생한 연구 관련 장비 및 기술에 대한 기술창업 및 기술이전 추진
    - 연구장비의 임상기기로의 재창출(repositioning), 신약 재창출·용도 확대 등 기존기술·제품의 산업화 영역 확장을 지원
- 바이오 분야의 창업·벤처 우수경험이 뇌분야에 접목되도록 생태계 참여자간 네트워크 강화 지원
  - 뇌연구 IP 사업화, 기술이전 컨설팅 및 전문가 지원 체계 마련
    - 他 분야의 글로벌 기술이전 성공사례 유경험 전문가를 활용한 자문단 운영 추진
  - 사업화 경험이 풍부한 CEO와 개발자를 연계하여, 기술개발자가 CTO로 활동할 수 있도록 하여 개발기술 고도화 환경 조성
  - 뇌 분야 기술설명회 등을 통해 엑셀러레이터 및 VC 등의 뇌 분야 관심과 투자 유도

□ 인프라-인력-뇌기업이 결집된 소규모 뇌연구·산업 클러스터 조성

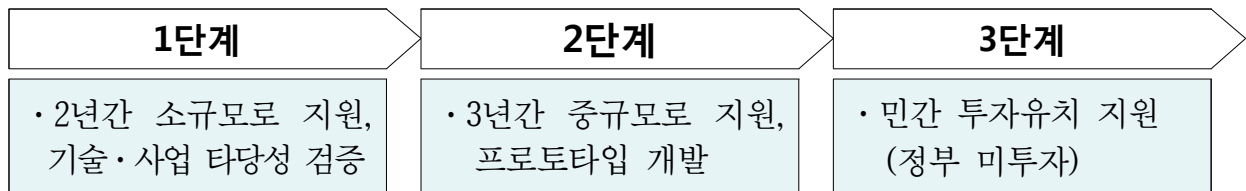
- 기존의 바이오 관련 단지(오송·대구 첨단의료복합단지 등)내에 강소형 뇌특화 클러스터 조성

## 6-2

### 벤처·중소기업 혁신 R&D를 통한 뇌분야 사업화 성공사례 창출

□ 뇌 산업이 태동기인 점을 고려하여 초기에 우수기업에 대한 집중 지원을 통해 성공사례를 창출하여 확산 추진

- 이를 위해 미국 SBIR(Small Business Innovation Research) 프로그램을 벤치마킹하여 3단계에 걸쳐 중소·벤처기업의 사업화를 지원



## VI. 투자 계획안 및 기대효과 등

### 1 투자 계획(안)

- ☐ 기초연구 확대, 성장동력 확충, Korea Brain Initiative 및 치매 국가책임제 시행 등을 위하여 1단계에 약 1조 3,000여억원 소요 전망

(단위: 억원)

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	계
과기정통부*	1,570	1834	2669	2752	2974	11,799
보건복지부	168	162	426	369	471	1,596
교육부	60	62	65	69	71	327
산업통상자원부	18	19	5	0	0	42
계	1,816	2,077	3,165	3,190	3,516	13,765

\* 출연연구기관 포함 및 중기재정 요구기준

※ 현재 기획중인 예타사업(치매연구, Korea Brain Initiative) 투자계획안 소요 반영

### 2 기대 효과

- ☐ 뇌에 대한 근본적인 이해 증가로 미래 삶의 방식 혁신
- 인간에 대한 이해의 증가는 곧 우리의 소비행태, 문화 콘텐츠 등 일상생활 전반에 긍정적인 영향을 확산시킬 것으로 기대
    - ※ 뇌연구 결과를 활용한 뉴로마케팅 전략(디자인, 선호도, VR게임 등)
  - 뇌과학과 인문사회과학의 융합을 통한 인간의 사회문화적인 행동과 상호관계에 대한 이해 증가는 다문화 사회의 소통과 융합에 기여

## □ 정밀의학의 발전으로 개인 맞춤형 건강한 뇌 관리

- 근거중심의 진단·예측을 통해 치매, 우울증 등 주요 뇌질환에 대한 새로운 진단기준과 치료전략 제시로 국민의 불안감과 부담 해소
- 뇌지도 정보와 IT-NT-BT 기술을 통해 축적된 인공지능, 유전체 정보 활용 등 혁신적 기술발전으로 1회 치료로 완치 가능

※ IBM은 AI 로봇 ‘왓슨’을 개발, 150만원에 뇌종양 진단을 위한 서비스 개시

## □ 4차 산업혁명의 기반이 되는 신기술 창출로 신성장동력 제공

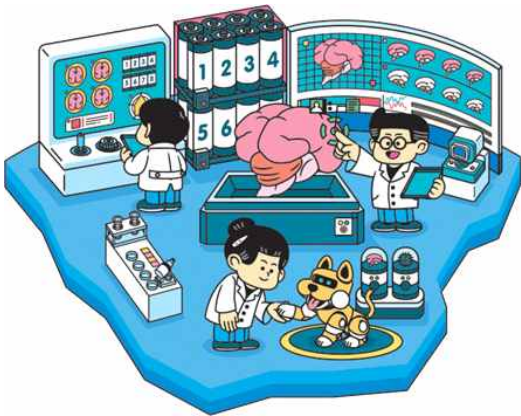
- 차세대 AI, ICT, 로봇공학 등과의 융합으로 신경컴퓨터, 감성 및 재활로봇 개발 등이 본격화 되어 새로운 성장동력 제공

※ 소프트뱅크의 감정인식 로봇 ‘페퍼’는接客 및 제품홍보 수행

## □ 뇌연구 분야의 글로벌 리더십 확보

- 국제 뇌과학 프로젝트 참여, 뇌신경윤리 회의 정례개최, 한중일 뇌과학 컨소시엄 구축 등을 통한 뇌연구 신흥강국으로 도약

※ 선진국들의 대형 뇌지도 사업 종료 시점에 맞추어 특화 뇌지도 구축(‘23년)



### [뇌기능 작동원리 이해]

- ▶ 뇌지도를 바탕으로 실시간 분석/진단
- ▶ 다양한 모델의 미니뇌(오가노이드) 활용으로 동물실험 감소
- ▶ 3D 스캔, VR을 이용한 가상 뇌신경회로망으로 뇌질환을 분석/진단 및 치료활용



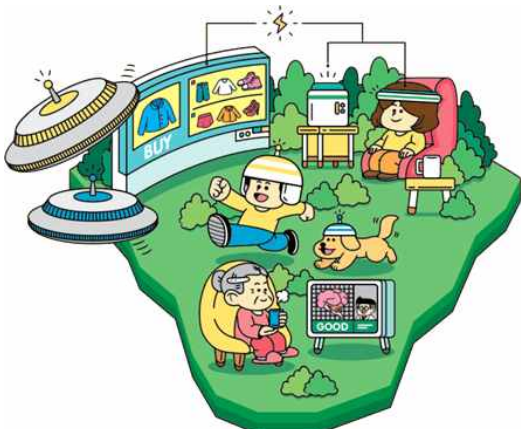
### [뇌신경활동 측정 및 자극기술]

- ▶ 신체장애우의 의족, 의수를 BMI로 조정
- ▶ 신경조정술(Neuromodulation), 브레인 칩 등을 활용하여 필요한 정보를 다운로드/업로드
- ▶ 무용, 음악 등 창작활동 중에 뉴로 모듈레이션을 이용하여 표현력 증가



### [생애주기별 맞춤형 건강뇌 구현]

- ▶ 개인에 특화된 뇌신경회로망을 통하여 뇌질환의 조기진단 및 예방
- ▶ 전자약/유전자 가위 등을 활용한 약물 사용 시간단축, 화학약물의 부작용, 부담감 경감
- ▶ 비약물 치료, 뉴로모듈레이션, 장애 극복



### [4차 산업혁명 대응 뇌연구]

- ▶ BMI 등의 기술을 활용하여 뇌파로 감정 및 의사 전달
- ▶ 뇌파로 조종하여 반려동물도 함께할 수 있는 게임/레저 활동
- ▶ 환자의 상태를 사물 인터넷으로 실시간 모니터링하고 원격진단



## VII. 실천과제별 전담 부처

중점과제	정책의제	세부 실천과제	관계부처
인간 뇌 이해를 위한 뇌연구 고도화	연구자 중심 기초연구 강화	기초연구 확대	과기정통부, 교육부
		미들업 과제 강화	과기정통부
		수월성 중심 연구강화	과기정통부
	범용성 핵심 원천기술 개발	Korea Brain Grand Challenge Project	과기정통부
		중복연구 허용, 경쟁연구	과기정통부
	사회·문화적 행동 연구	사회문화적 상호작용연구	과기정통부
		뇌관련 콘텐츠의 ICT 산업에 결합·응용	과기정통부, 산업부
		일상데이터 활용	과기정통부, 복지부
	뇌 원리 이해를 위한 방법론 및 모델 개발	맞춤형 오가노이드	과기정통부, 산업부
		다양한 동물모델 제작	과기정통부
		계산수학적 뇌기능 모델링 연구	과기정통부, 산업부
	KBI사업 추진	Korea Brain Initiative	과기정통부
		IBI 참여	과기정통부
생애주기별 맞춤형 건강뇌 실현	치매 국가책임제	치매 연구개발 추진	과기정통부, 복지부
	고발병성 뇌질환	고발병성 뇌질환 연구	과기정통부, 복지부
		질환별 코호트 등 구축	과기정통부, 복지부
		빅데이터 플랫폼 구축	과기정통부, 복지부
	희귀, 난치성 뇌질환 연구	희귀질환 연구	과기정통부, 복지부
		난치성, 발달장애 연구	과기정통부, 복지부
4차 산업혁명 대응 창의적 연구개발	4차 산업혁명 핵심기반기술개발	NI-AI 연계 연구	과기정통부, 산업부
		BMI 초연결 기술 개발	과기정통부, 산업부
		인공뇌, 브레인 칩 개발	과기정통부, 산업부
		융합연구조직 구축	과기정통부
	ICT융합을 통한 신개념 치료법	국부 약물전달 기술개발	과기정통부, 복지부
		인체 삽입형·부착형 전자약 개발	과기정통부, 복지부



중점과제	정책의제	세부 실천과제	관계부처
혁신적 뇌연구 생태계 구축	융합형 인력양성	대학 융합프로그램 확대	과기정통부, 교육부
		해외 인력교류 확대	과기정통부, 교육부
	자원 확보 및 활용 플랫폼 구축	첨단 신규장비 구축	과기정통부
		장비공동활용체계 구축	과기정통부
		데이터 포털 플랫폼구축	과기정통부, 복지부
	뇌연구특화병원 육성	뇌연구특화병원 육성 등	과기정통부, 복지부
		온라인 클리닉 컨소시움	과기정통부, 복지부
	뇌연구활성화를 위한 제도 개선	관련 법령 등 개정	과기정통부, 복지부
		뇌조직 은행 활성화	과기정통부, 복지부
	뇌신경윤리 강화	뇌신경윤리위원회 등 설치	과기정통부
		글로벌 이슈 대응	과기정통부
	강소형 연구소육성	KBRI 허브 연구소 육성	과기정통부
		KIST 선도기술 창출	과기정통부
		他출연기관 특화기술	과기정통부
	뇌과학 소통 강화	다양한 홍보활동 전개	과기정통부
글로벌 협력 체계 구축	IBI 참여	IBI 참여 및 공조체계	과기정통부
		국제신경윤리 위원회	과기정통부
	IBRO 개최	IBRO 2019 성공개최	과기정통부
	한중일 등 뇌과학협력 강화	상호협력 체계 마련	과기정통부
		공동연구/교류확대	과기정통부, 복지부
뇌산업 육성	벤처·창업 생태계 조성	기술이전 활성화	과기정통부, 산업부 복지부
		뇌연구·산업 클러스터	과기정통부, 산업부 복지부
		생태계 참여자간 네트워 크 강화	과기정통부, 산업부 복지부
	창업 성공사례 창출	사업화 지원	과기정통부, 산업부 복지부

## [별첨] R&D 중점과제 및 정책의제별 연구과제(예시)

중점과제	정책의제	R&D 과제(예시)
I. 인간뇌 이해를 위한 뇌연구 고도화	1. 뇌지도 구축	1-1. 팬오믹스 기반 분자신호 분석을 통한 신경계 형성 및 작동기전 규명
		1-2. 신경세포 활성 및 가소성 조절기술을 통한 고위뇌기능 분석
		1-3. 신경세포와 신경계 구성 세포 간 상호작용 연구
	2. 범용성 핵심기술 개발	2-1. 초고해상도 뇌신호 정밀 측정 기술
		2-2. 멀티스케일 뇌신경활동 측정 기술
		2-3. 고위 뇌기능 및 뇌질환 특화 뇌신경망 규명 및 기능 연구
	3. 사회· 문화적 행동 연구	3-1. 인지기능의 다층적, 통합적 작용 모델 구축 및 활용
		3-2. 일상 기반 고등인지 기능 연구 및 분석 및 활용기술 개발
		3-3. 신경신호 기반 미적 선호 모형 구축
		3-4. 사회인지 및 정서행동의 뇌신경 기전규명 및 조절기술 개발
		3-5. 문화맥락행동의 신경망 기전 규명 및 조절 기술 개발
		3-6. 부호기반 의사소통에 바탕을 둔 고위인지기능의 뇌기전 규명 및 활용 기술 개발
		3-7. 직관 지능의 이해 및 조절 기술 개발
	4. 뇌원리 이해위한 방법론, 모델개발	4-1. 중개/역중개 연구를 위한 다양한 동물모델 제작, 분석 연구
		4-2. 영장류 대상 고등인지기능 연구 패러다임 구축
II. 생애주기별 맞춤형 건강뇌 실현	1.치매국가 책임제	1-1. 정신질환의 멀티모달 빅데이터 분석기술
		1-2. 다중오믹스 기술을 활용한 퇴행성 뇌질환 정밀의료기술 개발 연구
	2.고발병성 뇌질환	2-1. 다중신경생리기술 및 신경조정술을 활용한 퇴행성 뇌질환 연구
		2-2. 신경세포간 연결의 손상 방지 및 재생촉진을 통한 뇌질환 극복 방안 연구
	3.희귀난치성 뇌질환연구	3-1. 기타 질환: 통증, 뇌혈관, 뇌손상 질환, 미세먼지 관련 뇌 질환
III. 4차 산업혁명 대응 창의적 뇌융합 연구	1. 4차산업 혁명핵심 기반기술 개발	1-1. 뇌기능 복원 및 증진기술
		1-2. 인지의 전주기적 변화 양상 규명 및 활용
		1-3. 자연신경망과 인공신경망을 결합한 뇌신경망 모델링 및 차세대 AI 기술
		1-4. 뉴로모픽 등의 뇌 모사 칩 기술
		1-5. 인간-기계 양방향 고등인지 초연결 기술 개발
	2. ICT융합을 통한신개념 치료법	2-1. 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스 및 전자약을 이용한 뇌질환 신약개발 플랫폼 구축
		2-2. 나노로봇, 전자약 활용 뇌질환 및 뇌기능 조절기술 개발
		2-3. 대뇌 네트워크 기반의 정신질환 재분류를 통한 정밀치료 기술개발

## I-1-1. 팬오믹스 기반 분자신호 분석을 통한 신경계 형성 및 작동기전 규명

☑ 팬오믹스(pan-omics) 프로파일 등 다양한 기술을 활용한 뇌신경계 세포타입별 발달시기별 총체적 분석을 통한 신경계 형성 및 작동 기전 규명

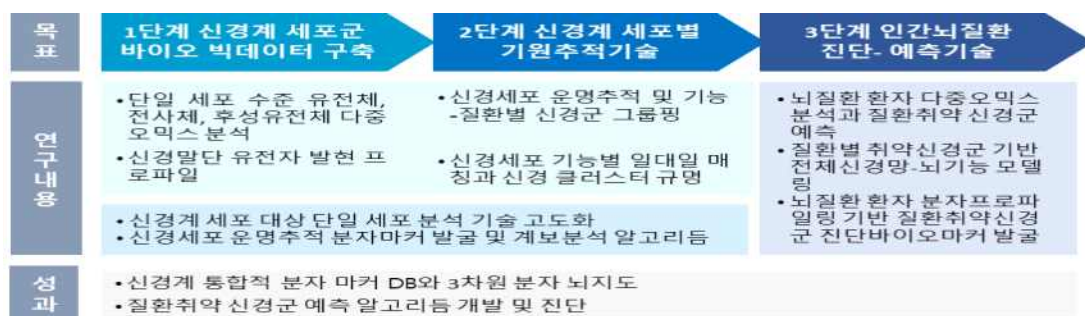
### □ 추진 목표

- 신경계 구성 다양한 세포군에 대해 유전체 및 분자 마커를 통합적으로 분석하여 신경계 형성 및 작동원리를 총체적으로 이해

### □ 주요기술(핵심기술)

- 신경계 세포 대상 단일 세포 분석 기술 고도화
- 단일세포 또는 신경군 대상 다양한 분자마커 통합 오믹스 분석
- 뇌신경계 부위, 발달시기별 통합적 분자마커 DB와 3차원 분자 뇌지도 구현
- 신경축삭, 시냅스, 미토콘드리아 등 신경말단 분자 발현 프로파일 분석
- 신경세포 운명추적 분자마커 발굴 및 계보분석 알고리즘 개발
- 세포타입 특이적 게놈편집기술 최적화 및 차세대 유전자, 단백질 발현 조절 기술 개발
- 신경계 세포타입별 분자신호 모니터링, 유전자 발현, 약물 전달 및 신호 제어를 위한 바이오 융합 기술개발
- 분자마커 기반 신경세포 기능별 일대일 매칭과 신경 클러스터 규명

### □ 추진 전략 및 로드맵



### □ 활용방안(기대효과)

- 뇌발달에서 성체뇌에 이르는 시공간 연계 분자 마커 데이터베이스 구축
- 인간 뇌기능의 신경세포 단위 고해상도 정밀기전 제시

## I-1-2. 신경세포 활성화 및 가소성 조절 기술을 통한 고위 뇌기능 분석

☑ 신경회로의 구조적 및 기능적 커넥텀 특성을 매개하는 핵심 분자 기전을 제시하고 이를 바탕으로 신경회로 특이적으로 작동하는 신규 뇌질환 약물 타겟 발굴

### □ 추진 목표

- 피질, 해마, 선조체, 편도체, 시상, 소뇌의 신경세포별 형성되는 시냅스 가소성 조절 분자, 세포, 신경회로 기전 규명 (단기 및 장기 가소성)
- 서술 및 비서술 기억의 암호화 원리 규명 및 이에 기반한 조작 기술 개발
- 신경회로 연결 패턴과 해당 시냅스 가소성 특성 간의 상관관계 규명: 핵심 분자, 세포 및 신경회로 도출을 통한 신규 뇌질환 약물 타겟 발굴

### □ 주요기술(핵심기술)

- *in vivo* 이미징 기법 : 다양한 광학형광센서를 활용하여 신경세포 활성화 측정
- 전기생리학 (다중전극기록기법 포함) 기법 : 단기 가소성, 장기 가소성 측정
- 유전자 조작 동물 모델 제작 기법, 동물 행동실험 기법

### □ 추진 전략 및 로드맵



### □ 활용방안(기대효과)

- 신경세포 가소성 기전 이해를 통한 미래 인간 뇌연구 기반 제공
- 시냅스 및 신경회로 가소성 이상과 연관 있는 뇌질환 발병 원리 이해
- 시냅스, 신경회로 기반 정밀 뇌질환 치료제 개발을 위한 기초과학 개념

### I-1-3. 신경세포와 신경계 구성 세포 간 상호작용 연구

☑ 신경세포와 신경 주변 세포와의 상호 의존적 발달 및 작용 기전 규명을 통한 뇌신경계 통합적 이해

#### □ 추진 목표

- 발생/노화/질병 등의 환경에서 변화하는 신경세포와 교세포/혈관/면역세포/뇌실막세포 등 주변 세포와의 상호작용 이해
- 동물 모델에서 교세포/면역세포/뇌실막세포 유전자 및 활성 조절을 통해 신경세포 기능 및 개체의 행동학적 변화 조절 이해
- 뇌질환 환자 세포에서 역분화 유도된 교세포의 변화된 성질 이해
- 신경세포-교세포 또는 신경세포-혈관의 연결 과정 이해를 통한 다양한 뇌질환 극복 방안 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 발생/노화/질병에서 변화하는 신경 주변 세포 유전자 발현 지도 구축
- 신경 주변 세포 특이적 유전자 변형을 통한 신경 미세 환경 조절 기술 개발
- 신경세포-교세포 또는 신경세포-혈관의 연계 연구 모델 확립 및 질병 모델 구축

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 발생/노화/질병에서 교세포/혈관/면역세포/뇌실막세포 등의 유전자 발현 변화를 측정할 빅 데이터 구축
- 뇌질환 환자 및 동물 질병 모델에서 변화된 신경 주변 세포 영향 연구
- 신경세포-교세포-혈관의 상호 관계 규명

#### □ 활용방안(기대효과)

- 신경세포와 신경 주변 세포와의 상호 작용 연구를 통한 새로운 방식의 뇌기능 조절 이해
- 신경 질환을 치료하기 위한 새로운 타겟 설정 및 치료제 개발

## I -2-1. 초고해상도 뇌신호 정밀 측정 기술

☑ 전기 신호, 화학신호 등의 정밀측정 기술과 형광 신호 정밀 측정 기술 등을 포함

### □ 추진 목표

- 초고해상도로 다양한 형태의 뇌신호를 정밀 측정하기 위한 기술 개발
  - 뇌회로를 연구하기 위해서 형광, 전기, 화학 및 영상 기법을 이용하여 뇌 활성화 및 신경 신호를 단일 세포 수준 또는 신경 회로망 수준에서 정밀 측정하는 기술을 개발하고자 함

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 침습형 초고해상도 신경 신호 측정 기술
  - 뇌심부에서 발생하는 다양한 형태의 뇌신경 신호를 초고해상도로 뇌의 여러 부위에서 측정 및 실시간 분석 기술
- 비침습형 고해상도 신경 신호 측정 기술
  - 인간에게 적용 가능하며 비침습형 또는 최소 침습형 방법으로 높은 공간 및 시간 분해능을 갖는 고해상도 뇌활성도 측정 기술
- 멀티스케일 뇌활성도 측정 기술
  - 단일 세포 수준, 회로망 수준 및 뇌영상 수준의 다양한 뇌활성도 측정 결과를 통합한 멀티스케일 뇌활성도 측정 기술

### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 다양한 형태의 뇌신경 신호 정밀 측정 기술을 개발 및 뇌회로 제어 기술 개발
- 다양한 형태의 측정기술을 통합한 멀티스케일 뇌활성도 측정 기술 개발

### □ 활용방안(기대효과)

- 멀티스케일 뇌신호 및 뇌영상 기술을 통하여 뇌회로 동작 원리를 규명
- 뇌질환에 관련된 회로 규명 및 뇌회로 제어 방법 개발을 통하여 궁극적으로 뇌질환 치료에 이용

## I-2-2. 멀티스케일 뇌신경활동 측정 기술

☑ 다중스케일 고해상도 뇌영상 및 뇌신경신호 정밀 측정을 통하여 여러 수준에서 뇌의 신경활동을 측정 및 통합하는 기술

### □ 추진 목표

- 다중스케일 고해상도 뇌 영상신호 측정기술 개발을 통한 여러 수준에서 정밀한 뇌신경활동 규명
  - 다중스케일 고해상도 뇌 영상신호 측정을 통한 뇌신경활동 및 뇌기능 네트워크의 통합적 규명
  - 뇌신경자극 및 다중스케일 뇌 영상신호 동시 측정을 통한 뇌신경활동 및 뇌기능 네트워크의 적극적 규명

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 다중스케일 고해상도 뇌 영상신호 측정기술
  - Micro-, Meso-, Macro-Scale 뇌 영상신호 측정 및 통합적 분석 기술
- 뇌신경자극 및 다중스케일 뇌 영상신호 동시측정 기술
  - 비침습적/침습적 뇌신경 정밀 자극 및 다중스케일 고해상도 뇌 영상신호 동시측정 및 통합적 분석 기술

### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 뇌신경 정밀자극 및 다중스케일 뇌신경활동 동시측정 기술 개발을 위한 연구단 및 연구실 기반 핵심 장비 및 인프라 구축
- 뇌신경활동의 정밀한 규명을 위한 데이터베이스 구축
- 산학연 및 병원과 연계 및 협력을 통한 뇌과학 및 뇌질환에 응용 및 저변 확대

### □ 활용방안(기대효과)

- 여러수준에서 정밀한 뇌신경활동 및 뇌기능 네트워크 규명을 통하여 뇌과학 연구를 위한 기반 확대
- 뇌신경활동 및 뇌기능의 초정밀 매핑을 통하여 뇌질환의 조기발견 및 적극적 대응 치료방안 수립 확립



### I-2-3. 고위 뇌기능 및 뇌질환 특화 뇌신경망 규명 및 기능 연구

☑ 뇌의 고등 인지기능(지각, 학습, 판단/의사결정, 사회적 행동 등) 및 감각을 암호화, 발현하는 신경망의 구조 및 기능을 전 두뇌에서 매핑하고, 정상뇌와 질환뇌의 비교를 통해 손상 신경망을 확인할 수 있는 특화 신경회로망 구조 및 기능 연구

#### □ 추진 목표

- 기술 표준화를 통해 생쥐에서 인간까지 대뇌피질의 정상 및 질환에 대한 유전체.구조.기능.행동의 통합 뇌지도 조기 확보
- 멀티스케일 통합 신경회로망 정보 분석을 위한 알고리즘 개발 및 플랫폼 구축으로 뇌지도 작성 기술 확산과 관련 산업 창출
- 통합 뇌지도 활용 뇌질환 . 인공지능 적용 원천기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 동물모델 멀티스케일 신경회로망 정보 획득: 고위 인지기능, 멀티스케일  
- 초고해상도 인간 대뇌피질 신경회로망 정보 획득 연계 기술
- 신경회로망의 멀티스케일 분자-기능-구조 정보 융합 및 활용  
- 신경회로망 정보 기반 질환/장애 진단 및 원인 분석

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :



#### □ 활용방안(기대효과)

- 뇌지도 정보 및 작성기술 확산 및 포스트 매핑 사업 활용
- 신경회로망 정보 획득 및 활용 기술 관련 신산업 창출
- 자연지능 원리 기반 인공지능 연계 기술 발굴
- 뇌지도 정보 활용 신경회로 기반 뇌질환 진단/치료 원천 기술 발굴

### I-3-1. 인지기능의 다층적, 통합적 작용 모델 구축 및 활용

☑ 고등인지 기능 발휘 과정에서 개별 인지 기능 신경망들 간의 다층적 상호작용이 역동적으로 일어나는 기전을 뇌과학적으로 규명, 활용할 수 있는 기술을 개발함

#### □ 추진 목표

- 지각, 기억, 주의 등 인지기능의 요소별 신경망 작동기전 규명
- 고정된 해부학적 영역이 아닌 다층적 기능성 신경망 상호작용 패턴 규명
- 인지기능의 다층적 신경망 상호작용 정량적 모델 구축 및 활용

#### □ 주요기술(핵심기술)

- 단위 인지 기능별 행동요소의 측정 기술 (가상현실, 정신물리학 적용)
- 침습적/비침습적 뇌파 측정 기술, fMRI 기술, 전기생리학적 측정/분석 기술, 신경세포망 활성패턴 이미징 기술
- 고등인지 기반 다층적 인지기능의 계산신경과학적 모델링 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 고등인지 기능 요소별 행동 및 신경망 신호 측정 및 분석 패러다임 개발
- 단위 인지 신경망 간의 복합적 상호작용으로 나타나는 행동과 이때의 다층적 신경망 간 상호작용 패턴 측정 및 분석 기술 개발
- 다층적 인지기능의 통합작용을 구현 가능한 정량적 모델 구축 및 활용

#### □ 활용방안(기대효과)

- 인간 고등인지의 이해를 위한 다층적/역동적/통합적 모델 확보
- 다층적 통합 모델의 특성을 AI 및 BMI 분야에 활용
- 인문/사회/문화/예술/경제 분야의 복합적 인지 및 행동을 이해하기 위한 뇌신경망 수준의 기반 확립
- 뇌질환 및 고령화로 인한 복잡한 인지기능 장애의 이해/진단/치료를 위한 인지적 모델의 제공



## I-3-2. 일상 기반 고등인지 기능 연구 및 분석 및 활용기술 개발

☑ 고등인지기능의 형성과 수행을 자연상황 및 일상생활에서 파악하고 정량화함으로써 타당도와 예측력이 높은 통합적 모델을 구축

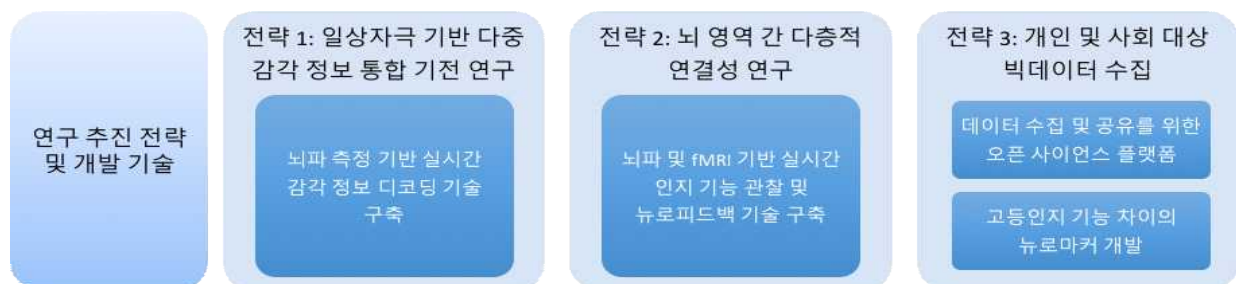
### □ 추진 목표

- 동물과 인간의 호환성, 생태적 타당도 증진 감각정보 매핑 모델 구축
- 설치류/영장류/인간모델에서 일상자극이 고등인지 기능의 발달과 적응 행동에 미치는 영향 규명 및 검증 및 모니터링 기술 개발
- 개체 간 상호작용이 사회인지기능에 미치는 영향 규명 및 모델 구축

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 생태학적 환경 및 가상현실에서 동물과 인간의 행동반응 지속적 측정 기술
- 소셜 미디어, SNS의 대량 데이터 활용 개인의 성향 및 동기를 파악기술
- 문화적/세대적 영향을 반영한 고등인지 기능 뉴로 마커 개발
- 개인의 뇌상태와 인지상태 정보를 활용하여 교육, 엔터테인먼트, 뇌건강 모니터링 등 실용적 응용 분야에 적용하기 위한 SW 플랫폼

### □ 추진 전략 및 로드맵



### □ 활용방안(기대효과)

- 기존의 학습, 기억, 주의 등을 넘어서는 새로운 고등인지개념에 의거한 개인차 및 능력 검사도구의 개발
- 생태학적 요인을 고려한 새로운 정신질환 분류 체계 및 혁신적 치료법 개발
- 수요자 중심 연구로 인지 능력 증진과 인지적 활동 연령 연장
- 교육, 엔터테인먼트, 인지재활 분야의 혁신적 패러다임 변화 유발 가능

### I-3-3. 신경신호 기반 미적 선호 모형 구축

☑ 미술, 영상, 디자인 등 다양한 시청각 콘텐츠에 대한 미적 경험과 선호에 관여하는 신경네트워크 작동 및 조절 원리 규명 및 실용화 가능한 모형 구축

#### □ 추진 목표

- 미적 선호 행동을 연구하여 기저 신경회로의 작동 및 조절원리를 규명
- 뇌인지, 차세대 AI 관련 사회적, 산업적 활용 가능한 선호 모형 구축
- 인간의 창의력, 상상력과 연관되는 인지 잠재력 개발을 위한 기초 기술 제공

#### □ 주요기술(핵심기술)

- 감각-운동, 지식-의미, 및 정서-가치평가 요소에 관여하는 뇌 영역의 활성화 양상 및 연결성 규명 기술
- 미적 선호의 기저 신경네트워크 간 조절 관계 규명을 위한 TMS, tDCS 등 뇌자극 방법을 활용 및 분석 기술
- 뇌영상 신호에 기반한 미적 선호 모델 구현 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 다양한 시청각 콘텐츠의 시공간적 구성요소들을 조작하고 지각자의 개인차를 고려하여 미적 선호의 결정요인 선별
- 미적 경험 및 선호 판단에 관여하는 감각-운동, 지식-의미, 및 정서-가치평가 인지과정과 신경기전을 정의하고 관련 영역들 간의 연결성 규명
- 뇌영상화 및 뇌기능연결성 분석을 통해 규명된 타겟 영역에 전기 자극을 적용하여 미적 선호 조절 기술 개발
- 신경신호에 기반한 포괄적 미적 선호 모델 및 예측 도구 개발

#### □ 활용방안(기대효과)

- 미적 가치 판단과 선호와 지각 및 뇌기능/연결성 영상화 등 자연과학적 연구방법 간 융합 연구 확산
- 산업디자인, 예술 작업 및 전시 기획 등 시청각 콘텐츠 제작 분야에 응용
- 예술 창작, 인공지능, 디자인, 뉴미디어, 뉴로마케팅 등 산업과 연계되는 실용적 교육 분야에 활용

## I-3-4. 사회인지 및 정서행동의 뇌신경 기전 규명 및 조절 기술 개발

☑ 정서적/사회적 정보처리과정의 신경학적 원리 규명 및 신경망 모형 구축을 통한  
개인차 예측 뇌과학 지표 추출 및 적응적 행동조절기술 개발

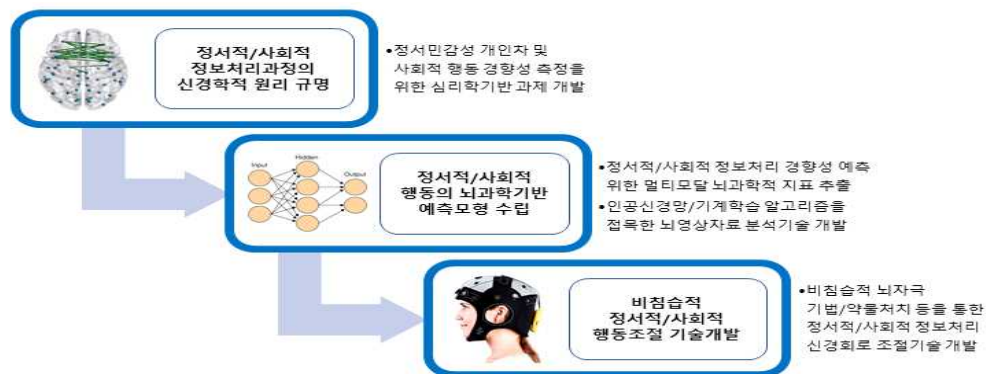
### □ 추진 목표

- 심리학적 행동실험설계기법을 응용한 정보처리의 신경학적 원리 규명
- 멀티모달 뇌과학 자료수집 및 계산적 분석기술을 통한 예측 모형 수립
- 정서적/사회적 정보처리 모형에 기반한 비침습적 행동조절 기술 개발

### □ 주요기술(핵심기술)

- 정서민감성 개인차 및 사회적 행동 경향성 측정을 위한 심리학기반 과제 개발
- 정서적/사회적 정보처리 경향성 예측 위한 멀티모달 뇌과학적 지표 추출
- 인공신경망/기계학습 알고리즘을 접목한 뇌영상자료 분석기술 개발
- 비침습적 뇌자극 기법(TMS, tDCS)/약물(Oxytocin)처리 등을 통한 정서적/사회적 정보처리 신경회로 조절기술 개발

### □ 추진 전략 및 로드맵



### □ 활용방안(기대효과)

- 정서적/사회적 정보처리기능의 신경과학적 이해 가능
- 멀티모달 뇌과학자료 기반 정서적/사회적 정보처리 기능 예측기술 개발
- 정서적/사회적 정보처리 기능의 문제점 진단을 위한 과학적 기법 개발  
및 효율적 사회적 적응을 돕는 뇌과학 기반 정서/사회기능 조절기술 개발

### I-3-5. 문화맥락행동의 신경망 기전 규명 및 조절 기술 개발

☑ 문화적 맥락 속에서 다양한 사회적 행동의 기반이 되는 신경망 기전을 규명하고 사회적 역량을 향상시킬 수 있는 조절 기술을 개발

#### □ 추진 목표

- 문화적 맥락 속에서 사회적 상호작용의 기저 행동과 신경망 기전을 규명
- 사회-문화적 역량을 평가하고 예측할 수 있는 통합 모형 개발
- 사회적-문화적 역량을 향상시킬 수 있는 조절 기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술)

- 다양한 문화적 맥락을 반영한 사회적 상호작용의 기저 행동과 신경망 기전 연구 패러다임 구축
- 행동 및 신경망 데이터 기반 사회-문화적 역량 평가 및 예측 도구
- 사회-문화적 역량 향상을 위한 행동 및 신경망 조절 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 소셜 상호작용, 사회 관계망, 문화권 등 다양한 사회문화적 맥락에서 사회적 판단, 의사결정, 상호작용을 연구할 수 있는 패러다임 구축
- 다양한 사회-문화적 맥락에서 기저 행동과 핵심 신경망 기전 규명
- 인공지능 기술을 활용한 사회-문화적 역량 진단, 평가, 예측 도구 개발
- 뇌자극기술(TMS, tDCS), 신경약물, 행동 개입 프로그램 등을 사용한 사회-문화적 역량 향상 기술을 개발
- 행동 및 신경망 데이터 기반 통합 모형을 활용하여 사회-문화적 역량 향상 기술 평가 및 고도화

#### □ 활용방안(기대효과)

- 사회-문화적 맥락에서 판단, 의사결정, 상호작용을 하는 기저행동과 신경망 기전을 이해와 사회-문화적 역량의 핵심요인을 파악가능.
- 문화적 감수성과 사회적 역량 강화에 기여할 수 있음
- 사회적, 문화적 갈등 완화 방법 모색 및 개입 프로그램 개발에 활용

### I -3-6. 부호기반 의사소통에 바탕을 둔 고위인지기능의 뇌기전 규명 및 활용 기술 개발

☑ 부호처리를 주축으로 한 인간의 고위 인지기능을 조절하는 행동/신경 메커니즘 규명

#### □ 추진 목표

- 인간 고유의 의사소통 능력에 대한 다차원적인 행동 모델 수립 및 타당화
- 인간의 부호처리기능과 여타 고위인지기능 사이의 상호작용 이해 및 관련 두뇌 신경기제 규명
- 부호처리 기능 손상으로 인한 고위인지기능 장애 치료 기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 정신물리학을 통한 인지행동패턴 모델링, 부호기반 의사소통 시스템 모형 개발 및 검증 기술
- 사건관련유발전위(ERP)를 이용한 시계열 데이터 모니터링, 기능적자기공명영상장치(fMRI)를 이용한 두뇌 신경망 영역별 네트워크 규명 기술, 경두개자기자극법(TMS)를 이용한 뇌신경조절 모듈 기술
- 인지기능 손상, 부호기반 의사소통기능 손상 환자 데이터베이스의 복잡 네트워크정립 및 수학과 통계물리학을 이용한 분석 알고리즘 개발

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 부호처리에 대한 언어 및 비언어 도메인에서의 행동 데이터 구축
- 부호를 통한 언어와 비언어 사이의 연계성과 다른 인지기능으로의 확장 가능성 타진. 고위인지기능의 발달을 가능케 하는 핵심 요소임을 규명
- 부호기반 의사소통을 통한 고위인지기능의 두뇌신경망 작동원리 규명

#### □ 활용방안(기대효과)

- 다학제 간 협력을 통해 부호를 중심으로 한 의사소통과 고위인지기능을 실질적으로 통합하여, 궁극적으로 인간 고유의 인지모델시스템을 완성
- 실어증, 발달 장애, 혹은 노년기의 언어 기능 및 인지 기능 저하에 대한 조기 진단, 치료, 예후 등을 반영할 수 있는 실용적 기술 개발
- 부호기반 인지시스템 구축을 통한 인간의 인지과정에 가장 가까운 자연 언어 처리 기술 확립 및 모바일 앱이나 인공지능 서비스 기술 구현



### I-3-7. 직관 지능의 이해 및 조절 기술 개발

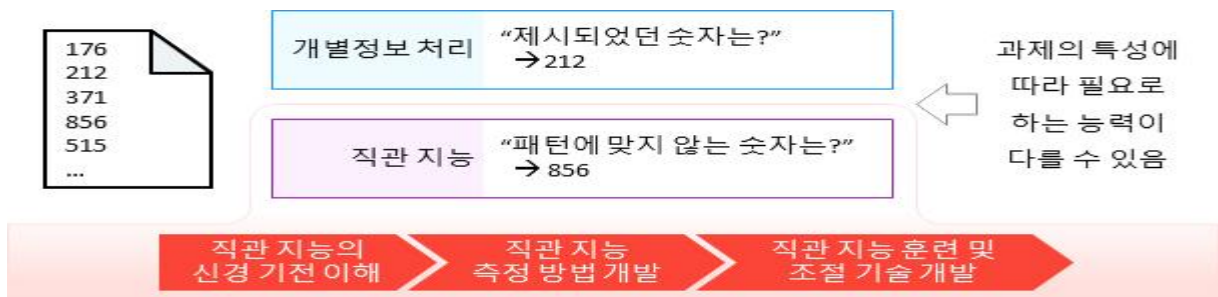
☑ 개별정보를 그대로 사용하는 대신 직관적으로 통합하여 새로운 정보로 가공하는 직관 지능(intuitive intelligence)의 뇌신경 기전을 이해하고 신경 기전의 활동을 측정 및 조절할 수 있는 기술을 개발

#### □ 추진 목표

- 개별정보를 직관적으로 통합하는 뇌기능(직관 지능) 기전 규명
- 직관 지능의 신경학적 근거(neural correlates) 규명 및 모델 구축
- 직관 지능을 수량화할 수 있는 측정 방법 및 조절 기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술)

- 정신물리학, 신경과학, 신경 조절 기술을 동시에 적용 가능하도록 하는 통합적 직관 지능 연구 패러다임
- 개인의 직관 지능을 수량화할 수 있는 측정 방법 및 훈련 프로그램
- 주어진 과제의 특성에 따라 직관 지능 혹은 개별 정보에 집중하도록 조절하는 기술



#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 개별정보 처리에 강점이 있는 계산 지능과 정보를 통합하는 능력에 강점이 있는 직관 지능을 비교할 수 있는 패러다임 확립
- 직관 지능을 구현하기 위하여 필요한 신경 설비와 그 작동 기전 규명
- 직관 지능의 신경 설비의 활동을 측정하고 조절하는 기술 개발

#### □ 활용방안(기대효과)

- 인간만이 수행 할 수 있는 뇌기능(직관 지능)을 훈련하는 프로그램을 개발하여 4차 산업혁명 시대에 대비
- 인간의 직관 지능을 계산 지능과 연계할 수 있는 새로운 연구분야 확립

## I-4-1. 중개/역중개 연구를 위한 다양한 동물모델 제작 및 분석 연구

☑ 단순한 신경계를 가진 동물을 포함하여 다양한 동물모델 제작 및 이를 활용한 행동 분석 기술의 고도화를 통해 뇌기능을 조절하는 두뇌 신경 회로 작동 원리 규명

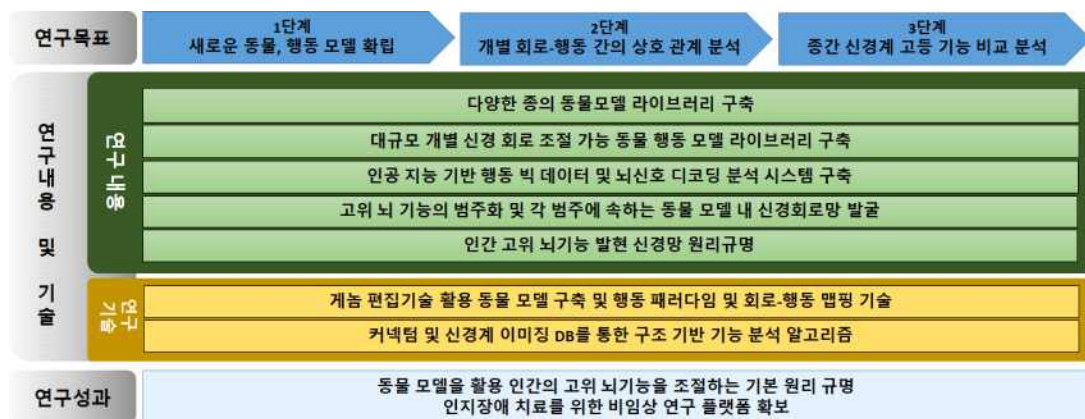
### □ 추진 목표

- 인간 뇌 인지-행동을 모사하는 신규 모델 동물 및 행동 분석 기술 확립
  - 지각, 사고, 지능, 학습, 의사결정, 사회적 행동 등 인간의 인지 행동과 상동성이 있는 동물 고등인지행동 모델 발굴
  - 인지행동 정량분석기술개발 및 동물모델과 인간의 인지행동 유사도 분석

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 게놈편집기술 활용 동물모델 구축 및 고등인지 행동변화 패러다임 개발
- 다학제 종간 뇌발달 비교분석을 통해 인간 특이적 신경세포군 특성 규명과 뇌기능 이해
- 신경회로 활성 패턴과 동물 인지 행동 비교 분석 알고리즘 개발
- 단순한 신경계를 가진 종의 커넥텀 및 신경계 이미징 DB를 통한 구조 기반 기능 분석 알고리즘 개발

### □ 추진 전략 및 로드맵



### □ 활용방안(기대효과)

- 모델 동물 데이터를 통한 인간 뇌기능 시뮬레이션 시스템 완성
- 뇌질환 및 뇌 인지 장애를 일으키는 구조적 분자적 신경계 변화 예측 기술
- 인지 장애 치료를 위한 비임상 연구 플랫폼 구축

## I-4-2. 영장류 대상 고등인지기능 연구 패러다임 구축

☑ 광역 신경망 간의 역동적 상호작용에 기반을 둔 인간 고등인지의 과학적 연구를 위한 필수 단계인 비인간 영장류 대상 고등인지 연구 실험 패러다임의 구축

### □ 추진 목표

- 설치류에서 검증 불가능한 고등인지 기능 측정 행동 패러다임의 개발
- 설치류 대상 개발된 첨단 뇌신호 측정 기술의 영장류 활용 기술 개발
- 신경망 조절을 통한 영장류 고등인지 행동 조절 기술 개발
- 영장류 인지연구의 선도적 위치 점유를 위한 국제적 네트워크 구축

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 고등인지 기반 영장류 행동실험 패러다임 개발 (가상현실 행동실험)
- 광역 신경망으로부터 다중 신경신호 실시간 동시 수집 기술 개발
- 영장류 고등인지 행동의 조절을 위한 신경망 활성패턴 조절기술 개발

### □ 추진 전략 및 로드맵

- 영장류 관리 및 훈련/실험 인프라, 인력, 패러다임 구축
- 한중일 영장류 연구자 콘서시엄 구축 및 공동연구 진행



### □ 활용방안(기대효과)

- 사회적 활용도가 높은 고등인지 행동에 대한 뇌과학적 모델 정립 가능
- 발달, 뇌질환, 고령화 등 미래사회 대비 국가적 뇌연구의 기틀 마련
- 서구에서 동양으로 중심 이행이 이루어지고 있는 영장류 연구의 선도적 위치 점유

## II-1-1. 정신질환의 멀티모달 빅데이터 분석기술

☑ 정신질환의 신경생리, 뇌영상, 유전체, 인지기능 등의 멀티모달 빅데이터를 활용하여 질환의 발병, 치료반응 및 재발을 예측하는 분석기술 개발 및 실제 임상에서 활용할 수 있는 임상용 플랫폼 구축

### □ 추진 목표

- 정신질환의 발병을 예측할 수 있는 신경생리, 뇌영상, 유전체, 바이오마커 발굴
- 정신질환의 질환별 감별진단을 할 수 있는 멀티모달 바이오마커 발굴
- 정신질환의 재발을 예측할 수 있는 멀티모달 바이오마커 발굴
- 멀티모달 빅데이터 모델링을 통하여 실제 검사수치를 활용하여 환자에게 적용할 수 있는 예측 플랫폼 구축

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 휴지기 뇌파의 네트워크 분석기술 및 시계열자료 빅데이터 처리기술
- 2D-MRS를 이용한 글루타메이트, GABA 레벨 단독 측정기술
- 확산텐서영상(DTI), 확산점도영상(DKI) : 구조적 뇌연결성 분석기술
- 휴지기 기능적 자기공명영상을 활용한 뇌연결성 및 Graph theory 분석기술
- 유전체, 단백체를 활용한 정신질환의 프로파일링 분석기술

### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 정신증, 조울증, 기분장애, 불안장애 등 주요정신질환에 대한 코호트 구축
- 코호트를 통한 멀티모달 빅데이터 수집
- 멀티모달 빅데이터 분석을 통한 질병감별, 발병예측, 재발예측의 모델링
- 멀티모달 빅데이터에 기반하여 임상에서 사용가능한 플랫폼 구축

### □ 활용방안(기대효과)

- 정신질환 진단의 객관화를 통하여 보다 정교한 질병의 모델링 및 모델구형
- 질병의 발병, 진단, 재발을 더욱 정교하게 예측함으로써 보다 효과적인 예방 및 치료를 통한 치료패러다임 구축
- 단축된 임상치료기간을 통한 경제적 손실 만회

## Ⅱ-1-2. 다중오믹스 기술을 활용한 퇴행성 뇌질환 정밀의료기술 개발 연구

☑ 다중오믹스, 차세대 유전체 분석기술, 신경생리학적 생체신호를 활용하여 퇴행성 뇌질환의 질병예측과 예후판정의 기술개발

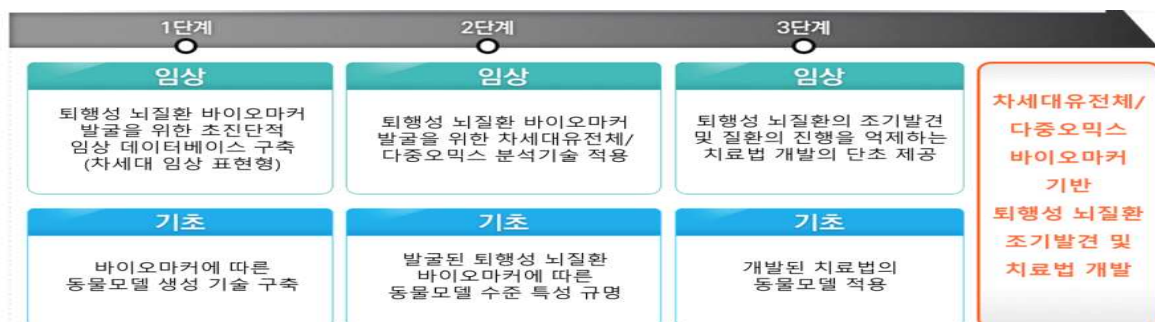
### □ 추진 목표

- 퇴행성 뇌질환 바이오마커 발굴을 위한 임상 빅데이터 구축
- 바이오마커에 따른 퇴행성 뇌질환 임상지표 분석기술 개발
- 바이오마커 중심 퇴행성 뇌질환 분류에 따른 맞춤형 정밀치료 기술개발

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 차세대유전체 분석 기술(NGS), 다중오믹스 기술 (Genome, Proteome, Transcriptome, Epigenome, 3D Genome , Microbiome)등의 생체분석기술
- 바이오마커를 적용한 동물모델 생성 및 분석
- 환자 유래 오가노이드를 활용한 환자 맞춤형 정밀 바이오마커 개발
- 뇌파, 심전도, 눈운동, EEG-TMS, EEG-fMRI, navigated TMS, EEG-NIRS 등을 이용한 뇌기능 모니터링 기술

### □ 추진 전략 및 로드맵:



### □ 활용방안(기대효과)

- 퇴행성 뇌질환의 정확한 진단과 예후를 예측하는 바이오마커의 임상 적용을 통해 효율적인 퇴행성 뇌질환의 치료적 관리를 가능하게 함
- 예방법과 완치 치료제가 부재한 퇴행성 뇌질환에 대한 새로운 개념의 치료법 개발 가능성을 제시함

## **II-2-1. 다중신경생리기술 및 신경조정술을 활용한 퇴행성 뇌질환 연구**

- ☑ 인지기능이 동반된 퇴행성 뇌질환 환자의 다중신경생리기술 바이오마커 개발
- ☑ 개발된 바이오마커의 뇌지도를 기반으로 한 신경조정술 치료 연구

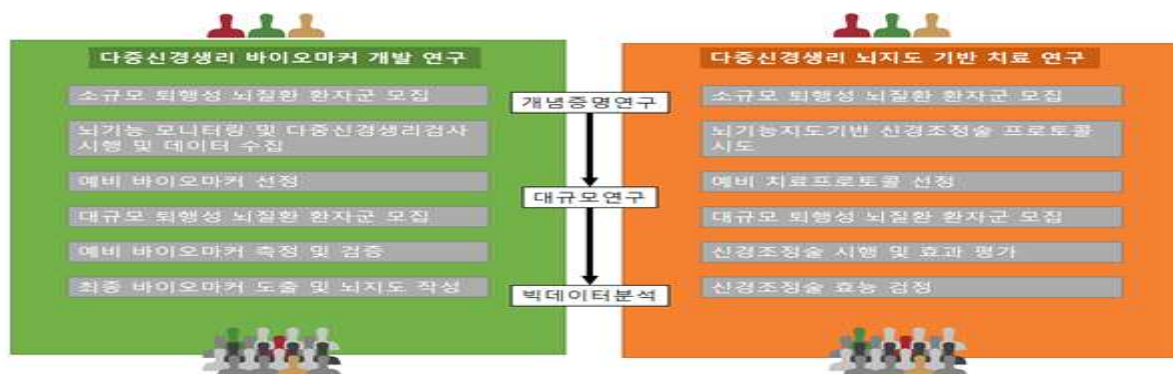
### 추진 목표

- 집속 초음파로 뇌 영역의 자극/파괴/변조를 통한 뇌질환 치료 원천기술개발
- 능동형 폐루프(Responsive closed-loop) 뇌자극기 개발
- 인지기능이 동반된 퇴행성 뇌질환 환자의 개인별 뇌기능 시그니처 규명
- 대규모 퇴행성 뇌질환 코호트 연구를 통하여 개발된 바이오마커에 대한 임상 유용성 검증

### 주요기술(핵심기술) :

- 집속 초음파 이용 특정 뇌 영역의 뇌혈관장벽 투과기술을 통한 효과적인 약물전달 및 연결성 단락을 통한 뇌기능 안정화 기술 및 임상적용
- 뇌먹임 신호에 의해 능동적으로 작동하는 뇌 자극기 개발 기술
- 장기간 뇌기능 모니터링 기술, 다중신경생리기술

### 추진 전략 및 로드맵 :



### 활용방안(기대효과)

- 안전한 비침습적 뇌신경조절기술(집속 초음파) 개발로 외과적 수술 없이 신경조절이 가능한 차세대 치료기법 개발
- 생체안전형 폐루프시스템 기반의 임상 치료 기술 확대
- 효과적인 약물전달 방법개발을 통한 다양한 뇌질환 치료효과 극대

## 표-2-2. 신경세포 간 연결의 손상 방지 및 재생 촉진을 통한 뇌질환 극복 방안 연구

☑ 기존 신경세포 사멸 억제를 통한 신경퇴행성질환 치료제개발 연구에서 탈피, 신경세포 간 연결을 공고히 하여 뇌질환을 예방하는 기술 개발

### 추진 목표

- 신경세포 간 연결 형성, 소실, 재생 연구의 최적 세포 모델 구축
- 동물모델/조직모델을 이용한 뇌질환 신약 타겟 발굴 플랫폼 개발
- 신경세포 간 연결 증강을 통한 뇌질환 억제기술 개발

### 주요기술(핵심기술) :

- 축삭/수상돌기 성장/연결 정확도 조절 유전인자의 기능 제어를 통해 신경세포 간 정확한 연결 형성을 촉진시키는 신약의 분자 타겟 제시
- 축삭/수상돌기 자멸 유전인자 동정 및 기능 제어를 통해 신경세포 간 연결의 수명을 증가시키는 신약의 분자 타겟 제시
- 신경세포 타입 별 멀티오믹스 융합 분석을 통한 뇌 영역 특이적 뇌질환 억제 전략 및 뇌 전체 영역에 적용 가능한 뇌질환 억제 전략의 구분
- 신경축삭 재생 촉진 및 경로 유도 바이오 소재 및 조직공학 디바이스 개발

### 추진 전략 및 로드맵 :

단계	1 단계	2 단계
핵심 연구 내용	신경세포 별 축삭/수상돌기 성장/생존 조절 연구 세포모델 구축	신경세포 별 축삭/수상돌기 성장/생존 조절 유전인자 발굴
	신경세포 별 축삭/수상돌기 성장/생존 조절 연구 동물모델 구축	
	신경세포 별 축삭/수상돌기 성장/생존 조절 연구 인간 세포 모델 구축	
		신경세포별 축삭/수상돌기 성장/생존 조절 약물 타겟 발굴

### 활용방안(기대효과)

- 신경퇴행성질환의 시작점인 신경세포 간 연결 소실에 주목, 기초 신경세포 생물학 연구를 통해 인간 뇌질환 이해 및 치료기술 개발 근간 마련
- 각 뇌질환 연구에 최적화된 세포/조직/동물모델을 이용, 신약 후보물질의 효능 고속 검색 플랫폼 구축



### Ⅱ-3-1. 기타 질환: 통증, 뇌혈관, 뇌손상 질환, 미세먼지 관련 뇌질환

☒ 희귀난치성 뇌질환, 환경변화에 대응하는 뇌질환 등 다양한 뇌질환에 대응하는 선도적  
치료기술 확보 및 기술개발

#### ☐ 추진 목표

- 한국을 포함한 동아시아 국가에서 주로 발생하는 희귀 난치성 뇌혈관 질환의 데이터베이스 구축 및 병태생리 연구 및 치료 기술 개발
- 서구인 대비 한국인의 뇌졸중 특성 규명과 뇌혈관질환 예방 치료기술개발
- 루게릭병 다발성 경화증 등 유병율이 낮은 희귀 뇌질환에 대한 병태생리 연구
- 신경계 손상 후 발생하는 신경병증성통증의 병태생리 연구 및 치료 기술 개발
- 미세먼지 증가에 따른 뇌혈관질환 발생에 대한 병태생리 및 역학 연구

#### ☐ 주요기술(핵심기술) :

- 모야모야병, 타카야수 동맥염 등 희귀난치성 뇌혈관 질환의 활성 및 치료 반응 평가 진단법 개발과 병태생리 데이터베이스 구축
- 두개내혈관질환의 진단을 위한 검사기법 개발
- 뇌졸중의 특성 영상자료 구축 및 한국인에 적합한 임상시험 기술 개발

#### ☐ 추진 전략 및 로드맵 :

- 희귀 뇌혈관 질환 및 한국형 뇌졸중 특성규명을 위한 기본 데이터베이스 구축 및 신경병증성 통증에 대한 기초 병태생리 연구
- 데이터베이스 지속과 이를 통한 병태생리 연구 및 한국형 뇌졸중과 희귀질환에 적합한 임상연구 수행
- 병태생리 연구와 초기 임상결과를 기반으로 한국형 뇌혈관 질환 및 희귀질환에 대한 치료기술개발

#### ☐ 활용방안(기대효과)

- 염증성 혈관질환의 치료반응을 모니터링할 수 있는 새로운 바이오마커 개발
- 한국인의 뇌졸중 특성을 반영한 임상시험을 통해서 한국인을 위한 뇌혈관질환 진료지침 개발
- 난치성 중추신경병증성 통증에 대한 다각적 치료 전략 개발

### Ⅲ-1-1. 뇌기능 복원 및 증진기술

☑ 침습적/비침습적 뇌 신호 측정과 자극 기술을 기반으로 손상된 지각기능이나 기억, 언어 등의 고등 인지 기능을 복원하거나 증진하는 기술

#### □ 추진 목표

- 손상된 지각/인지기능의 복원이나 기존 뇌기능의 증진을 위한 뇌신호 측정 및 자극 기술 개발
- 지각 유도를 위한 뇌 네트워크 변조 기술 개발 및 개인 맞춤형 인지 기능 예측 증진 기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 감각 지각 및 인지기능에 대한 대뇌 정보처리 네트워크 활동 예측 기술
- 양방향 뇌-인공지능 시스템 기반 지각 형성 유도 기술
- 뇌 네트워크 활동 변조를 통한 지능형 기억 증진 기술



#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 멀티스케일 뇌신경 활동 측정으로 지각, 인지 네트워크 기전 확립
- 인공지능과 인지기능 뇌신경활동의 병합 모델 구축
- 다양한 파라미터의 뇌영역 자극으로 변조되는 뇌 네트워크에 대한 뇌신경활동 및 행동반응 데이터베이스 구축

#### □ 활용방안(기대효과)

- 뇌손상에 의한 지각기능 장애 환자에 대한 기능 복원
- 인지기능 장애의 퇴행성 뇌신경질환, 발달장애 치료의 핵심요소 개발
- 양방향 뇌-기계-뇌 인터페이스 및 뇌자극 기반 아바타 시스템

### Ⅲ-1-2. 인지의 전주기적 변화 양상 규명 및 활용

☑ 전 생애에 걸친 고등인지 기능의 발달/성숙/감퇴의 양상을 세포수준에서 시스템 수준까지 파악함으로써 교육/직업/건강으로 응용할 수 있는 데이터 베이스 및 활용 플랫폼 구축

#### □ 추진 목표

- 한국형 고등인지 기능 표준 발달 데이터 베이스 구축
- 대뇌피질의 영역별 기능 성숙 및 기능적 변화양상 모델화
- 기억 및 인출의 전생애적 형성 및 변화 패턴 규명

#### □ 주요기술(핵심기술)

- 중장기 및 초장기간 뇌기능 영역별 활동양상 모니터링 기술
- 발달 단계별 신경생물학적, 후생유전학적 및 연결성 분석과 개인차 규명 기술
- 전기생리학, EEG, ECoG, fMRI 등 침습적, 비침습적 연구 방법을 이용한 광대역 신경활동 측정 및 기계학습 활용 대용량 신경회로 분석 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 초장기 (10+년) 기간에 걸친 뇌인지 기능 파악 및 데이터 베이스 구축을 위한 지속적 플랫폼 마련
- 고등인지기능과 관련된 영역별 신경회로 활동 기록 및 분석을 위한 새로운 뉴로테크놀러지의 개발 병행
- 마이크로 및 매크로 수준에서의 뇌인지기능을 설명할 수 있는 정량적 모델 개발 및 타당도 검증

#### □ 활용방안(기대효과)

- 한국인의 뇌신경생물학적 발달 양상에 기반한 교육/훈련/인지기능 개발 프로그램 개발이 가능
- 뇌발달 장애 및 고등인지기능의 발달 오류로 인한 사회적 정신질환에 대한 선제적 대응 및 새로운 치료기법의 개발이 가능
- 장기간 다영역 신경활동 기록이 가능한 침습적 및 비침습적 기법 개발이 가능

### Ⅲ-1-3. 자연신경망과 인공신경망을 결합한 뇌신경망 모델링 및 차세대 AI 기술

☑ 생물학적 신경회로 뇌연구를 통하여 자연지능의 기전이 되는 신경망 원리를 이해하고, 이를 바탕으로 차세대 인공지능 기술 개발

#### □ 추진 목표

- 자연지능과 유사한 차세대 인공지능 기술 개발
- 가상 뇌모형을 통한 뇌기전 이해
- 신경세포와 유사한 발화형태 및 기능 구현이 가능한 뉴로모픽시스템 개발 및 검증

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 인간의 고등인지 신경망을 적용한 인공지능 기술 개발
  - 인간의 학습, 기억, 지각, 재인, 직관, 공감 등 고등인지 기능을 모사한 새로운 인공지능 기술 선점
- 뇌모방 인공지능을 이용한 가상 뇌 시뮬레이션 시스템 개발
  - 인지기능, 정신질환 등 테스트 모형 개발
- 다층위적 뇌신경회로 분석을 위한 대용량, 고집적 신경활동 기록 및 자극 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 인간 고등인지 기능에 대한 신경망 모델 기초연구
- 규명된 신경망 모델을 적용한 새로운 인공지능 기술 개발
- 새로운 인공지능 기술을 이용한 가상 뇌 시뮬레이터 개발 및 뇌질환 치료 적용
- 뇌신경망 모델을 이용한 뉴로모픽 시스템 개발 및 사업화

#### □ 활용방안(기대효과)

- 새로운 인공지능 알고리즘 개발을 통한 시장경쟁력 강화
- 기존의 슈퍼컴퓨터를 대체할 수 있는 뇌 모방 컴퓨터
- 뉴로모픽 시스템 핵심기술 확보 및 글로벌 시장 선점

### Ⅲ-1-4. 뉴로모픽 등의 뇌 모사 칩 기술

☑ 뇌의 기능을 모방한 고성능 프로세서 설계 및 제작 기술 등을 포함

#### □ 추진 목표

- 뇌의 동작원리를 모사하는 새로운 구조 및 알고리즘의 프로세서 기술 개발
  - 시냅스의 원리를 모사한 뉴로모픽 칩 등 뇌의 동작원리를 모사한 저전력, 고성능의 새로운 프로세서 및 신경세포와 IC를 이용한 하이브리드 형태의 새로운 연산 시스템을 개발하고자 함

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 뇌 기능을 모사한 프로세서 기술
  - 기억 저장, 인지, 감각 등 뇌의 기능을 모사한 새로운 아날로그 소자 기반의 저전력 고성능 프로세서 개발
- 신경세포와 IC의 하이브리드 프로세서 기술
  - 신경세포와 IC가 연결되어 신경세포의 기능을 이용하는 새로운 형태의 고성능 프로세서 개발
- 인공 뇌회로망 형성 기술
  - 뇌의 특정 기능을 모사하는 다양한 신경세포 기반의 인공 뇌회로망 형성 기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 뇌의 기능을 모사하는 아날로그 기반의 소자 개발 등 요소 기술 개발
- 신경세포 기반의 인공 뇌회로망 및 IC와의 하이브리드 프로세서 개발
- 뇌의 기능을 모사하는 저전력, 고성능 프로세서 개발

#### □ 활용방안(기대효과)

- 뇌의 동작원리를 모사하는 차세대 고성능 프로세서 개발
- 고성능 프로세서를 이용한 다양한 형태의 초소형 고성능 모바일 ICT 제품 개발 가능

### Ⅲ-1-5. 인간·기계 양방향 고등인지 초연결 기술 개발

☑ 뇌신경활동을 측정, 해독하고 외부 감각 신호를 뇌에 직접 전달하여, 뇌신호만으로 외부기기와 소통하거나 외부기기를 제어할 수 있는 기술을 개발하는 연구

#### □ 추진 목표

- 4차 산업혁명 핵심기술을 뇌공학에 융합한 새로운 개념의 뇌-AI 인터페이스 기술 개발
- 기존 운동기능뿐만 아니라, AI 기술을 활용한 인지기능 복원 및 증진이 가능한 뇌-AI 인터페이스 기술 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 뇌-AI 상호 정보 교환 인터페이스 개발
  - AI 학습 기능을 이용한 뇌신호 디코딩/인코딩 기술 개발
- 뇌-AI 인터페이스 기반 손상된 인지 기능 복원 기술 개발
- 뇌-AI 인터페이스 기반 인지, 운동, 감각 기능 증강 기술 개발

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 인지기능 관련 뇌신경망 회로 및 정보처리 기전 규명
- 무선 완전삽입형 뇌 신호 측정 및 자극 기술 개발을 통해 뇌-AI 간 정보 교환 시스템 구축 및 실용화 촉진
- 인지기능 복원 및 증강 기술 개발 및 효용성 검증

#### □ 활용방안(기대효과)

- 국내 ICT 및 소프트웨어 기술을 접목하여 뇌-기계 인터페이스 시장 선점 가능
- 뇌손상에 의한 지각기능이나 인지기능 문제가 있는 환자에 대한 기능 복원으로 삶의 질 향상 도모
- 뇌기능 조절 메커니즘 이해를 통해 고부가 가치 산업의 창출 가능
- 고령화 사회에 따른 뇌질환 관련 치료와 관리에 대한 수요에 부응하여 기술적, 사회적, 경제적 파급효과가 클 것으로 예상

### Ⅲ-2-1. 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스 및 전자약을 이용한 뇌질환 신약개발 플랫폼 구축

☑ 비용대비 효과가 낮은 기존 임상실험 위주의 신약개발 과정을 해결하기 위하여 신약개발 촉진의 새로운 플랫폼을 개발하고자 함

#### □ 추진 목표

- 뇌질환의 동물모델에서 신경세포손상 및 네트워크 손상 맵 구축
- 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스를 이용한 뇌질환 신약개발 플랫폼 개발
- 뇌 임플란트를 이용한 뇌질환 신약개발 플랫폼 개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 각 정신신경계 질환의 최적 동물 모델 구축
- 뇌 전체적 신경세포이상 매핑을 위한 뇌조직가공기술
- 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스를 이용한 질병모델 구축, 치료반응 예측
- 마이크로캡슐, 마이크로파티클, 마이크로칩, 나오파티클을 이용 대뇌 타겟 부위의 약물투여 및 투여 제어기술

#### □ 추진 전략 및 로드맵 :

- 뇌질환별 뇌신경세포 손상맵 구축을 통한 치료 타겟발굴
- 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스를 이용한 치료반응 예측 플랫폼 개발
- 뇌임플란트를 이용한 전자약 개발 플랫폼 개발

#### □ 활용방안(기대효과)

- 뇌질환별 신경세포 손상을 초래하는 질병특이적 혹은 증상특이적 개별 기전 규명을 통해 보다 정밀한 질환별 치료전략 수립 기반 마련
- 대규모 임상시험 전 오가노이드/줄기세포/멀티오믹스를 통한 질병모델로 치료반응 시뮬레이션을 통한 최적화 및 경제성확보
- 대뇌 타겟부위에 직접 약물주입/제어하는 기술을 통한 정밀의학기반 실현



## Ⅲ-2-2. 나노로봇, 전자약 활용 뇌질환 및 뇌기능 조절기술 개발

☑ 기존 약물 요법 및 수술적 요법 이외 나노로봇, 전자약 등 새로운 패러다임의 치료법을 개발하여 뇌질환 극복기술 개발

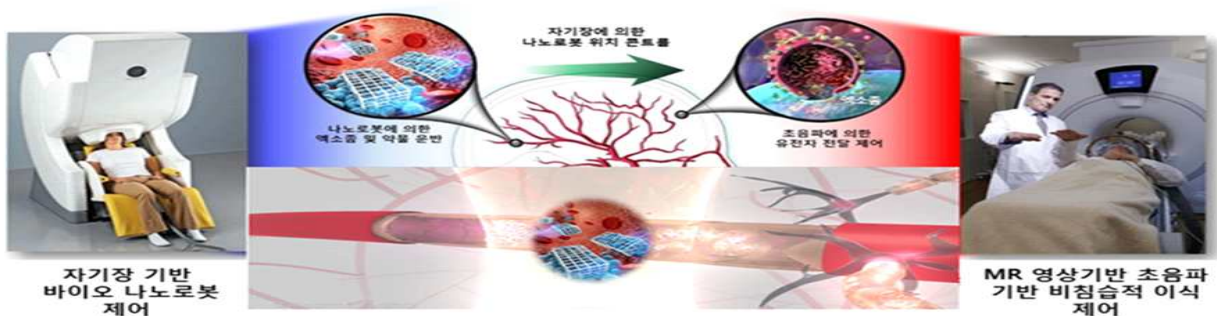
### □ 추진 목표

- 뇌질환 치료를 위한 생체적합성 치료용 약물을 이용한 바이로나노로봇 시스템 개발과 국소부위 약물 전달용 바이로나노로봇 시스템 및 신경 조절을 위한 삽입형 전자약 개발
- 집파를 이용한 BBB 제어 기술은 비침습적, 가역적, 반복적, 적용이 가능하며, 최근 치료 효율의 극대화를 위해 다양한 차별화된 약물 전달 기술 확립

### □ 주요기술(핵심기술) :

- 나노로봇의 비침습적, 국소적 제어 및 전달을 위한 자기장과 집속초음파의 최적화된 기술 개발
- 뇌질환 치료를 위한 생체적합성나노입자, 생분해성 고분자물질, 뇌혈관 치료용 약물 기반 "바이오 나노로봇" 시스템 개발.

### □ 추진 전략 및 로드맵 :



### □ 활용방안(기대효과)

- 나노로봇기술과 초음파 기술 병합으로 안전하고 최적화된 치료제 전달이 가능하며, 이 기술을 다양한 뇌신경 질환에 적용 가능함
- 해당 분야에 대한 기술을 선점한다면 국제적으로 이 분야를 이끌어 새로운 시장 선점 및 창출로 의료 산업 발전에 기여
- 전자약을 통하여 약물에 의한 부작용 없이 여러 뇌질환 치료가 가능하며, 전자약 기술은 뇌질환 뿐만 아니라, 다양한 질병에 적용 가능함

### Ⅲ-2-3. 대뇌 네트워크 기반의 정신질환 재분류를 통한 정밀치료 기술개발

☑ 표현형 중심의 정신질환 분류체계에서 탈피 바이오마커 중심의 진단분류를 함으  
로서 뇌과학을 기반으로 정신질환의 정확한 진단 및 치료가 가능하게 함

#### □ 추진 목표

- 정신질환 바이오마커 발굴을 위한 초진단적 임상 데이터베이스 구축
- 네트워크 다중 바이오마커를 이용한 진단분류 기술개발
- 바이오마커 중심 정신질환 분류에 따른 정밀치료 기술개발

#### □ 주요기술(핵심기술) :

- 대뇌네트워크 DTI, fMRI 다중 바이오마커 빅데이터 처리기술개발
- 신경세포/동물모델을 통한 정신질환 네트워크 모델개발
- 정신질환 모델의 네트워크 조작을 통한 정밀치료 예측기술개발

#### □ 추진 전략 및 로드맵

- 초진단적 코호트 및 데이터베이스 구축을 통한 진단 재분류
- 신경세포 수준 네트워크 조절기술 개발 및 동물모델 특성규명
- 정신질환 재분류에 따른 정밀치료 기술 동물적용 및 환자 시범적용



#### □ 활용방안(기대효과)

- 재래의 현상학적 정신질환 진단체계를 넘어, 바이오마커에 기반한 보다  
정확한 정신질환 분류 기반 마련
- 정확한 바이오마커 기반 정신질환 진단에 따라 치료를 제공할 수 있는  
근거 마련 및 임상 치료 기술 향상

## 제3차 뇌연구촉진기본계획 수립 참여 전문가

분 과	성 명	소 속	직 위	비 고
총괄분과	왕규창	서울대학교 의과대학	교 수	총괄위원장
	정성진	한국뇌연구원 뇌연구정책센터	센터장	
뇌신경생물	김진우	카이스트 생명과학과	부교수	분과장
	이용석	서울대학교 의과대학 생리학교실	부교수	수석실무위원
	고재원	DGIST 뇌인지과학전공	교 수	
	기 윤	강원대학교 의생명융합학부	교 수	
	손종우	KAIST 생명과학과	교 수	
	송미령	GIST 생명과학부	교 수	
	이승희	카이스트 생명과학과	조교수	
	허은미	KIST 신경과학연구단	선임연구원	
	박형주	한국뇌연구원 뇌신경망연구부	선임연구원	
	이계주	한국뇌연구원 뇌신경망연구부	책임연구원	
뇌의약학	권준수	서울대학교병원 신경정신과장	교 수	분과장
	이태영	서울대병원 정신건강의학과	교 수	수석실무위원
	권순억	아산병원 신경과	교 수	
	권민수	차의과대학교 약리학	교 수	
	김성민	서울대병원 신경과	교 수	
	김유경	서울의과대학 보라매병원 핵의학과	교 수	
	김의태	분당 서울대병원 정신건강의학과	교 수	
	나경세	가천대학교 길병원 정신과	교 수	
	배종석	한림대학교 강동성심병원 신경과	교 수	
	정현호	연세대학교 의과대 신경외과학교실	교 수	
	홍성출	전북대학교 의학전문대학원	교 수	
	조동규	성균관대학교 약학대학	교 수	
	석경호	경북대학교 의과대학	교 수	
	정지혜	건국대학교 신경생리학 실험실	교 수	
	최영식	한국뇌연구원 뇌질환연구부	책임연구원	
뇌인지	최준식	고려대학교 심리학과	교 수	분과장
	정상철	연세대학교 인지과학과	교 수	수석실무위원
	최세영	서울대학교 치과대학	교 수	
	이준열	성균관대학교 글로벌바이오메디컬공학과	교 수	
	이인아	서울대학교 뇌인지과학과	교 수	
	임현호	한국뇌연구원 뇌신경망연구부	연구본부장	
뇌공학	김성필	UNIST 디자인 및 인간공학	교 수	분과장
	조일주	KIST 바이오마이크로시스템연구단	책임연구원	수석실무위원
	백현만	가천의과대학 분자의학과	교 수	
	송윤규	서울대학교 융합기술대학원	교 수	
	천무경	한국뇌연구원(KBRI) 뇌질환연구부	선임연구원	
	박재석	성균관대 글로벌바이오메디컬공학과	교 수	
	김준식	서울대 바이오인텔리전스 실험실	교 수	
산업화	신찬영	건국대학교 의학전문대학원 약리학과	교 수	분과장
	최지웅	가천의과대학교 약학대학 약물학실	교 수	수석실무위원
	정원선	ObeLab(주)	CEO	
	이성훈	중앙대학교 약학대학	교 수	
인프라/생태계	선 웅	고려대학교 해부학교실	교 수	분과장
	강효정	중앙대학교 생명과학과	교 수	수석실무위원

본 자료와 관련하여 문의하실 사항이 있으시면  
과학기술정보통신부 생명기술과로 연락 주시기 바랍니다.

주소: 경기도 과천시 관문로 47, 5동 과학기술정보통신부

전화번호: 02-2110-2394, 2396

홈페이지: <http://www.msit.go.kr>