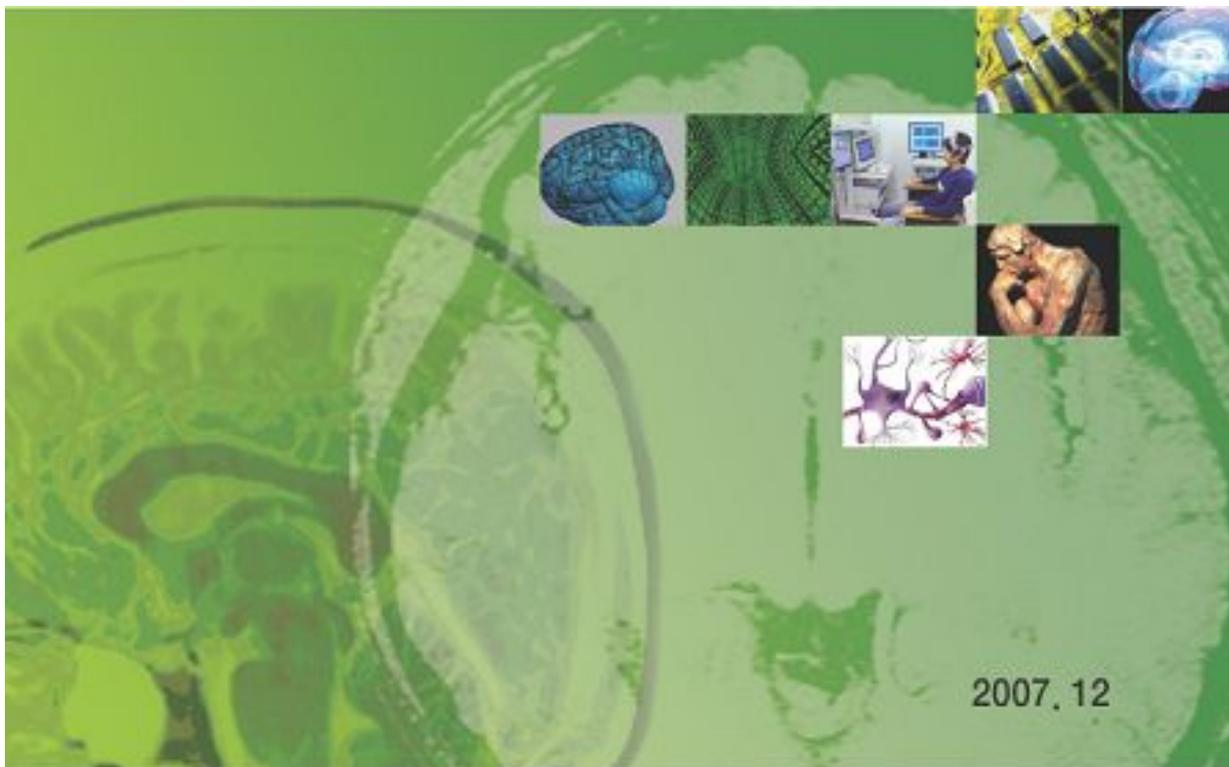


제2차 뇌연구촉진 기본계획



교육인적자원부
산업자원부
보건복지부

과학기술부
정보통신부

목 차

제1부. 계획수립 및 추진성과

I. 계획수립의 배경 및 범위	1
II. 제1차 기본계획('98~'07) 추진실적과 성과	13
III. 국내·외 뇌연구 현황 및 전망	32

제2부. 뇌연구 육성 비전과 전략

I. 비전 및 목표	47
II. 추진전략 및 실천과제	50
III. 투자 및 인력	59

제3부. 분야별 세부계획

I. 뇌신경생물 분야	67
II. 뇌인지 분야	91
III. 뇌신경계 질환 분야	121
IV. 뇌신경정보 및 뇌공학 분야	159
V. 뇌융합 분야	175

※ 참고자료	193
--------------	-----

제1부. 계획수립 및 추진성과

I. 계획수립의 배경 및 범위

II. 제1차 기본계획 추진실적과 성과

III. 국내·외 뇌연구 현황 및 전망

I 계획수립의 배경 및 범위

1. 배경 및 필요성

- ◇ '07년은 제1차 뇌연구촉진 기본계획('98~'07)이 종료되는 시점으로, 뇌연구의 새로운 도약을 위한 비전과 정책방향을 제시하는 제2차 뇌연구촉진 기본계획('08~'17)의 수립 필요
- ◇ 지난 제1차 기본계획의 성과를 종합하고 국내외 환경변화 분석을 통해 제2차 기본계획의 추진방향 도출

추진 배경

□ 과학기술적 측면

- 미지의 영역인 뇌연구 분야는 원천지식의 보고로서 21세기 중·후반은 뇌 중심 융합기술로 패러다임이 변화할 것으로 전망
- IT기술(20세기 후반) ⇨ BT/NT기술(21세기 초·중반) ⇨ 뇌 중심의 융합기술(21세기 중·후반)로 패러다임 변화



* 출처 : Converging Technologies for Improving Human Performance('04.3), Kluwer Academic Publishers

- 동종 및 이종기술간 상호작용이 강화되어 뇌연구를 근간으로 한 첨단 신기술 출현이 예상
- 뇌과학과 NT, BT, IT 등의 융합기술은 21세기 세계 기술의 첨단 그룹을 형성할 것으로 예측

* 미국 MIT 대학은 뇌과학과 인지과학 융합학부를 만들고 전폭적으로 지원



□ 사회·경제적 측면

- **고령화(Aging Society) 사회** 진입에 따른 인류 복지 및 삶의 질 향상과 사회 문제 해결에 관심이 고조
 - 뇌졸중, 파킨슨병 등 퇴행성 뇌질환 및 노인성 질환의 치료제 개발을 통해 고령화에 대응 필요
 - 국내 65세 이상 고령자 사망원인으로 뇌혈관 질환이 1위

65세 이상 고령자의 사망원인

(단위 : 인구 10만 명당)

연도	1 위	2 위	3 위	4 위	5 위
1984	뇌혈관 916.7	고혈압성 529.4	암 474.5	심장질환 469.5	만성 하기도 178.5
1994	뇌혈관 1,075.6	암 876.6	심장질환 504.6	고혈압성 344.9	만성 하기도 233.9
2004	암 940.3	뇌혈관 672.1	심장질환 312.3	당뇨병 209.8	만성 하기도 186.7
남 자	암 1,493.8	뇌혈관 735.5	심장질환 340.7	만성 하기도 292.3	당뇨병 225.1
여 자	뇌혈관 632.0	암 589.4	심장질환 294.2	당뇨병 200.2	고혈압성 125.3

※ 자료 : 사망원인 통계결과('05), 통계청

- 지난 50년간 노화 관련 뇌·신경질환이 급증 전세계 인구 5명 중 1명 이상이 스트레스와 우울증으로 고통받고 있음
- 미래사회 중요도 조사 결과 개인차원에서 **건강한 삶**이, 사회적 차원에서는 **쾌적한 환경**이 1순위를 나타냄

미래사회 수요의 중요도 결과

순위	개 인	사 회	국 가
1	건강한 삶	쾌적한 환경	지속적인 경제성장
2	고령자와 장애인의 자립	사회문제 해결	에너지/자원의 확보
3	보람찬 일생	효율적인 교통	재생의 예방 및 복구
4	편리하고 안전한 생활	원활한 정보교환	국가안보와 남북통일

※자료 : 「과학기술예측조사(2005~2030)」('05), 과학기술부

○ 뇌신경질환을 근본적으로 치료 및 예방하는 혁신적 기술·의약품에 대한 미래수요는 급증할 전망

- 전세계적으로 '50년대 이후 뇌·신경질환에 대한 이해와 치료를 위해 많은 연구가 이루어지고 있지만 뚜렷한 치료방법이 전무
- 뇌신경질환 치료제 세계 시장규모 : '05년 923억 달러에서 '10년 1,500억 달러를 상회할 것으로 전망

* 출처 : 「바이오신약장기 제품군별주요 질환별 세계 및 국내 시장현황과 전망분석」('07.7), 생명공학정책연구센터

○ 세계적인 인구 고령화와 뇌질환 환자 증가

- 고령화 사회 진입에 따라 파킨슨씨병, 알츠하이머병, 간질, 기억상실증 등 각종 뇌질환 환자가 급증
- 치매로 인한 사회경제적 비용 : 연간 3조 4,000억원 ~ 7조 3,000억원 (공식·비공식 의료비와 치료에 들어가는 간접비용, 생산성손실금 포함)

※ 자료 : 「치매 환자의 사회경제적 비용 분석」('05), 국민건강보험공단

주요 뇌질환 및 신경계질환의 발병횟수 및 비용(미국)

질 병	발병회수	연간비용(\$)
알츠하이머병(Alzheimer's disease)	4,000,000	80 billion
뇌졸중(stroke)	2,000,000	25 billion
간질(epilepsy)	2,000,000	3 billion
파킨슨씨병(Parkinson's disease)	500,000	2 billion
우울증(depression)	3,500,000	16 billion
정신분열증(schizophrenia)	1,100,000	21 billion
외상성 두부손상(traumatic head injury)	1,000,000	25 billion
외상성 척추손상(traumatic spinal cord injury)	250,000	2 billion
다발성 경화증(multiple sclerosis)	250,000	2 billion
뇌종양(brain tumors)	62,000	325 million
근위축성 측삭경화증(amyotrophic lateral sclerosis)	30,000	300 million

※ 자료 : 기술동향분석보고서 '뇌질환치료제 개발동향'('02), KISTI

필요성

□ 뇌연구 및 뇌중심 융합기술 경쟁 가속화

- 주요국은 기술선점을 위한 뇌연구 강화 프로그램 마련 및 전략적 육성
 - 미국 : '뇌연구 10년(Decade of the Brain)' 선언('90)
 - ※ NIH에서는 '06년 뇌연구로 비전을 확장하여 'Neuroscience Blueprint'를 중심으로 신경과학 연구사업에 중점
 - EU : '뇌연구 10년(European Decade of the Brain)' 계획 수립('91)
 - 일본 : 21세기를 '뇌연구의 세기(Century of Brain)'로 선언하고 뇌과학 프로젝트 추진('97~'16)

□ 환경변화 및 융합화에 대응하는 새로운 전략수립 필요

- 한국은 '98년 뇌연구촉진법 제정 이후 뇌연구 분야별 기반구축을 위한 정부지원을 지속적으로 추진
 - 국내 뇌연구 환경조성 및 연구기반 마련을 위해 「제1차 뇌연구 촉진 기본계획('98~'07)」 추진

◇ 법적 근거 : 뇌연구촉진법 제5조

- 과학기술부장관은 관계중앙행정기관의 뇌연구 촉진을 위한 계획을 종합·조정한 후 「뇌연구촉진심의회」의 심의를 거쳐 「뇌연구 촉진기본계획」을 수립

※ 관계중앙행정기관 : 교육인적자원부, 과학기술부, 산업자원부, 정보통신부, 보건복지부

- 급변하는 정책환경 변화를 주도하여 분야별로 분산 추진하고 있는 뇌연구를 효율적으로 육성·발전시키기 위한 시대적 요구 증대
 - '제2차 뇌연구촉진 기본계획' 수립을 통해 국내 현실에 부합하는 중장기 뇌연구 발전 비전과 전략 제시

추진 경위

- '98. 5 : 뇌연구촉진법 제정
 - '02. 12 : 뇌연구촉진법 개정
- '99. 7 : 제1차 뇌연구촉진 기본계획('98~'07) 수립
 - '01. 12 : 「뇌연구촉진기본계획('98~'07)」 수정
- '03. 10 : “뇌기능활용및뇌질환치료기술개발연구사업단” 출범
- '06. 11 : 제2차 뇌연구촉진 기본계획 수립을 위한 기획연구 착수

< 제2차 뇌연구촉진 기본계획 수립 경과 >

- '07. 1 : 제2차 뇌연구촉진 기본계획 기획위원회 구성
 - 총괄 및 분과 위원회 구성(5개 분과)
- '07. 1. 16 : 총괄추진위원회 1차 회의 개최
- '07. 2. 13 : 기획실무위원회 1차 회의 개최
- '07. 3. 28 : 분과별 기술분류 및 이슈조사 추진
- '07. 5. 8 : 기획실무위원회 2차 회의 개최
 - 통합 기술분류(안) 작성, 성과분석 및 동향 분석
- '07. 6. 21~23 : 기획실무위원회 3차 회의 개최
- '07. 8. 3 : 기획실무위원회 4차 회의 개최
- '07. 8. 16 : 총괄추진위원회 2차 회의 개최
- '07. 10. 29 : 기본계획 공청회 개최
- '07. 10. 25~11.2 : 관계부처 의견수렴 및 협의
- '07. 11. 23 : 뇌연구실무추진위원회 심의
- '07. 12. 5 : 뇌연구촉진심의회 심의 후 최종 확정

2. 뇌연구의 정의 및 범위

급변하는 환경변화와 각국의 기술전략에 대응하고, 새로운 기술의 촉진과 융합연구 강화를 위해 “뇌연구촉진법”을 근거로 기본계획상 기술분야를 5개 분야로 정의

□ 뇌연구의 정의

- 뇌신경계의 신경생물학 및 인지과학적 이해를 바탕으로 뇌의 구조 및 기능의 근본원리를 파악하고자 하는 연구분야
- 뇌과학, 뇌의약학, 뇌공학 및 이와 관련된 모든 분야에 대한 연구를 포함

* 출처 : 뇌연구촉진법 제2조

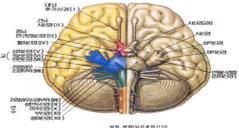
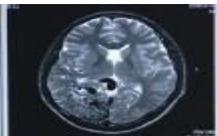
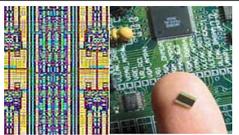
□ 기본계획 상의 기술분류 및 범위

- 최근 뇌연구 분야간 융합 및 이종 기술간 융합연구가 메가트렌드로 출현
- 뇌연구촉진법이 제정된 '98년에 비해 뇌연구 분야간 통합 및 융합 연구가 강화(환경변화를 반영 ⇨ 뇌인지, 뇌융합 분야 신설)

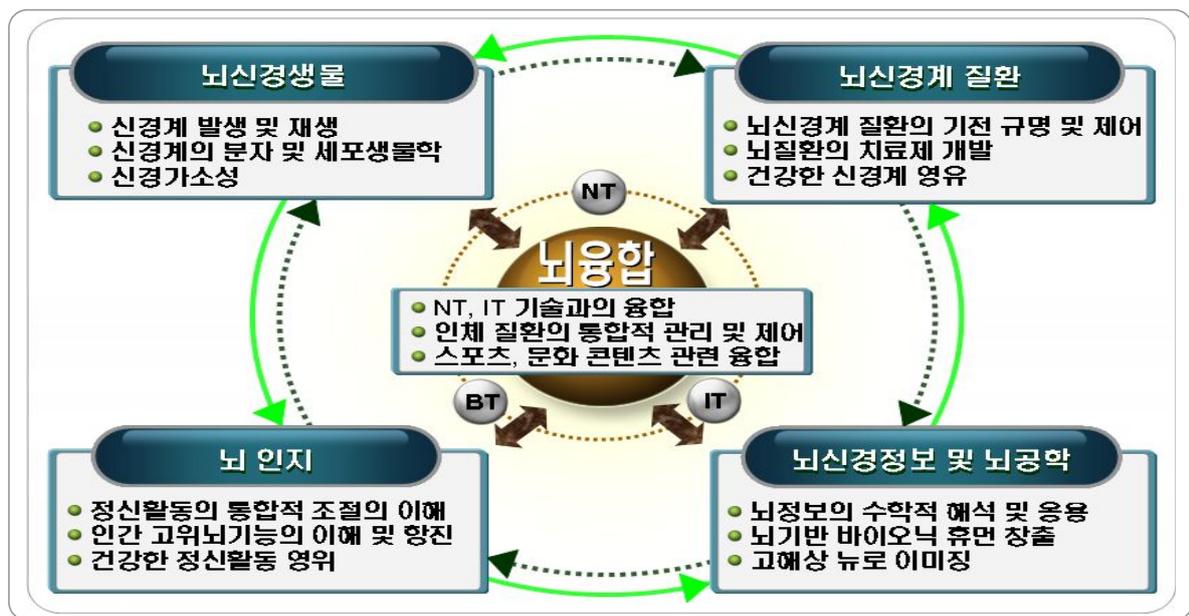
뇌연구 기술분류 체계



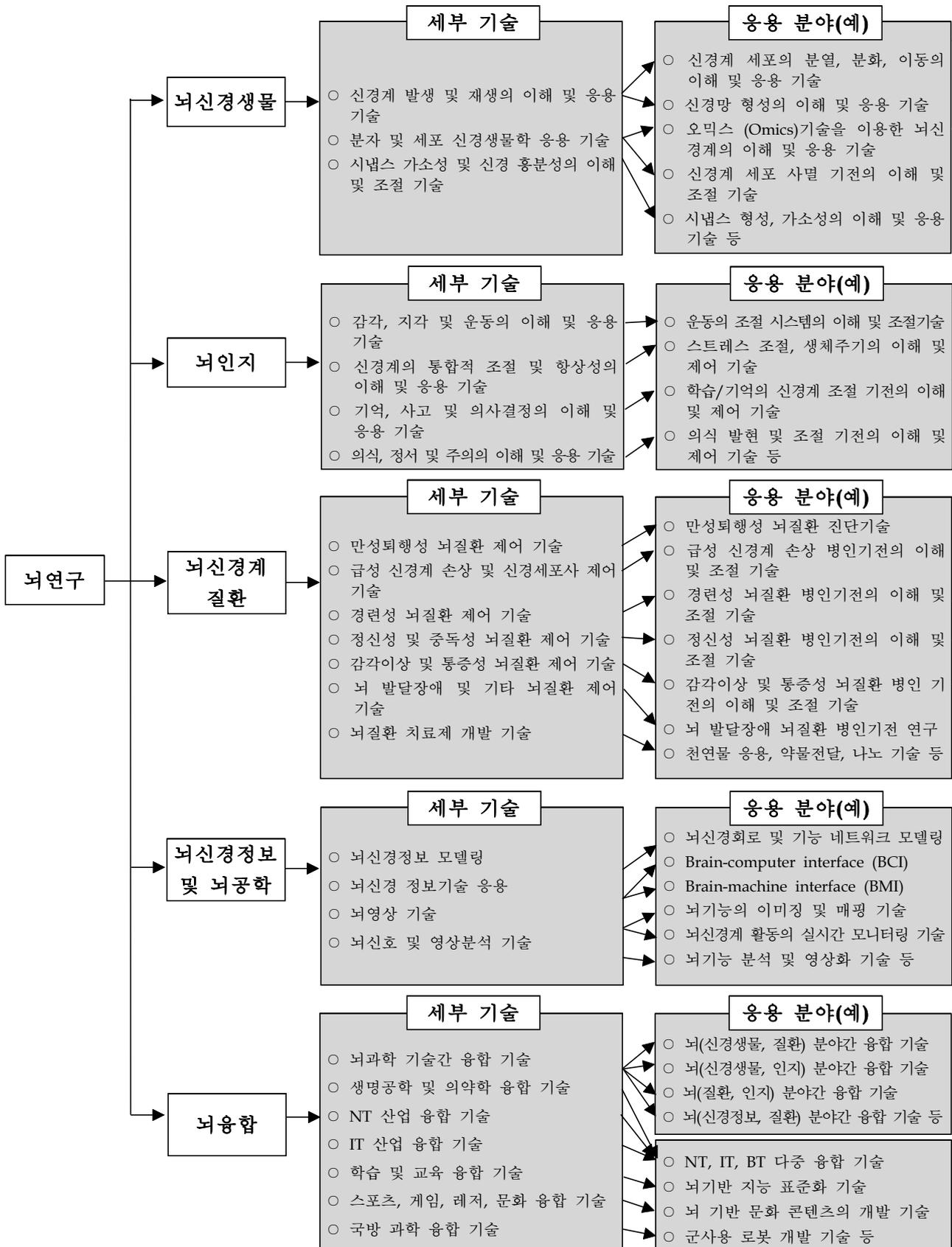
□ 세부 기술분야

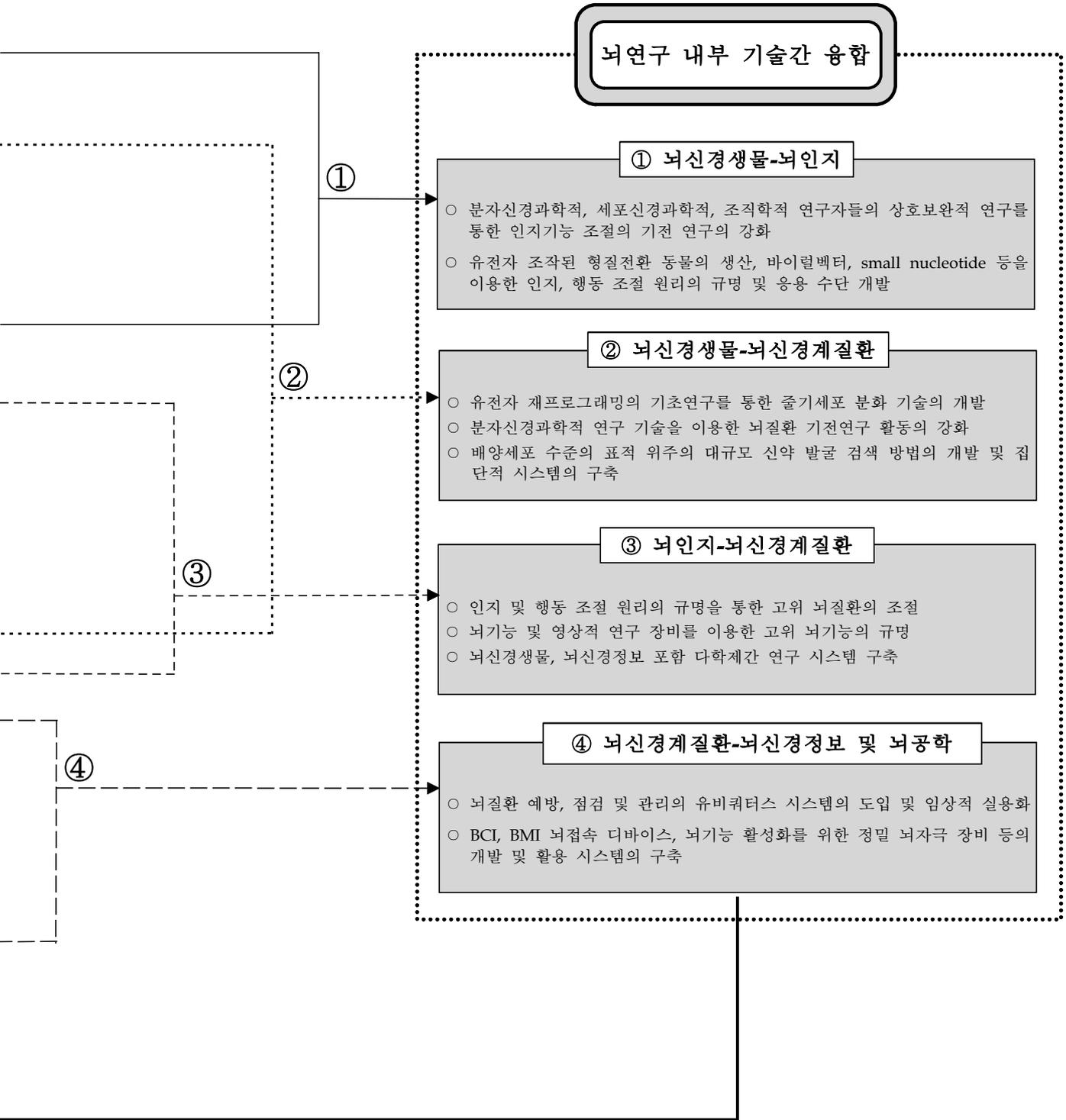
<p>뇌신경생물</p> 	<p>- 뇌신경계의 형성 및 기능에 대한 생물학적 운영 원리를 규명하고, 이를 바탕으로 응용 기술을 개발하는 분야</p>
<p>뇌인지</p> 	<p>- 신경시스템, 행동 및 인지기능의 작용기전을 규명하고 그 응용기술을 개발하는 분야</p>
<p>뇌신경계 질환</p> 	<p>- 뇌의 구조 및 기능상의 결함 등에 기인한 신체적 정신적 질환 및 장애에 대한 원인 규명과 이의 진단, 치료, 예방에 관한 분야</p>
<p>뇌신경정보 및 뇌공학</p> 	<p>- 뇌의 구조와 기능 모델링, 뇌신경계와 외부기기를 융합하여 외부기기를 조작 및 마비된 뇌기능 회복기술 개발 - 뇌기능 이해, 진단 및 치료를 위해 뇌구조/ 기능을 영상화하는 기술</p>
<p>뇌융합</p> 	<p>- 뇌 분야간 융합, BT·IT·NT 산업과의 융합, 현재 및 미래의 교육, 문화 등을 포함한 제산업 분야와 연관성을 갖는 분야</p>

2차 기본계획상 뇌연구의 범위



□ 뇌연구 기술계통도(Technology Tree)

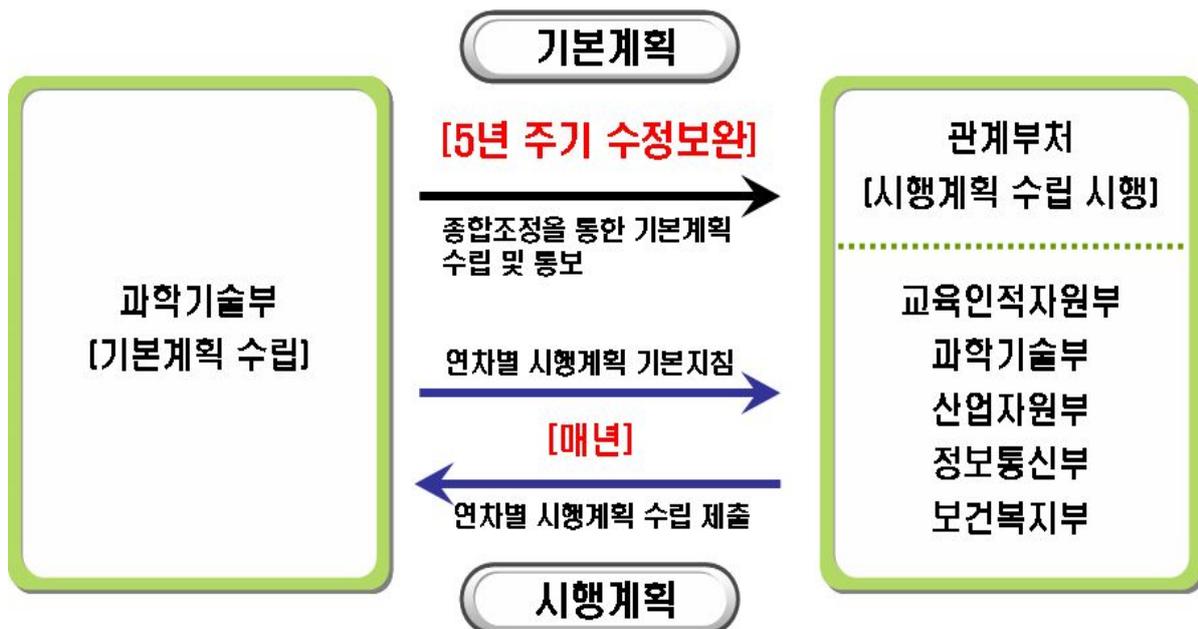




3. 추진체계

□ 수립 · 시행절차

- 과학기술부가 뇌연구촉진 기본계획을 수립
 - 관계부처에서 뇌연구촉진을 위한 부처별 계획을 수립하고 과학기술부가 이를 종합·조정하여 확정
 - 환경변화를 고려하여 5년 주기로 전략, 연차별 투자계획 등을 수정·보완
 - ※ 종합·조정을 통한 기본계획 수립 및 관계부처에 통보
- 매년 연차별 시행계획을 통한 정책의 환류 시스템 마련
 - 과학기술부에서 매년 연차별 시행계획 기본지침을 관계부처에 통보
 - 관계부처는 매년 추진되는 뇌연구 실적 및 연차별 계획을 작성하고 과학기술부에서 종합조정
 - 뇌연구촉진심의회에서 심의 후 최종 확정



□ 추진체계

○ 뇌연구촉진 심의회(위원장 : 과학기술부 차관)

- 뇌연구촉진 기본계획의 수립 및 변경과 이에 따른 주요 정책을 심의
- 뇌연구관련 예산의 확대방안, 뇌연구 분야 인력개발 및 교류에 관한 종합계획과 인력활용지침의 수립 및 집행의 조정
- 연차별 시행계획의 심의·확정

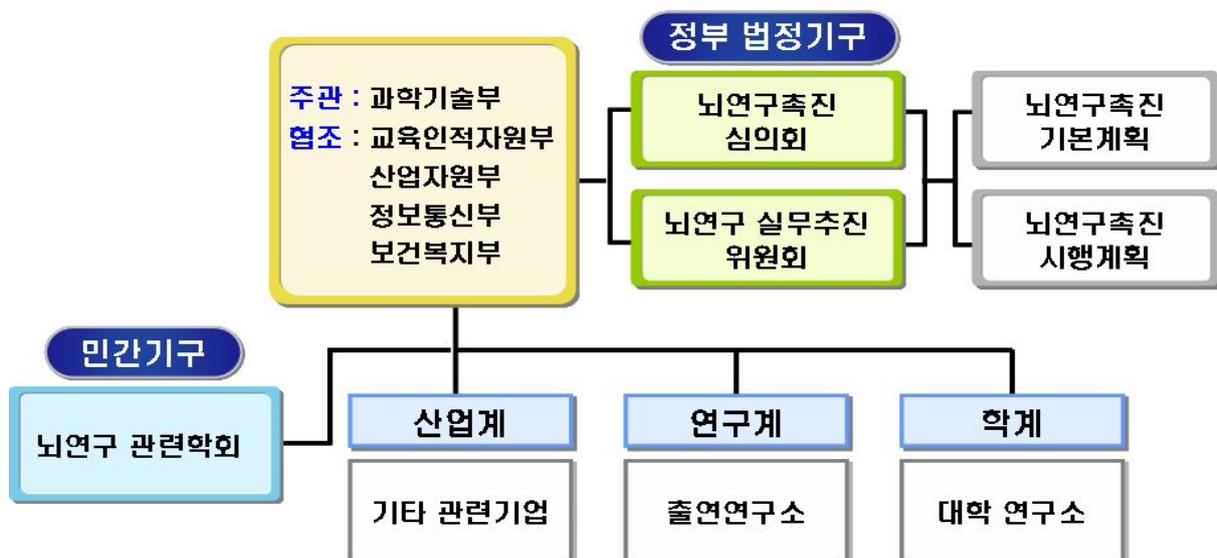
※ 뇌연구촉진심의회 : 뇌연구촉진법상 관계중앙 행정기관으로 명시된 5개 부처에 의해 구성된 정부 법정 기구

○ 뇌연구 실무추진위원회

- 뇌연구촉진심의회에 상정할 안건의 작성 및 심의회에서 위임한 업무를 처리
- 관계부처 공무원 및 학계, 연구기관, 산업계에 종사하는 뇌연구 전문가로 구성

○ 민간기구와의 연계 강화

- 산·학·연 수행주체의 기술적 비교우위 분야에 따른 역할분담 체제 확립



□ 부처별 역할(뇌연구촉진법 제14조)

<p>교육인적자원부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학제간 교육 프로그램 신설 및 지원을 통한 뇌연구분야의 전문인력 양성 ○ 뇌과학 기초분야의 다양한 연구지원
<p>과학기술부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본계획의 수립과 시행계획 수립의 지원 및 조정 ○ 뇌 관련 뇌 관련 기초기술 및 첨단기술의 개발 ○ 유용한 연구결과의 이용 및 보전을 위한 연구의 지원 ○ 뇌연구 지원체제의 육성
<p>산업자원부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌연구 결과를 생산 및 산업공정에 효율적으로 응용하기 위한 응용기술의 개발 및 산업화 촉진
<p>정보통신부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌연구 결과의 정보·통신분야에의 응용기술 개발 및 산업화 촉진
<p>보건복지부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보건·의료 등에 관련되는 뇌의약 연구와 그 결과의 응용 기술 개발 및 산업화 촉진

II 제1차 기본계획 추진실적과 성과

1. 연구개발 자원(투자, 인력) 측면

가) 뇌연구분야 투자

뇌연구에 대한 정부 투자는 매년 15% 증가 추세를 보이고 있으며, 부처별로는 과기부 및 복지부가 총 2,178억원으로 68% 투자

□ 정부의 적극적인 육성정책에 따라 투자는 꾸준히 증가

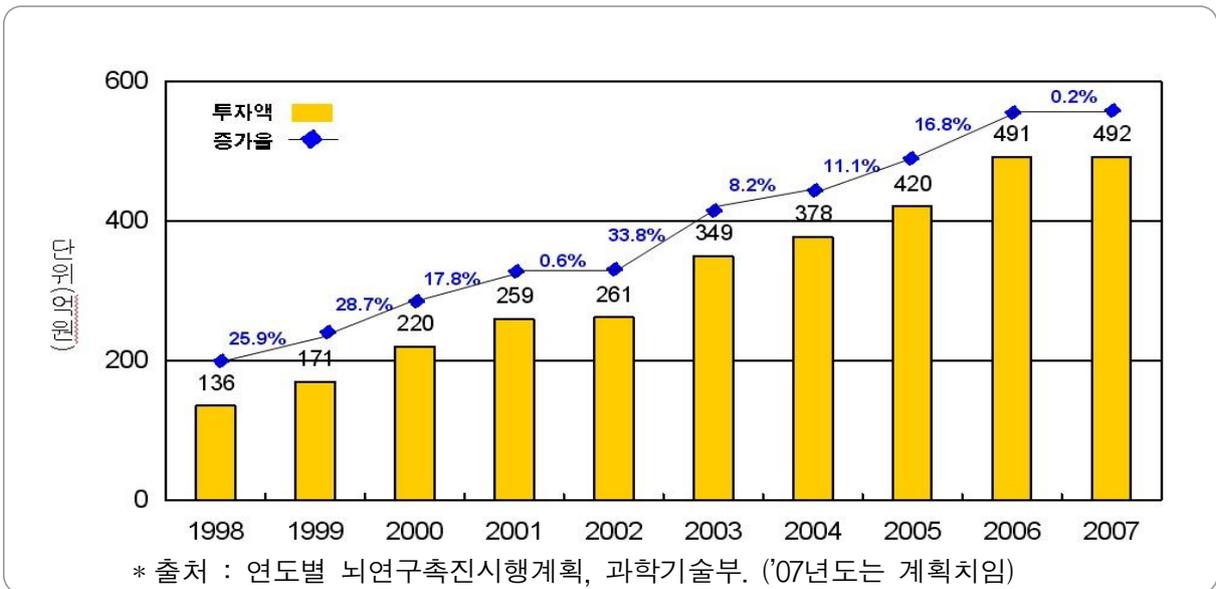
- 1차 기본계획 기간('98~'07)동안 정부 투자는 10년간 총 3,180억원으로 연평균 15%의 증가율로 증가

※ 동 기간 정부 과학기술예산 증가율 : 11%

- 과기부 55%(1,769억원), 복지부 13%(409억원), 산자부 8%(243억원), 교육부 7%(220억원), 정통부 5%(147억원) 순으로 투자

※ 과기부는 '98년 뇌연구 분야에 투자를 착수하여 '98년 83억원 ⇨ '07년 261억원으로 3배 증가함

연도별 정부 투자 실적



□ 10년간 계획 대비 총액 기준 77% 투자 실적 달성

- 계획 초기 1단계에는 121%를 달성하며 적극적인 투자 추진
- 3단계 정부투자 실적은 2단계에 비해 2배 이상 증가하며 급성장을 보임
 - 전단계 대비 각 단계별 지속적 재원확충(2단계 : 1.7배, 3단계 : 2배)

(단위 : 억원)

1단계 ('98~'00)			2단계 ('01~'03)			3단계('04~'07)		
계획	실적	비율	계획	실적	비율	계획	실적	비율
436	527	121%	1,156	871	75%	2,514	1,781	71%

* 출처 : “연도별 뇌연구추진시행계획”, 과학기술부. '07년 수치는 계획치임

□ 3단계 연구개발 투자 실적은 과기부가 65%의 비중을 차지 하며 연구개발 투자를 주도

- 전단계 대비 투자 증액 비율은 산자부(289%), 복지부(247%), 과기부 (177%), 교육부(161%) 순으로 나타남
- 산자부의 경우 1, 2단계에 비해 3단계 91%의 계획 대비 실적 비율을 보이며 비중 증가(전단계 대비 2.9배 투자 증액)
 - “뇌신경정보학 연구개발사업” 이관(과기부 ⇨ 산자부) 및 사업증액('05)

※ 정통부는 “정보통신 선도기반 기술개발사업”의 일환으로 뇌연구 분야에 269억원('98~'07년)을 투자할 계획이었으나 '03년 이후 관련 사업종료

(단위 : 억원)

부처	1단계 ('98~'00)			2단계 ('01~'03)			3단계('04~'07)		
	계획	실적	비율	계획	실적	비율	계획	실적	비율
과학기술부	185	301	162%	400	529	132%	615	938	152%
보건복지부	55	54	98%	208	102	49%	602	252	41%
산업자원부	37	28	75%	100	55	53%	173	159	91%
교육인적자원부	53	57	107%	110	62	56%	179	100	58%
정보통신부	87	87	100%	90	60	66%	92	-	-

* 출처 : “연도별 뇌연구추진시행계획”, 과학기술부. '07년 수치는 계획치(출연기관은 제외)

나) 연구개발 인력

뇌연구 참여 인력은 지속적으로 증가하여 '98년 대비 3배이상 증가 하였으며, 전체인력 중 90% 이상이 대학에서 연구수행

□ 뇌연구 분야 참여 인력은 지속적으로 증가 추세

- 뇌연구 분야의 총 연구개발 인력은 지속적으로 증가하는 추세
- '98년 650명 ⇨ '00년 1,100명 ⇨ '04년 1,700명 ⇨ '06년 2,000명

* 출처 : “연도별 뇌연구촉진시행계획”, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사”(’05)(뇌기능활용및뇌질환사업단) 등을 인용 및 참고하여 추정

□ 대학을 중심으로 관련 연구개발 인력이 밀집

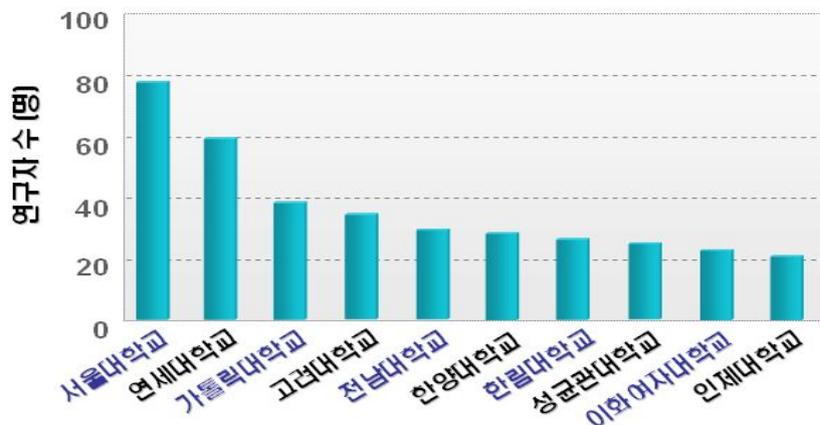
- 뇌연구 인력은 대학 > 산업체 > 연구소 등의 순으로 분포
- 산, 연 뇌연구 인력은 약 70여명 수준으로 대학에 비해 미약한 수준

※ 연구소(선임급 이상) : '07년 약 11명(KIST 6, KRIBB 1, 국립보건원 4)

※ 기업(석사급 이상) : '07년 약 60명 추정(뉴로텍 10, SK 5, SK케미컬 5, LG 3 등)

- 전체 뇌연구자의 43%가 10개 대학에 집중되어 있으며, 뇌연구 특성화 대학에 상당수 존재

주요 대학별 뇌연구 인력 분포



* 출처 : 국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사(’05), 뇌기능활용및뇌질환사업단

* 산출근거 : 학술진흥재단 인력DB에 등록된 연구자 수 및 뇌학회 회원을 대상

□ 대학의 뇌연구 인력 중 의과계열 전공자가 상당 부분을 차지하며 서울지역에 인력이 편중

○ 의과계열 전공자가 68%로 집중되어 있으며, 자연과학계열 11%, 인문/사회계열, 공학계열, 기타 순으로 분포

※ 의과계열 : 의학, 한의학, 치의학, 수의학, 보건학 등을 포함

○ 지역별로는 서울에 약 40%의 인력이 집중되어 있으며, 대전(10%), 강원(6.8%), 경기(6.7%) 순으로 분포

- 지역에 따라 의과대학 및 병원의 존재 유무에 따라 관련 연구자 및 연구가 편중

□ 뇌연구 분야 중 뇌신경과학 분야에 인력이 집중

○ 뇌신경과학(38%)에 가장 많은 인력이 종사하고 있으며, 그 다음 인지과학(23%), 정신의학(14%) 등의 순으로 연구자의 비중이 높음

※ 학술진흥재단의 분야별 인력등록 자료('05)를 근거로 분석

뇌연구 분야별 인력 분포



※ 뇌연구 분야 인력 통계는 산출이 어려운 실정으로, 향후 체계적인 인력 현황 분석을 위한 통계 개발이 필요

2. 인프라 구축

뇌연구 활성화를 위한 고가 장비·연구센터 설치, 법·제도 등 인프라가 지속적으로 구축됨

□ 뇌연구 활성화를 위한 시설, 장비 등 인프라 구축

- 뇌연구를 위한 복합적 영상진단시스템 관련 고가 장비들의 구축을 추진
 - 뇌기능자기공명영상장비(fMRI) 확보('01년, 뇌과학연구센터)
 - PET/CT를 포함한 PET 스캐너의 설치는 '02년 8개 ⇨ '04년 32개로 그 수가 크게 증가
 - * 출처 : 국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사('05), 뇌기능활용및뇌질환사업단
- 민간부문에서 주도적으로 전문장비를 구축하였으며, 공동기반 장비는 미흡
 - 고가장비의 활용을 극대화하기 위한 전문센터 등 공동활용 인프라 부족

국내 뇌연구 장비 현황

장비명	금액	비고
7.0T MRI용 Magnet	120	가천의대 뇌과학연구소
HRRT-PET(초고해상도뇌전용 PET)	61	
1.5T MRI	15	
Whole Body PET/CT	18	
Micro PET(동식물용 PET)	10	
Cyclotron	17	
Radiopharmaceutical LAB(방사화학시설)	11	
4.0T Vertical MRI(인지과학용 수직 MRI)	50	
Micro MRI(동물용 MRI)	9	
Multiphoton imaging system for in vivo brain imaging	8	KIST 신경과학센터
Multiphoton imaging system for in vitro brain slice	8	
Micro-MRI 4.7T/16 AS In-vivo MR Imaging System	10	원광대 익산방선영상 과학연구소
X-ray Microscopy System	10	
Whole body PET/CT	18	
1.5T MRI	15	
System LAB 장비들	10	기초과학지원연구소 춘천, 바이오이미징센터
소동물용 Micro-PET/CT	17	
Bioluminescence Imaging system	5	KAIST 뇌과학연구센터
3.0T MRI System	17	
64 CH EEG System	1	
MEG(전자극 뇌파측정장비)	28	서울대 의과대학

* 출처 : 한국뇌연구원 설립·운영에 관한 기획연구('07.9), 과학기술부

□ 법·제도적 기반 마련을 통한 연구환경 조성

- 뇌연구 촉진을 위한 법·제도 강화 및 연구개발 기반 구축 확대
 - 뇌연구촉진법 제정('98)을 통해 정부의 뇌연구 촉진을 위한 시책을 강화하고, 관련부처의 역할을 명시하여 뇌연구 촉진의 법적 근거 마련

□ 전문연구센터 구축을 통한 연구 특성화 추진

- 국내 뇌신경과학 관련 연구센터 및 연구소는 20여개 정도 분포
 - 대부분 대학에 소속되어 있으며 뇌과학연구센터(KAIST), 신경과학센터(KIST)와 뇌의약학연구센터(복지부)가 연구소 및 정부에 소속
 - 민간부문에서도 대학을 중심으로 관련 연구센터 설치 확대

관련 법·제도 및 전문연구센터 구축 현황

구 분	관련 법·제도 및 전문센터 구축 현황
1단계('98~'00)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌연구촉진법 제정('98년) ○ 제1차 뇌연구촉진기본계획('98~'07) 수립('99년) ○ KAIST 뇌과학연구센터 설립('97년, 과학기술부) ○ 국립보건원 뇌의약연구센터 설립('98년, 보건복지부) ○ 한국뇌과학회 창립('98년) ○ 뇌과학연구사업 및 뇌의약연구사업('98~'07) 추진('98년)
2단계('01~'03)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제1차 뇌연구촉진기본계획('98~'07) 수정('01년) ○ 뇌연구촉진법 개정('02년) ○ 뇌기능 활용 및 뇌질환 치료기술 개발연구사업 착수('03년, 과학기술부)
3단계('04~'07)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국과학기술원(KIST) 신경과학센터 설립('05년) ○ 제2차 뇌연구촉진기본계획('08~'17) 수립('07년)

* 출처 : 과학기술부, “연도별 뇌연구촉진시행계획”

3. 과학·기술경쟁력 제고

가) 논문 성과 측면

SCIE 기준 '98년 23위에서 '06년 13위로 상승하여 논문창출 역량이 제고되고 있으며 우수저널 게재 논문수의 증가

□ SCIE 논문 창출 역량 제고

- 뇌연구 관련 SCIE 게재 논문건수는 '98년 23위(65건) ⇨ '06년 13위(363건)으로 연평균 23.9%의 빠른 증가 추세
- 단계별로 1단계 309건 ⇨ 2단계 622건 ⇨ 3단계 1,014건으로 총 1,945건의 관련 논문을 발표
- ※ 2단계는 1단계 대비 논문성과 2배 증가하였으며, 3단계는 2단계 대비 1.6배 증가하는 등의 양적으로 성장

뇌연구 관련 SCIE 논문발표 현황

국가명	1단계(논문건수)			2단계(논문건수)			3단계(논문건수)			전체 점유율	3단계 증가율
	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06		
미국	5,193	5,590	5,635	5,884	5,668	6,761	6,785	7,930	7,726	43.2%	13.8%
독일	1,165	1,275	1,295	1,428	1,383	1,601	1,559	1,866	1,827	10.1%	17.2%
일본	1,128	1,175	1,226	1,265	1,275	1,522	1,431	1,527	1,426	9.0%	-0.3%
영국	962	1,023	1,129	1,167	1,137	1,353	1,294	1,548	1,603	8.4%	23.8%
캐나다	614	725	758	732	730	853	883	1,025	1,093	5.6%	23.7%
프랑스	620	697	813	692	696	829	823	939	916	5.3%	11.3%
이탈리아	509	555	610	579	640	739	799	932	953	4.7%	19.2%
중국	83	124	167	173	255	351	425	351	691	1.9%	65.5%
대한민국	65	118	126	170	202	250	308	343	363	1.4%	17.8%
러시아	88	135	120	105	127	161	129	176	151	0.9%	17%
인도	63	83	70	101	103	140	131	195	235	0.8%	79.3%
브라질	78	72	92	122	149	211	197	290	288	0.1%	46.1%

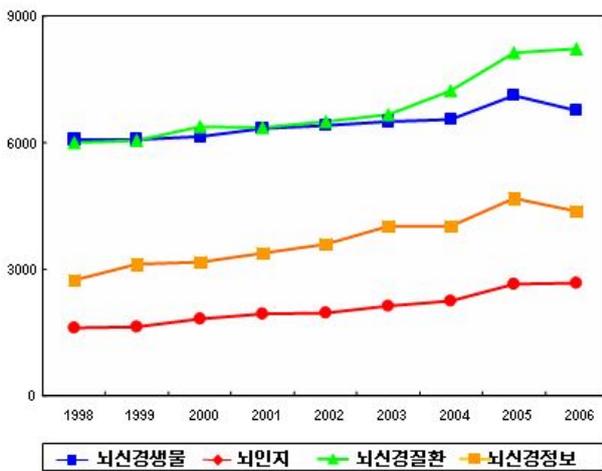
※ 분석국가 : G7국가 및 BRICs(브라질, 러시아, 인도, 중국) 국가

* 출처 : 생명공학정책연구센터 분석('07), 각 분과로부터 관련 키워드를 받아 SCIE DB를 검색

□ 세계적으로 뇌연구 분야는 뇌의약 중심으로 성과가 창출되고 있으며, 국내도 뇌의약 비중이 높게 나타남

- 국내 및 세계 공통적으로 뇌의약 및 뇌신경생물 관련 논문이 가장 많으며 '02년 이후 관련 논문 발표 수는 매우 급격히 증가
 - 국내 뇌의약 논문은 '98년 27건 ⇨ '06년 184건으로 증가

세계 뇌연구 논문 현황



국내 뇌연구 논문 현황



* 출처 : 생명공학정책연구센터('07)

□ 뇌연구 논문의 질적 수준 향상

- Impact Factor 10 이상 뇌연구 관련 논문 건수는 1단계 6건 ⇨ 2단계 16건 ⇨ 3단계 20건으로 증가 추세
 - 국내 뇌연구 논문은 Nature neuroscience(7건), Neuron(15), Molecular psychiatry(3건) 등 뇌 관련 유명 저널에 게재

뇌연구 관련 IF 10이상 논문발표 현황

구분	1단계(논문건수)			2단계(논문건수)			3단계(논문건수)		
	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
IF 10이상 논문 수	1	3	2	5	6	5	4	6	10

* 출처 : 생명공학정책연구센터('07)

나) 특허성과 측면

응용기술에 대한 특허는 세계 등록특허 기준 총 90건으로 양적으로 꾸준히 증가하고 있음

□ 특허는 양적으로 증가 추세에 있으나 질적 제고 필요

- 미국 등록특허 기준 뇌연구 관련 우리나라의 특허는 1단계 0건
 ⇨ 2단계 3건 ⇨ 3단계 6건으로 양적으로 증가 추세
 - ※ G7의 주요국들은 관련 특허의 수가 3단계에서 감소하는 추세를 보임
 - ※ 미국등록·출원, 유럽등록·출원, PCT출원, 일본영문공개로 검색범위를 확장하여 동일한 검색식으로 검색할 경우 우리나라의 특허건수는 90건으로 검색됨
- 우리나라의 뇌연구 관련 특허의 평균 피인용 회수는 1건당 0.1회로 주요국과 비교하였을 때 낮은 수준임
 - ※ 동일기간 러시아와 인도의 평균 피인용 회수는 각각 0.5와 1로 보다 높음

미국 등록특허 기준 주요 국가별 뇌연구 관련 특허 등록 현황

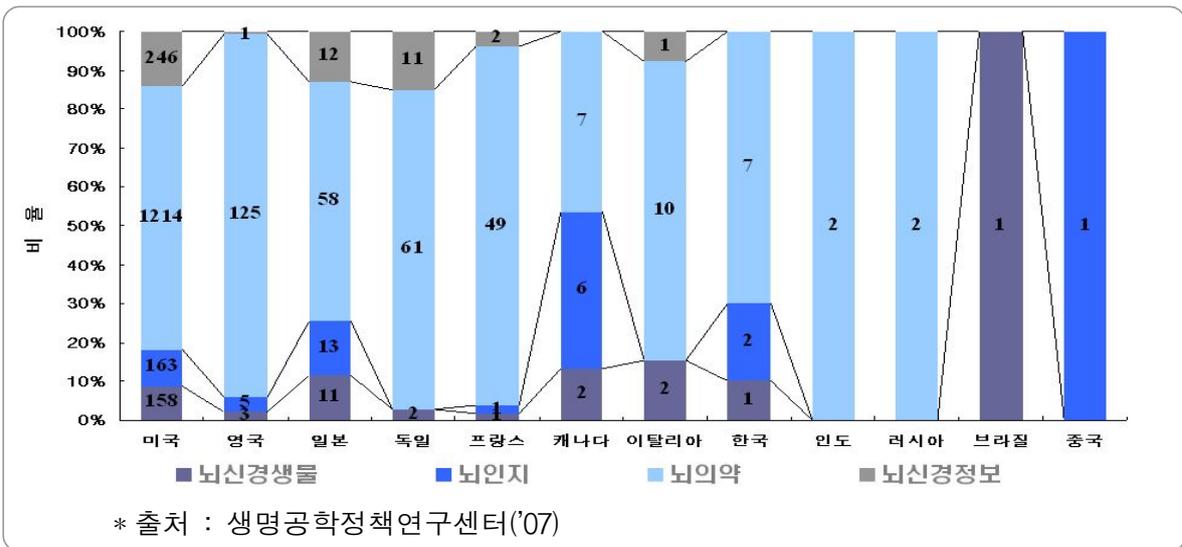
국가	특허건수					피인용 회수	
	1단계 '98~'00	2단계 '01~'03	3단계 '04~'06	총건수	총건수별 순위	총 피인용 회수	평균 피인용 회수
미국	503	651	483	1637	1	7421	4.5
영국	53	47	27	127	2	405	3.2
일본	33	27	29	89	3	151	1.7
독일	11	34	29	74	4	93	1.3
프랑스	19	14	20	53	6	75	1.4
이탈리아	6	4	3	13	10	16	1.2
캐나다	0	5	7	12	11	53	4.4
대한민국	0	3	6	9	12	1	0.1
러시아	0	2	0	2	15	1	0.5
인도	0	0	2	2	15	2	1
브라질	0	0	1	1	20	0	0
중국	1	0	0	1	20	0	0

※ 분석국가 : G7국가 및 BRICs(브라질, 러시아, 인도, 중국), 피인용 회수는 '07.9.13을 기준으로 조사됨

* 출처 : 생명공학정책연구센터('07), 각 분과별 전문가로부터 키워드를 받아 해외특허 정보 DB인 Aureka를 이용하여 미국 등록특허를 대상으로 분석

- 우리나라를 포함한 주요국들은 뇌연구 분야 중 뇌의약 관련 기술을 집중적으로 개발
- 우리나라는 뇌의약(7건) 외에도 뇌인지(2건), 뇌신경생물(1건)에 관한 특허를 등록

미국 등록특허 기준 주요 국가별 뇌연구 관련 특허 분야별 분포



- 한국 특허청에 출원된 뇌연구 관련 특허는 증가추세이나 해외기관에서 진입한 특허의 점유율이 높은 비중을 보임
- 총 1,337건 중 국내기관 특허의 점유율은 총 18%(240건)

한국 출원특허 기준 뇌연구 관련 국내보유 특허 건수 및 비율 추이

단계별 연도	1단계			2단계			3단계			총합계
	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	
총건수	56	98	99	127	155	164	187	221	230	1,337
국내기관 특허건수	8	13	24	28	44	33	32	42	16	240
해외기관 특허건수	46	85	75	99	111	131	155	179	214	1,095
국내기관 특허 점유율(%)	14.8	13.3	24.2	22.0	28.4	20.1	17.1	19.0	7.0	18.0

※ 출원특허의 경우 특허공개는 통상 18개월이 소요되어 최근 2년간 감소추세 보임

* 출처 : 생명공학정책연구센터('07), 각 분과별 전문가로부터 키워드를 받아 국내특허 정보 DB인 Focust를 이용하여 한국 출원특허를 대상으로 검색

4. 국제협력

HFSP, HUPO 등 국제협력사업에 참여 확대 및 협력네트워크 기반구축을 위한 노력이 가시화 되는 단계임

- 국제협력사업 참여를 통해 뇌연구에 대한 국제변화 대응
 - '04년 선진국 국제협력 프로그램인 HFSP(Human Frontier Science Program)에 정식 가입하여 사업 추진
 - '04년 HUPO(Human Proteomics Organization) 산하 HBPP(Human Brain Proteomics Project)에 한국측 단백질체 연구진 참가
 - ※ 기초연의 박영목 박사는 HBPP의 공동연구책임자로 선정('06.12)

- 해외 연구기관과의 네트워크 형성
 - 외국 뇌관련 연구소 및 연구기관과의 양해각서(MOU) 체결
 - ※ 일본 RIKEN 뇌연구소('99.10), 스위스 신경정보학연구소('01.5), 영국 MRC ('04.5)와의 협력 체결
 - 해외 우수 연구기관과의 공동연구 추진
 - ※ 일본 RIKEN 뇌연구소와 '뇌정보처리의 모델 및 구현' 공동연구 추진('00.4)
 - ※ 가천의대 뇌과학연구소와 미국 하버드대 뇌영상센터 '뇌영상 시스템' 공동 연구 추진('05.1)
 - 해외 네트워크 형성 및 기술확보를 위한 인력교류
 - ※ 일본 RIKEN 뇌연구소 뇌정보처리 분야에 연구원 파견('00.5~'01.4)

- 국제학술대회 및 공동 심포지움을 통한 정보교류의 확대
 - 정보교류를 위한 공동 워크숍·심포지움 참가 및 개최
 - ※ 신경생물학 및 신경정보학 관련 한·중·일 3국 공동 워크숍('99~'01), 한·중·일·인 4국 공동 워크숍('02~현재) 개최
 - ※ 한·미 신경과학자 심포지움 참가('02~'04), 한·영 신경과학 국제 심포지움 한국 개최('05)

5. 산업적 성과

국내 뇌신경질환 관련 치료제 시장 규모는 '05년 6,582억에서 '06년 7,595억원으로 증가(전년 대비 15.4 % 증가)

- 국내 뇌신경질환 관련 치료제 시장 규모는 '06년 7,595억원으로 전년 대비 15.4%로 증가
- IMS에서 발표한 자료에 따르면 국내 뇌신경질환 치료제 시장이 '05년 6,582억원 ⇨ '06년 7,595억원으로 증가

국내 뇌신경질환 관련 치료제 시장현황

년도	'05년(백만원)	'06년(백만원)	성장률(%)
국내 매출액	658,272	759,569	15.4

※ 치료제 분류가 중추신경계(Central nervous system)로 분류된 치료제의 국내 판매액을 합산

* 출처 : IMS(Intercontinental Marketing Services) 헬스 데이터('07)

- 제약기업과 함께 기술 중심의 벤처기업에서 뇌신경질환 관련 치료제 개발을 수행
- 대기기업의 참여가 활성화 되어 있지 않아 산업적 기반은 미흡

뇌연구 관련 국내 벤처기업 현황

기업명	주요제품 및 개발내용	설립년월
뉴로넥스	항우울제 물질 개발	2000.7
뉴로제넥스	천연물 유래 노인성 치매치료제 개발	2000.5
뉴로테크	뇌졸중, 척추손상, 루게릭병 치료제(Neu2000)개발, 치매치료제 AAD-2004 개발, 침해성 통증 및 신경병증 진통제(NP-2007) 개발	1998.4
디지털바이오텍 (메디프론·디비타)	TRPV1 리간드계 진통제, 치매치료제 및 예방제, 치매진단키트, 급만성 고도 통증 진통제	1999.12
바이오시너젠	천연물 추출 치매치료제 개발	2000.5
싸이제닉	치매치료제 및 예방제 개발	1999.12
코스바이오텍	뇌졸중치료제, 치매치료제 개발	2001.10
크리스탈지노믹스	파킨스씨병 치료제 개발	2000.7

* 출처 : 뇌연구 및 활용기술('07.7), 생명공학정책연구센터

6. 주요 연구개발성과

1차 기본계획의 추진과 정부의 적극적 지원을 기반으로 기초 과학 역량을 축적하여 우수 연구성과의 창출이 증가되는 추세

- 초기 뇌연구 학술적 성과 위주에서 다양한 분야로 연구수준이 향상
- 뇌의약, 뇌신경생물, 뇌인지 등 다양한 분야로 성과 확대
- 최근 뇌신경질환 치료 후보물질 도출 등 응용을 위한 연구 성과가 증가

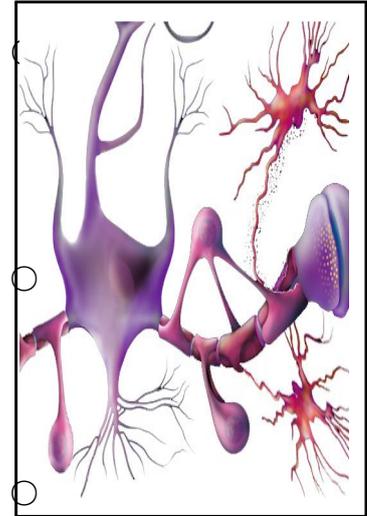
뇌연구 주요성과

구분	성과명(발표일)	비고
논문	뇌신경 보호 및 유전자 세계 최초 발견('05년)	Nature Genetics
	기억신호전달 전사인자 최초 발견('07년)	Cell
	한의 중풍 진단 표준화 합의내용 심계내과학 교과서 수록('06년)	심계내과학
	척수손상후 Oligodendrocyte 사멸기작 규명('07년)	Neuroscience
	Melatonin 합성 조절 기작의 mRNA 역할 규명('05년)	MACB
	멜라토닌 호르몬의 전사 후 조절 메카니즘 규명('05년)	JBC
	신경교세포가 면역작용에 미치는 영향 이해('05년)	Neurobiology
	배 발생 과정 중 신경세포사멸 경로 규명('07년)	Neuroscience
특허	동물행동분석 검사장비 개발('05년)	한국 출원
	AAD-2004 치매 치료 후보물질 개발('05년)	한국/유럽 등록
	항파킨슨 및 약물중독 억제 약물 개발('05년)	한국 등록 미국/국제 출원
	한국형 중풍 위험도 예측 프로그램 개발('07년)	한국 등록
	새로운 질병관련 유전자 선정방법('07년)	한국 등록
기술 이전	신경신호기반 제어장치 및 제어방법 개발('05년)	림스테크널러지
	뇌졸중 치료 후보물질 KJ-000 발굴 및 작용기전 규명('05년)	동화약품

* 출처 : 생명공학정책연구센터에서 뇌연구 성과 재정리

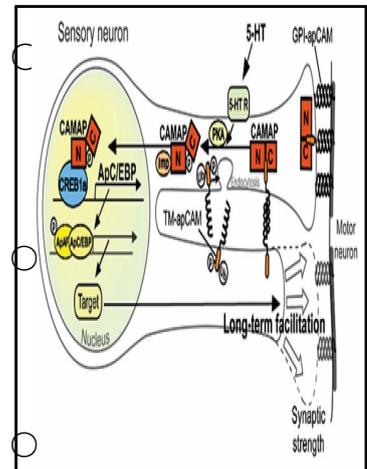
뇌신경 보호 및 유전자 세계 최초 발견

- 지나친 자극으로부터 신경세포를 보호하는 유전자를 세계 최초로 발견
 - 이 유전자를 인위적으로 작동시키는 약(화합물) 개발할 경우 독감을 비롯한 각종 열병에 의해 의식을 잃거나 뇌기능이 영구히 손상되는 것을 방지
- ※ 'Nature Genetics'지 게재('05)



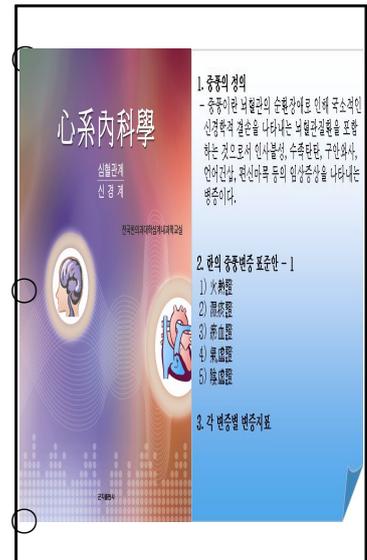
기억신호전달 전사인자 최초 발견

- 기억을 형성하는 신호전달체계에서 특정 단백질이 핵심 전달자의 역할을 한다는 사실 규명
 - 인간의 기억을 제어하거나 기억 관련 질환을 치료하는 효율적이고 근본적 치료법 개발 가능성 확보
- ※ '셀(Cell)'지 게재('07)



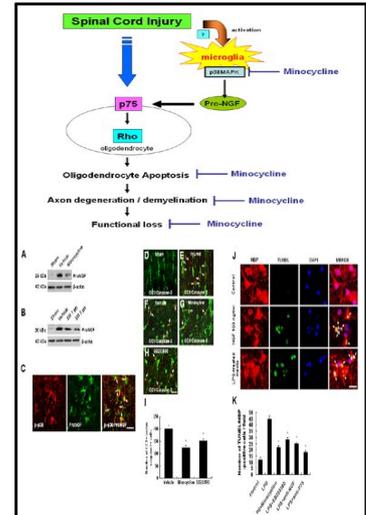
한의 중풍 변증 내용 심계내과학 교과서 수록

- 한의 중풍 변증 진단 표준화위원회를 통해 합의한 내용을 심계내과학 교과서 2006년 개정판에 수록
 - 한의학계 내부 전문가 합의에 의해 최초로 질병에 대한 진단표준화 작업이 추진되었으며 이를 바탕으로 학계의 인식확산에 기여
- ※ 심계내과학 교과서 수록('06년)



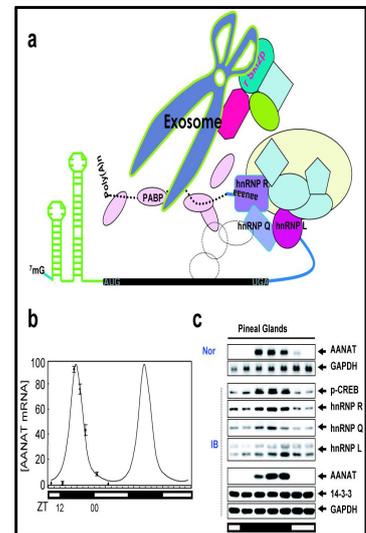
척수손상 후 **Oligodendrocyte** 사멸기작 규명

- 척수 손상 후 운동기능 손실과 관련있는 oligodendrocyte apoptosis를 억제하는 약물 메커니즘을 규명
- minocycline은 치료 효율의 우수성으로 인해 실험기간동안의 부작용이 없어 임상 응용 가능성이 클 것으로 기대
- ※ 'Journal of Neuroscience'지 게재('07)



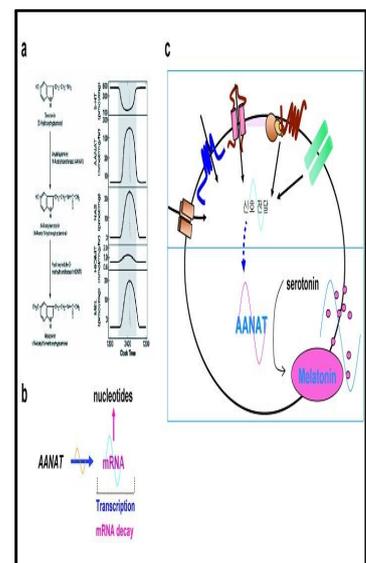
Melatonin 합성 조절 기작의 mRNA 역할 규명

- melatonin 합성을 조절하는 효소 AANAT 발현의 일주기리듬 연구를 통해 AANAT mRNA 파괴가 필수적인 조절 기작임을 증명
- melatonin 비율에 의해 다양한 신경질환이 유발되기 때문에 이러한 기작의 규명은 신경성 질환 치료 물질 개발에 적극 활용
- ※ 'Molecular and Cellular Biology'지 게재('05)



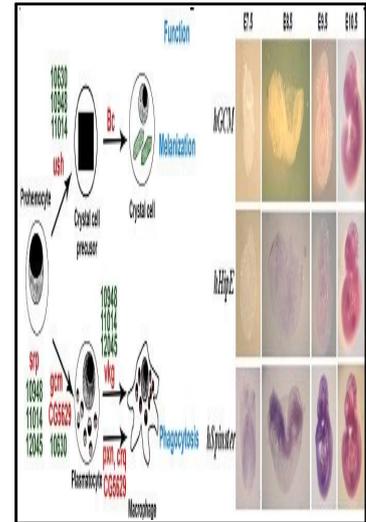
멜라토닌 호르몬의 전사 후 조절 메커니즘 규명

- 수면유도, 면역력 강화, 혈압수치 조절 등의 역할을 수행하는 멜라토닌 호르몬의 일주기 리듬 조절 메커니즘 규명
- melatonin합성의 조절 메커니즘 이해로 우울증과 같은 신경성질환 및 수면장애에 대한 치료제가 개발되어 웰빙 문화정착과 치료제 개발에 기여
- ※ 'Journal of Biological Chemistry'지 게재('05)



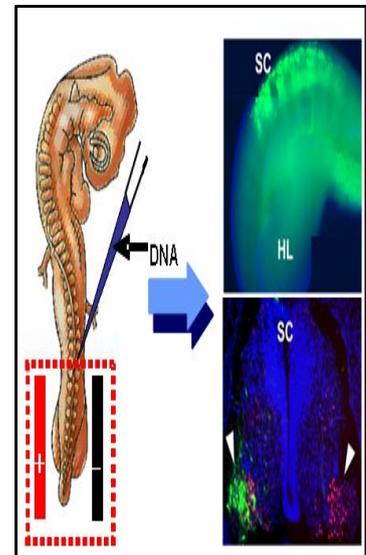
신경교세포가 면역작용에 미치는 영향 이해

- 교세포 및 혈구면역세포 형성과 분화에 관여하는 포유동물 상동 유전자 발견 및 퇴행성 신경질환에서 면역세포 활성화 억제제 발견
 - 혈구면역세포 활성화 억제 물질의 대량 검색이 가능한 자동화 체계를 통해 고밀도 검색 체계 확립
- ※ 'Neurobiology'지 게재('05)



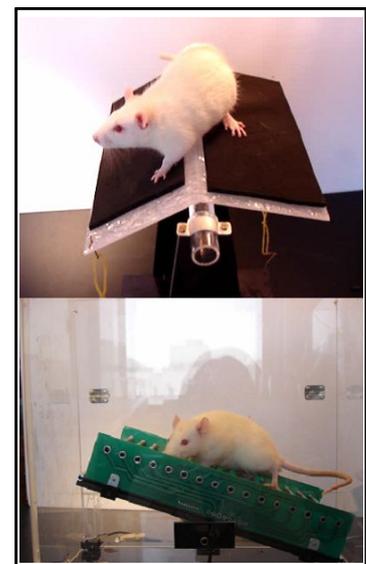
배 발생 과정 중 신경세포사멸 경로 규명

- 신경세포사멸에 대한 연구를 세포 수준에서 벗어나 체내 실험에까지 확장이 가능하도록 해주는 배 발생 과정 중 신경세포사멸 경로 규명
 - 발달 중 세포사멸의 초기 과정을 연구하는 데 필요한 중요한 표지자 역할을 수행할 것이며 실용화 단계 성공시 경제적 파급효과가 클 것으로 기대
- ※ 'Journal of Neuroscience'지 게재('07)



동물행동분석 검사장비 개발

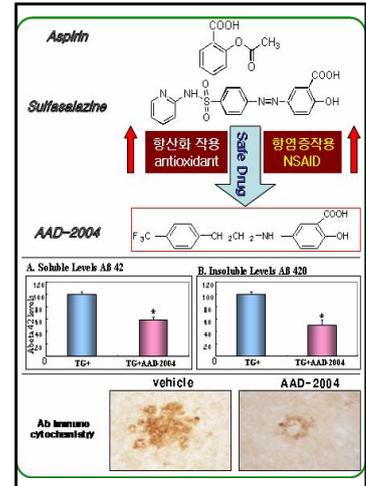
- 뇌기능/뇌질환 모델 동물의 기능분석과정에서 평형감각 및 수명행동분석을 객관적으로 측정할 수 있는 검사장비 개발
 - 뇌기능 모델 동물 및 유전자 조작 동물의 평형감각기능 및 다기능 수명행동을 객관적으로 측정할 수 있는 뇌연구 인프라 구축
- ※ 동물행동분석 장비 특허출원('05)



AAD-2004 치매 치료 후보물질 개발

- 퇴행성 뇌질환에서 뇌세포 사멸의 주경로인 활성산소와 염증반응을 동시에 제어하는 후보물질 개발
- 전임상 연구를 통해 위염, 장염, 류마티스 등의 질병의 진통제로의 개발이 가능한 후보 물질 확보

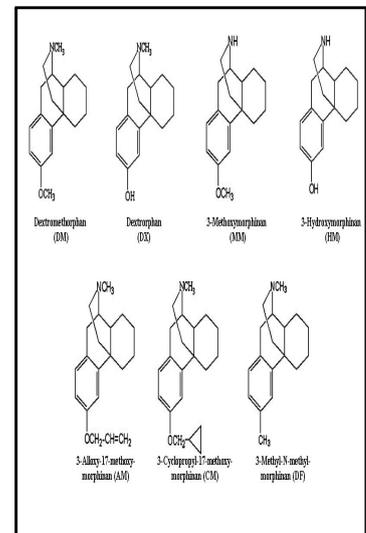
※ 치매치료 후보물질 특허등록('05)



항파킨슨 및 약물중독 억제 약물 개발

- 약리효능이 보고되지 않은 DM 대사물질간 합성을 통한 항정신성 억제 약물 개발
- 항파킨슨 및 약물중독 억제약물로서 기능이 탁월한 후보물질 개발을 통해 남용약물 억제와 관련한 새로운 시장을 창출할 것으로 기대

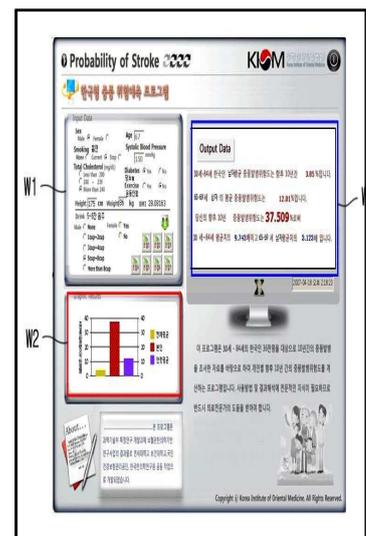
※ 항파킨슨 및 약물중독 억제물질 특허 등록('05)



한국형 중풍 위험도 예측 프로그램 개발

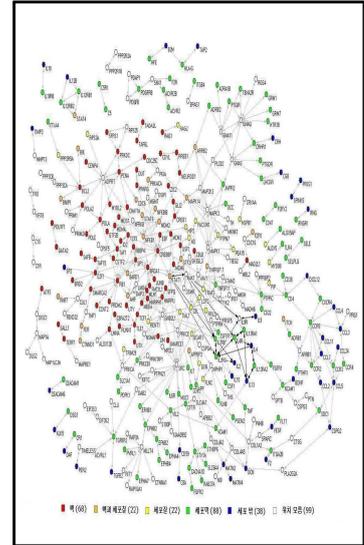
- 한국인을 포함한 아시아인에게 적합한 중풍 발병 위험도를 진단 예측하는 프로그램 개발
- 예측프로그램의 보급을 통해 중풍의 발병 및 예방 효과에 큰 역할을 수행할 것으로 기대

※ 중풍 위험도 예측 프로그램 특허출원('07)



새로운 질병관련 유전자 선정방법 특허 등록

- 단백질 상호작용 네트워크 분석을 통한 새로운 질병관련 유전자 선정방법 개발
- 구축된 단백질 네트워크의 통계물리적 분석과 여러 점수화 시스템을 통해 질병의 원인이나 치료와 관련 있는 유전자를 찾아낼 것으로 기대
- ※ '단백질 상호작용 네트워크 분석을 통한 새로운 질병관련 유전자 선정방법' 특허등록('07)



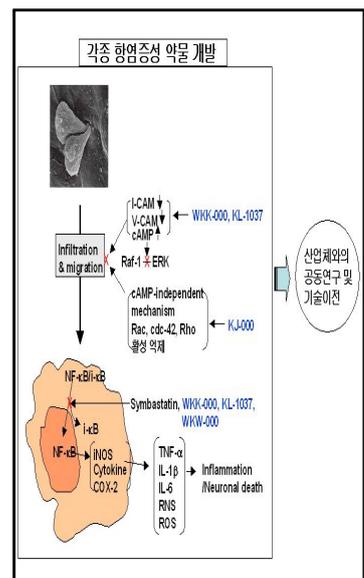
신경신호기반 제어장치 및 제어방법 개발

- 대량으로 집단신경활성도 측정 및 분석을 통한 원격제어 기술 개발
- 기존의 뇌-기계 접속을 하는 연구들과는 달리 단일 신경신호 encoding을 통한 뇌-기계 접속을 통한 신정보장구 개발의 기초기술 확보
- ※ 민간기업(림스테크놀러지)에 기술이전('05)



뇌졸중 치료 후보물질 KJ-000 발굴 및 작용기전 구명

- kj-000은 말초면역세포의 중추신경계로의 이동의 제어를 통해 허혈성 뇌졸중 후기 세포사멸을 효과적으로 억제
- kj-000은 여타 허혈성 뇌졸중 치료 약물과 개념을 달리하고 있으며, 약물의 용량이 매우 적어 실제 임상 시험에 성공가능성 높음
- ※ 민간기업(동화약품) 기술이전('05)



1차 기본계획 시사점

뇌연구는 고령화 사회 진입에 따른 인류복지와 뇌질환 극복을 위한 핵심기술로 주목받고 있으며, 타기술과의 융합과 기술역량 강화로 원천기술확보를 위한 핵심기술개발을 중점적으로 추진할 필요

연구개발 투자

- 정부투자는 꾸준히 증가하고 있으나, 타 기술분야에 비해 규모가 미흡하며, 이종기술간의 융합화 트렌드 등 기술환경 변화와 국내 기술역량을 반영한 연구개발 투자의 다원화가 필요

인력 양성

- 인력의 양적 공급은 꾸준히 증가하는 추세이나, 다양한 전문인력의 균형적 성장을 위해 대학 내 뇌전공 학과·대학원 신설 등의 고려가 필요한 시점이며, 뇌인지·뇌융합 등 신생 분야 중점양성 필요

인프라 확충

- 뇌연구 활성화를 위한 시설 확충, 관련 법·제도 정비를 통해 연구기반은 어느 정도 조성되었으나, 효율성 제고를 위한 네트워킹 및 공동활용 시스템 구축이 필요

과학·기술경쟁력

- 우수 저널 게재 논문 및 뇌연구 응용기술 관련 특허가 지속적으로 증가하고 있으나, 양적·질적 성장을 제고하기 위한 역량강화 필요

III 국내·외 뇌연구 현황 및 전망

1. 뇌연구 발전 트렌드

가. 발전 전망

고령화 사회의 인류복지 향상을 위한 핵심기반 기술로 급속한 발전이 가시화될 전망

- 노인 인구 증가로 노인성 질환이 증가되고, 현대사회의 개인화에 따른 약물 중독, 정신 질환 등이 증가

* 출처 : CNS Disorders - Current market landscape & Dynamics('07. 4), Business Insights

- 뇌졸중, 알츠하이머성 치매, 파킨슨병 등 퇴행성 뇌질환 및 노인성 질환의 치료제 개발을 통해 고령화에 대응하는 기술개발의 가속화

태동기 단계의 기술 융합형 핵심기술로 21세기 첨단과학의 중심적 역할

- BT·IT·NT 등의 신기술 융합연구로 질병극복, 수명연장 등의 삶의 질 향상에 주목 받는 유망분야

※ 2007년 MIT가 선정한 미래 10대 유망기술 중 3개 분야에 뇌융합연구 선정 : Neuron Control(뇌기능 통제기술로 뇌질환 치료법 개발), Nanohealing(나노소자를 이용한 뇌손상 치료기술 개발), Digital Imaging(고성능 MRI 개발)

- 인간의 본질 규명하는 원천 연구분야로 뇌중심의 융합기술 발전을 통해 타학문 발전에도 기여

* 출처 : Converting Technologies for Improving Human Performance('02), NSF

새로운 패러다임의 인식변화에 따른 기술혁신 발전과 시장 규모가 확대될 전망

- 뇌 신비의 규명과 첨단 융합기술의 새로운 장을 제시할 가장 유력한 분야로 첨단과학의 최전선이자 최후의 과학으로 인식

- 뇌 질환 예방·치료, 뇌 기능 향진 및 생명·정보공학 관련 시장 규모의 확대에 따른 고부가가치 창출 기회 증대

나. 기술발전 추세

□ 이종기술의 발전과 융합연구 추세에 따른 뇌중심의 융합 기술로 발전될 추세

- 생체기능의 통합적으로 조절하는 기전에 대한 연구로 다양한 학문의 융화와 이종기술들의 융합이 더욱 가속화 될 전망

21 세기는 **Convergence Technology**

N.B.I.C.

* 출처 : 미래 융합과학기술 틀(미 NSF*)
NSF* : National Science Foundation

CONVERGING TECHNOLOGIES FOR IMPROVING HUMAN PERFORMANCE

* 출처 : 미 NSF* 보고서(2002)
NSF* : National Science Foundation

- IT기술을 접목한 BMI(Brain-Machine-Interface)기술에서 이종 기술간의 융합강화로 BT, NT, IT의 대융합 기술로 발전될 추세

※ 예시 : 실리콘 칩을 이용한 뇌회로망 모델링 실현 기술, 신소재를 이용한 뇌 재생 패치 기술, 신경네트워크 촬영기술인 4차원 확산텐서 영상기술 등

□ 새로운 영상기법으로 고등 뇌기능 분석에 대한 연구가 활성화될 것으로 전망

- 인간의 고등인지능력(학습, 판단 등)을 담당하는 대뇌피질의 변화와 고등인지기능과의 상호연관성 규명 가능

※ 해부학적 뇌영상 분석 기술 활용

- 기능적 뇌영상기술(fMRI) 분석을 통한 고등 인지기능에 관련된 뇌의 활동성을 규명 가능

※ 혈액 내의 산소 포화도 변화를 영상화하는 기법 활용

다. 산업발전 추세

- 뇌관련 질환에 대한 근본적인 치료 및 예방에 필요한 혁신적인 의약품에 대한 미래 수요가 급증할 전망
 - 수명연장에 따른 노화 관련 뇌질환 및 신경질환 등의 증가와 삶의 다양화로 스트레스와 우울증의 고통 인구증가
 - ※ 알츠하이머병을 비롯한 치매 환자수는 전세계적으로 2,933명이며, 베이비붐 세대가 60~70세에 접근함에 따라 증가할 전망 (출처 : 뇌연구 및 활용기술('07.7), 생명공학정책연구센터)
 - 고령사회 진입의 빠른 추세에 따른 질환 예방·치료 및 건강한 삶의 영위를 위한 혁신적인 치료제 수요 증대
 - ※ 초고령화 사회(노인층 비율 20%) 도달년도 : 독일 2009년, 프랑스 2018년, 한국 2026년, 미국 2036년 (출처 : 장래인구추계 결과('06), 통계청)
- '04년 세계 치료 의약품에서 중추신경계 시장규모가 두 번째이며, 가장 높은 성장률 기록
 - 중추신경계 시장규모는 약 636억 달러로서 심혈관 질환 다음이며, 성장률은 15%로 가장 높음

질환 관련 세계 치료의약품 시장규모

(단위 백만달러, %)

순 위	치료분야	시장규모	성장률 (%)
1	Cardiovascular(심혈관)	67,204	13
2	Central nervous system (중추신경계)	63,655	15
3	Alimentary/Metabolism (영양/ 대사)	48,894	8
4	Respiratory(호흡기)	29,638	8
5	Anti-infectives(항 감염)	27,705	6

* 출처 : 전 세계 치료분야별 의약품 도매 시장 동향('04.10), IMS

□ 뇌신경질환 관련 의약품 세계시장은 연평균 4.6% 증가로 '10년 1,009억 달러 형성 예측

- 알츠하이머병과 정신분열증 관련 의약품 시장이 비교적 빠른 성장세를 나타낼 것을 예측

※ 연평균 성장률 : 알츠하이머병 15.8%, 정신분열증 8.2%, 파킨슨씨 병 1.6% 등

뇌신경질환 관련 세계시장 전망

(단위: 백만달러, %)

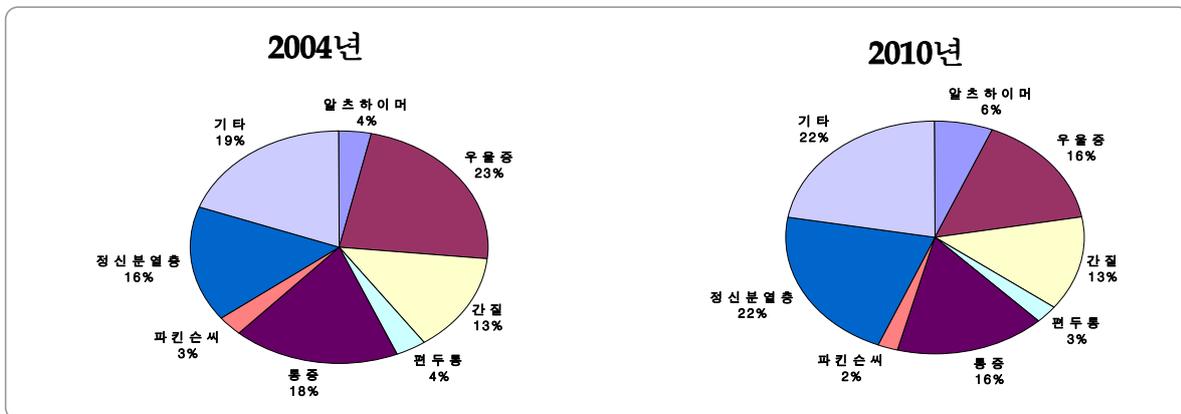
질병	2004년	2006년	2008년	2010년	CAGR 2004-10년
알츠하이머(Alzheimer's)	2,719	4,483	5,848	6,564	15.8
우울증(Depression/Anxiety)	17,861	17,821	17,381	15,768	-2.1
간질(Epilepsy)	10,398	13,165	15,208	13,176	4.0
편두통(Migraine)	2,712	2,687	2,497	2,531	-1.1
통증(Pain)	13,852	15,209	15,470	16,200	2.6
파킨슨씨(Parkinson's)	2,137	2,463	2,504	2,350	1.6
정신분열증(Schizophrenia)	12,476	16,219	19,469	21,839	8.2
기타	14,951	17,844	20,277	22,462	7.0
합계	77,106	89,892	98,654	100,890	4.6

* 출처 : The CNS(central nervous system) Market Outlook to 2010, Healthcare('05.10), Business Insights. (CAGR: Compound Annual Growth Rate, 연평균 성장률)

- 정신분열증 및 알츠하이머병 치료제의 점진적인 증가와 더불어 항우울제 및 안정제의 시장 점유율이 감소하는 추세

※ '04년 우울증 23%, 정신분열증 16% ⇨ '10년 '04년 우울증 16%, 정신분열증 21%

뇌신경질환별 세계 시장 점유율 전망('04, '10년)



* 출처 : The CNS(central nervous system) Market Outlook to 2010, Healthcare('05.10), Business Insights의 자료에 근거하여 생명공학정책연구센터에서 재구성

2. 주요국의 육성 동향

가. 미국

미국에서는 "뇌의 10년(Decade of the Brain)" 선포 등 뇌연구와 그 결과의 응용에 많은 연구비를 투자하는 정책을 수립

정책 동향

- 1990년 "뇌의 10년" 선포를 통해 뇌연구의 중요성을 확인시키고 범정부 차원의 지원으로 뇌연구 기반과 역량 확대
 - Brain Molecular Anatomy Project, Neuro Proteomics 등 뇌의 유전체, 단백질체 등과 환경 변화에 따른 발현패턴 연구
 - IBM과 연계해 포유류의 뇌기능 및 질환을 분석하는 'Blue Brain' 프로젝트 진행
- 국립 보건원(NIH)은 '06년 "Frontiers in Integrative Biology (FIBR)" 프로그램 3개 과제 중 뇌 분야 1개 선정
 - "복잡한 행동을 제어하는 뇌기능(How brain activity leads to complex behavior)" 탐구 과제
 - ※ FIBR는 도전적인 분야에 5년간 1,400만 불 지원
- 생체내 분자 영상 및 고해상도 뇌기능 매핑 등 뇌영상과 융합 연구에 대한 지원 강화
 - 신기술 확보를 위한 IT, NT 등의 첨단기술과의 융합연구 지원
 - 뇌신경세포와 접속하는 신경칩 및 뇌와 컴퓨터를 접속시켜 소실된 신경기능을 대체하는 BCI 등의 융합신경과학에 대한 지원 증가
 - ※ BCI(Brain-Computer Interface) : 생물의 두뇌와 컴퓨터를 연결하는 쌍방향 통신 수단

R&D 동향

- 뇌관련 연구소간 인프라와 기술개발 컨소시엄 구축 및 연구자 네트워크 강화
 - 국립보건원(NIH)은 '04년 「Blueprint for Neuroscience Research」 프로그램 착수
 - Molecular Library Project를 통해 범국가적 데이터 공유인프라 구축
- 미 과학재단(NSF)에서도 다학제간의 통합적 연구를 장려하는 “통합적 생물학 프론티어 연구” 프로그램 추진
 - 뇌연구 분야인 ‘복잡한 행동을 제어하는 뇌기능’이 3개 과제 가운데 선정
 - ※ 통합적 생물학 프론티어 연구(Frontier in Integrative Biology, FIBR)는 미과학재단에서 주관하며 학제간 통합연구를 통해 미해결 연구를 접근하는 혁신적 연구 프로그램
- 미국 국립보건원(NIH), UCLA 대학 연구소에 연구자금 지원
 - UCLA의 시멜 신경과학 및 인간행동 연구소(The Semel Institute for Neuroscience and Human Behavior at UCLA)에 200억 지원
 - 특정 연구주제인 “인지적 페노믹스(Cognitive Phenomics)” 수행
 - ※ 인지적 페노믹스(Cognitive Phenomics) : 유전자와 환경이 상호작용해 인간의 행동, 사고 및 신체 특징등이 어떻게 “표현”되는지 연구하는 학문
 - * 출처 : UCLA News,(’07. 9. 15일자)

NIH 뇌연구 투자금액('03)

분 야	투자규모(백만 달러)
뇌분자해부도사업	2,000
마이크로어레이 컨소시엄	500
소분자 라이브러리 스크리닝 센터	1,500
화학정보학사업	500
영상화 사업	530
Alzheimer's Disease Research Center	870
Brain-Injury Memory Disorders Research Center	3,120
25개 뇌연구센터 지원 등	4,330
합 계	13,350

* 출처 : 뇌연구활용 및 기술('07.7), 생명공학정책연구센터

나. 유럽

유럽은 각 나라의 독자적인 뇌·신경 연구보다는 유럽연합 차원의 체계적이고 융합된 연구를 통해 경쟁력을 확보하려는 노력

정책 동향

- 유럽 “뇌연구 10년(European Decade of the Brain)” 선언 등 뇌연구 발전을 위한 유럽연합 차원의 공동 대응 강화
 - 유럽에서도 미국의 뇌연구 10년 선언에 대응하여 '91년 유럽 뇌연구 10년 선언문을 발표하고 범국가적 차원의 뇌연구 지원 확대
 - ※ 국가간 협력연구인 휴먼프론티어사이언스프로그램(Human Frontier Science Program)에 유럽 선진국들이 적극 참여
- 유럽 각국에 뇌연구 거점을 확보하고 이들 국가를 중심으로 뇌연구 분야에 집중적으로 투자
 - 영국은 MRC, 프랑스는 INSERM, 독일은 Max-Planck Institute를 뇌연구 거점으로 활용
 - 스위스는 Zurich 공대에 신경정보학 연구소를 설립하고 뇌연구 지원을 확대하여 세계적인 뇌연구 기관으로 육성
- **EU FP7**(the 7th Research Framework Programme, '07~'11) 연구사업에서 뇌신경정보학 분야 프로그램 지원 예정
 - 뇌영상 기술개발과 뇌신경정보 연구에 주력하며 뇌과학 분야 육성을 위해 별도의 기금을 책정하여 프로그램을 지원
 - Cognitive Systems, Interaction, Robotics 지원
 - ※ 2007년 1억 9천 3백만 유로 지원
 - * 출처 : 한국뇌연구원 설립·운영에 관한 기획연구('07. 7), 과학기술부

R&D 동향

- '11년까지 뇌신경정보학 분야 프로그램 지원 뇌영상 (PET-MRI 퓨전시스템) 기술개발 및 뇌신경정보 연구에 주력
 - 막스플랑크 연구소, 지멘스 등 PET-MRI 퓨전 시스템 구성계획 발표
 - 필릭스그로잉 프로젝트에 착수('07년)하여 3년간 230만 유로의 연구비 투입 예정
- 유럽 국가간 다양한 공동 연구 프로그램 설립
 - 미국, 일본 등의 뇌연구 선진국과 경쟁하기 위한 유럽내 여러국가 간의 협력 연구 프로그램을 추진하여 뇌연구 분야 정보 및 인력 교류 추진
 - 유럽연합의 주요 뇌연구 프로그램으로는 FENS, NENS, NEWMOOD Project, Neurex 등이 있음
- HUPO(Human Proteom Organization) 산하의 HUPO Brain Proteom Project 기획
 - 유럽연합국가 및 미국, 아시아 등과 통합하여 뇌발달 및 뇌질환에 관련된 단백질체의 연구를 공동으로 수행하는 기획 추진

유럽의 주요 공동 뇌연구 프로그램

유럽 공동 뇌연구 프로그램	설립 목적 및 주요 기능
FENS(Federation of European Neuroscience Societies)	유럽 각국의 신경과학 학회들의 연합 신경과학 분야 연구 및 교육의 발전이 목표
NEWS(Network of European Neuroscience Schools)	유럽의 뇌연구 대학원생들에게 체계적이고 선진적인 신경과학 교육을 제공하기 위한 기구
NEWMOOD Project(for NEW molecules in MOOD disorders)	영국 맨체스터 대학 주도로 우울증을 연구하는 유럽의 13개 실험실로 구성 우울증의 병인기전 연구 및 새로운 치료제 개발
Neurex(Neuroscience upper rhine network)	1999년 라인강 상부에 위치한 영국, 프랑스, 독일의 약 100개 실험실들의 Network 인력 및 정보를 교환하고 우수 인력을 뇌연구 관련 생명공학 회사에 제공

* 출처 : 뇌연구활용 및 기술('07.7), 생명공학정책연구센터

EU 주요국 육성 동향

1) 영국

□ 뇌연구는 정부 지원단체인 **MRC, BBSRC, EPSRC** 등과 민간 기금인 **Welcome Trust**에 의해 지원

* MRC : Medical Research Council, BBSRC : Biotechnology and Biological Sciences Research Council, EPSRC : Engineering and Physical Sciences Research Council

- 신경회로망(neural network) 분야에 대한 연구가 활발하게 진행 중
- MRC는 가장 큰 생명의학 분야 연구 지원단체로서 '02년~'03년 신경과학 및 정신건강 분야에 7천4백만 파운드(약 1,500억 원)를 지원
 - ※ 영국 정부에서는 '03년 추가로 1,500만 파운드(약 315억원)를 예비비로 배정
 - ※ MRC(973만 파운드), BBSRC(4백6만 파운드), EPSRC(81만 파운드) 및 CCLRC(40만 파운드)가 연합체를 구성하여 집중적으로 뇌연구 지원

2) 프랑스

□ 뇌·신경과학 연구는 과기부와 보건부 지원의 **CNRS, INSERM, CEA, INRA**가 대학 및 국공립연구소의 뇌연구를 관리·지원

- 프랑스 국립생명과학연구소인 INSERM은 연간 20%의 예산을 뇌연구에 집중
- CNRS는 '02년에 이어 '03년에도 신경과학을 4대 우선 지원분야로 선정
 - * CNRS(프랑스 국립과학연구소) : Center National de la Recherche scientifique
 - * INSERM(프랑스 국립보건연구소) : Institut national de la sante et de la recherche medicale
 - * CEA(프랑스 원자에너지연구소) : Commissariat a l'Energie Atomique
 - * INRA(프랑스 국립농학연구소) : French National Institute for Agricultural Reserach

□ 뇌연구와 치료가 가능한 뇌척수연구소(ICM) 설립

- 연구진과 임상진이 연계되어 신경과학 분야의 활발한 연구수행
- 뇌 및 척수의 외상성 손상, 정신의학적 질환, 신경퇴행성 질환, 간질 등을 주로 연구

다. 일본

일본은 뇌의 세기(Century of the Brain)를 주창하며 21세기에 대비한 “뇌과학(Brain Science) 프로젝트”를 육성

정책 동향

- 21세기 지향적 “뇌과학 프로젝트”를 통한 집중적 뇌연구 지원
 - 일본은 '93년 21세기를 대비한 “뇌연구의 세기(Century of Brain)”를 선언하고 뇌과학 프로젝트를 추진('97~'16)
- '07년 일본 전체 R&D 예산중 뇌과학 연구의 비중은 약 5.7%(2,000만 엔) 규모가 투자되고 있는 것으로 추정
 - 문부과학성은 생명과학분야에 4,000만 엔을 투자하고 있으며, 이 중 뇌연구 관련 예산은 25%(1,000만 엔) 정도의 규모가 투자됨
 - ※ 총무성, 보건성 등 다른 기관에서의 뇌연구 투자액을 고려하면 정부의 총 뇌연구 투자금액은 약 2,000만 엔을 사용하는 것으로 추정

R&D 동향

- 이화학연구소(RIKEN) BSI(Brain Science Institute)의 예산 및 연구인력 강화
 - 이화학연구소중 가장 많은 예산인 93억 엔과 544명 연구인력 확보('06년)
- 설립중인 국제과학기술연구소(Okinawa Institute of Science & Technology) 15개 분야 중 2/3를 뇌 분야에 할당
 - 3,000명 연구 인력의 캠퍼스 및 주거시설이 현재 건설되고 있으며 '08~'09년에 완공될 예정으로 세계 각국의 연구자들을 유치할 계획

라. 중 국

중국은 뇌연구 관련 원천연구수행 및 연구기관 육성을 통해 뇌연구를 강화하는 정책을 추진

정책 동향

- 정부 차원의 뇌연구 경쟁력 확보를 위한 지원 확대
 - 국립자연과학재단(National Natural Science Foundation of China)은 핵심원천연구영역 9개 중 2개 분야(뇌과학 연구와 인지과학) 연구 선정
 - ※ 중국의 과학연구에 대한 총투자액 중 생명과학은 '01년 34.6%, '02년 33.9%이었고, 신경과학은 '01년 4.46%, '02년 3.9%
- 국가 경제발전에 있어서 과학기술의 중요성을 인식하고 범국가적으로 과학기술 분야를 지원
 - 최근 급속한 경제성장은 과학기술에의 투자를 촉진시키는 선순환 구조 형성

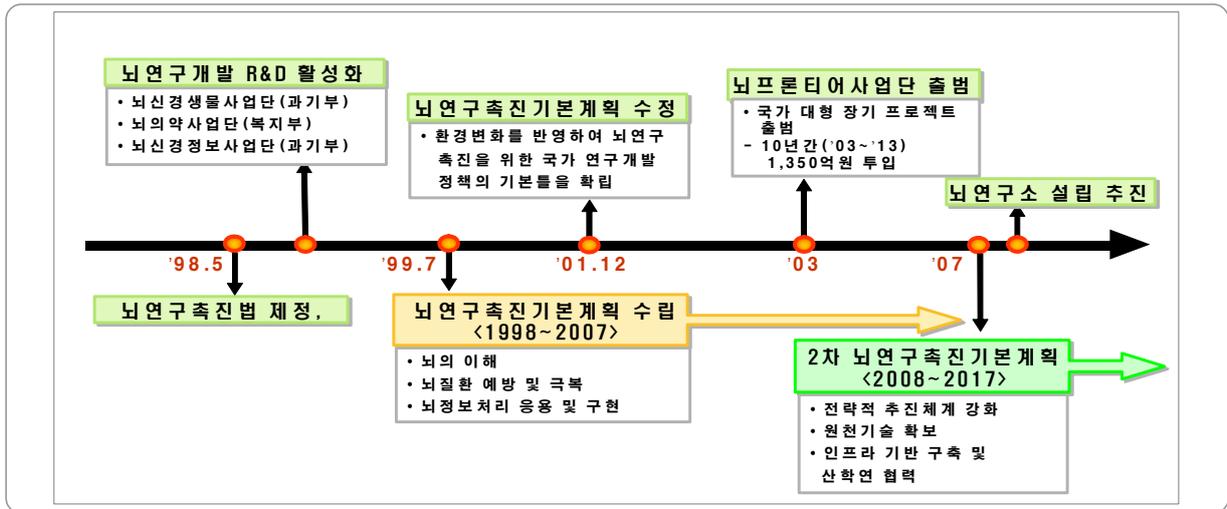
R&D 동향

- 국책연구소인 **SIBS(Shanghai Institutes of Biological Sciences)** 및 **IBP(Institute of Biophysics)** 등에서 신경과학연구 수행
 - SIBS내에 신경과학연구소를 설립하여 국제적으로 저명한 Mu-Ming Poo 박사를 소장으로 영입하고 신경과학 연구에 집중
 - 대학 및 학회를 중심으로 관련 연구기관 및 센터 설립 증가
 - ※ 북경대 Center for Brain and Cognitive Sciences 설립
 - ※ Chinese Academy of Science는 인지신경과학 실험실 증설
 - ※ 중국 전역 대학에 뇌영상센터 설립 진행(북경대와 Chinese Academy of Science)

3. 우리나라 육성 현황

뇌연구 촉진을 위한 기반조성을 강구하고 세계변화에 대응한 뇌연구의 선진화를 위한 육성 정책 추진

뇌연구촉진 정책 변화



- 국내 뇌연구 기반 조성을 위한 정부차원의 육성정책 강구
 - '98년 뇌연구촉진법 제정 및 '99년 범부처 차원의 「제1차 뇌연구촉진 기본계획('98~'07)」 수립으로 뇌연구 기반 조성
 - 뇌신경생물사업단('98, 과기부), 뇌의약사업단('98, 복지부), 뇌신경정보사업단('98, 과기부)을 주축으로 국내 뇌연구 활성화 도모
- 과학기술부를 중심으로 뇌연구 기반조성 및 육성을 위한 다양한 사업 추진
 - 국가 대형장기프로젝트인 21세기 프론티어연구 개발사업의 하나로 '뇌기능활용 및 뇌질환치료기술개발연구사업단('03년)'을 출범
 - ※ 총 연구기간 10년('03~'13)동안 총 사업비 1,350억원(정부 1,100억원, 민간 250억원) 투입
 - 창의적연구진흥사업, 우수연구센터사업 등 다양한 사업에서 뇌연구 및 뇌·신경질환치료제 연구개발에 지원

□ 연구개발 지원이 과학기술부에서 보건복지부, 산업자원부 등 관련 부처로 확대 추진

○ 보건복지부, 산업자원부에서도 뇌의약학연구개발사업 및 뇌신경 정보학 사업으로 연구개발 투자 지원

※ 제1차 기본계획의 부처별 연구개발 투자 지원 비중 변화 :

1단계('98~'00) - 과기부 57%, 복지부 10%, 산자부 5%, 기타 : 28%

2단계('01~'03) - 과기부 61%, 복지부 12%, 산자부 6%, 기타 : 21%

3단계('04~'07) - 과기부 52%, 복지부 14%, 산자부 9%, 기타 : 25%

뇌연구 국가연구개발사업 현황

(단위 : 백만원)

관계부처	사 업 명 (과제명)	주관연구기관	사업기간	'07년
과학기술부	○ 뇌프론티어연구사업	서울대	'03~2012	10,000
	○ 뇌연구사업(뇌신경생물학연구사업 등)	경희대 등	'98~2015	6,000
	○ 우수연구집단육성(뇌질환연구센터)	아주대	'98~계속	500
	○ 특정기초연구사업		'86~계속	3,860
	○ 창의적연구진흥사업(치매정복연구단)	서울대	'97~계속	3,130
	○ 국가지정연구실사업(뇌신경손상기전연구실)	울산대	'99~계속	1,200
	○ 국가과학자지원사업		'06~계속	1,500
	소 계			26,190
보건복지부	○ 뇌의약학연구사업(알츠하이머, 치매예방 및 치료기술 개발 등)	국립보건연구원	'98~계속	4,040
	○ 치매치료제AAD-2004실용화사업	뉴로테크	'06~2008	3,300
	소 계			7,340
교육인적자원부	○ 기초과학연구지원사업 및 선도연구자지원 사업 등 일부		'98~계속	2,340
산업자원부	○ 뇌신경정보학연구사업	KAIST	'98~2008	2,400
	○ 슈퍼지능칩 및 응용기술개발		'00~2010	1,210
	소 계			3,610
출연기관 고유사업	○ Chemoinformatics 연구	KIST	'02~2012	5,000
	○ 복합기술을 이용한 뇌기능연구	KIST	'05~2015	2,000
	○ 생체신호 측정 및 분석기술개발	표준(연)	'05~2014	1,650
	○ 생체화학분자개발사업	화학(연)	'03~계속	1,070
	소 계			9,720
	합 계			49,200

* 출처 : 2007년도 뇌연구추진 시행계획, 과학기술부 등(2007)

제2부. 뇌연구 육성 비전과 전략

I. 비전 및 목표

II. 추진전략 및 실천 과제

III. 투자 및 인력

I

비전 및 목표

비 전

“창조적인 뇌연구”로 “삶의 질 향상 및 新 미래산업 창출”
 - 뇌연구 분야 세계 7위 기술 강국 진입 -

목 표

	현재	'17년
과학 기술논문 창출	13위	7위
특허기술 경쟁력	8위	7위
연구개발인력	2,000명	9,300명
뇌시장 규모	7,600억	3조



1. 비전 및 목표

가. 비전

- **“창조적인 뇌연구”로 “삶의 질 향상 및 신 미래산업 창출”**
 - 뇌연구의 핵심 역량 강화로 사회적 관심사로 대두되고 있는 고령화, 인류복지를 향상 시키는 중추적 기능을 수행
 - ‘뇌기능의 이해’와 이를 바탕으로 한 ‘뇌의 응용’을 통해 사회적 비용부담의 감소와 건강한 생명사회 구현
 - 뇌신경질환의 혁신적 치료제 개발을 통해 미래수요에 대응하고, 새로운 미래 시장을 창출하여 성장동력의 기반으로 영역 확대

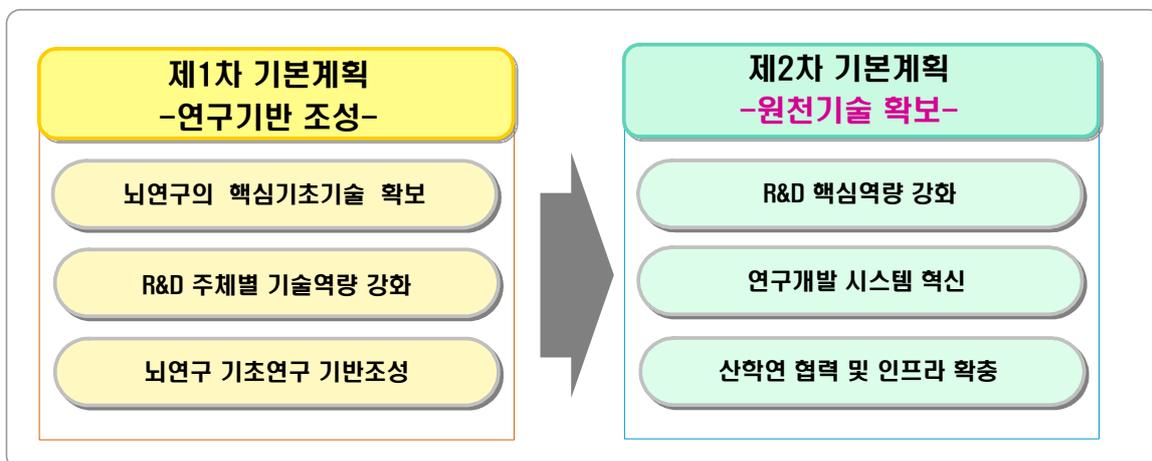
나. 추진 목표

- **연구역량 향상을 통한 과학기술 수준 제고**
 - SCIE 게재 논문은 '06년(현재) 13위(363건)로 연평균 23.9% 증가
 - 논문 창출역량을 '06년 13위 ⇨ '17년 7위를 목표로 분야별 역량의 향상과 기초연구의 강화
- **특허 기술 경쟁력 강화를 위한 질적 수준향상**
 - 뇌연구 관련 해외특허 보유 기준 '06년 8위(89건) ⇨ '17년 7위
 - 관련 특허의 질적 수준 제고를 통한 질적 성장 고도화
- **첨단·신생, 핵심 분야의 연구개발 인력양성**
 - 다학제적 성격을 반영한 전문 인력의 양성 및 뇌 융합분야 등 신생분야, 시장 수요형 인력의 양성 강화('06년 2,000명 ⇨ '17년 9,300명)
- **뇌 관련 시장 규모의 확대**
 - 뇌질환 치료제 개발 및 상용화 기술 개발로 국내 뇌 시장 규모의 확대 및 경제적 가치의 증대('06년 7,600억 ⇨ '17년 3조)

2. 2차 기본계획의 중점 추진방향

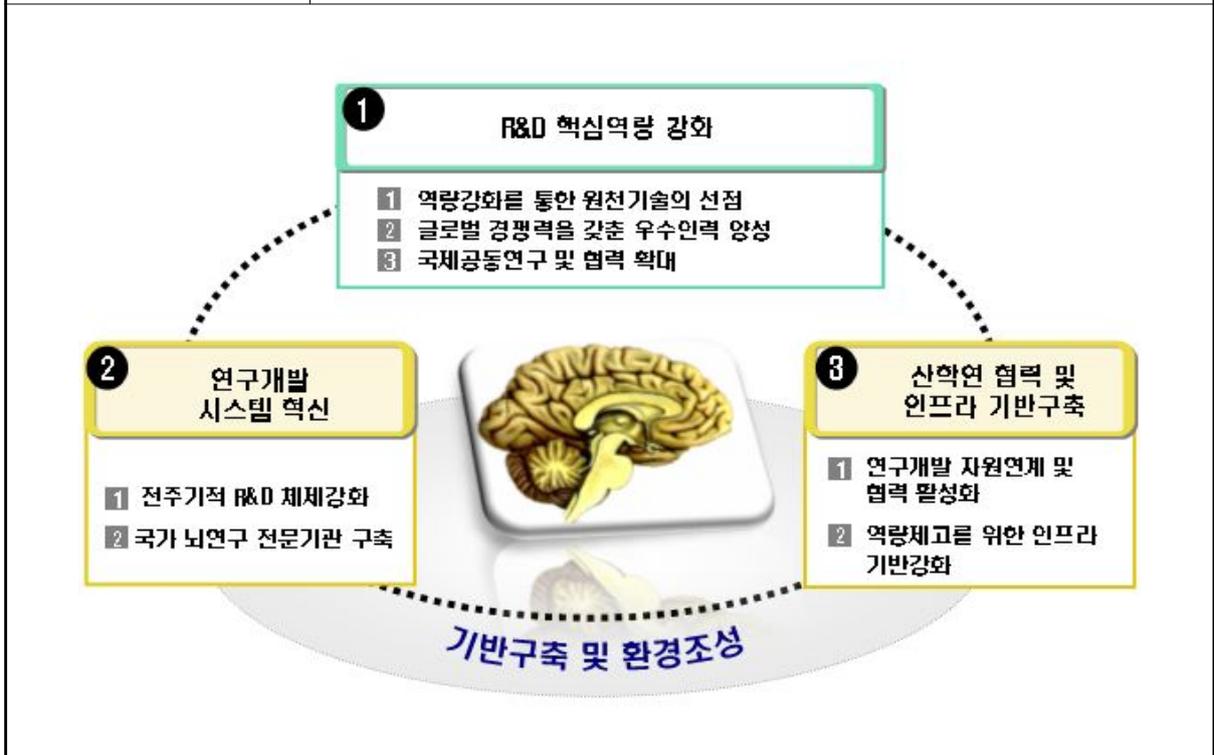
뇌 기반 기초기술을 토대로 **BT, IT, NT** 등 타 기술과의 융합을 통한 신기술 창출 및 핵심 원천기술 확보를 위한 기반 강화

- 원천기술 확보를 위한 **R&D 핵심 역량 강화**
 - 미래유망, 경제적 파급이 큰 분야에 대한 중장기적 연구개발 추진
 - 뇌 분야 및 이종기술간 **다학제·융합 연구 강화**
 - 장기적이고 안정적인 인력 양성으로 질적 수준 제고
 - 우수연구 성과 도출을 위한 국제공동연구 및 협력 확대
- 연구개발 시스템 혁신
 - 과학적 분석을 통한 미래 핵심기술 개발체제 확립
 - 능동적 R&D 테마 발굴을 위한 기획·정책 연구 강화
 - 국내 뇌연구의 역량을 집중시킬 수 있는 국가 차원의 기관 설치
- 산·학·연 협력 및 인프라 확충
 - 연구수행 주체간 연계로 연구기반 강화 및 협력 활성화
 - 고가장비의 공동활용 확대 및 공통 인프라 기반 확충
 - 뇌분야 시장환경 조성을 위한 벤처육성 및 민간 참여 확대



II 추진전략 및 실천과제

전략	실천과제
R&D 핵심역량 강화	① 역량강화를 통한 원천기술의 선점 ② 글로벌 경쟁력을 갖춘 우수인력 양성 ③ 국제공동연구 및 협력 확대
연구개발 시스템 혁신	① 전주기적 R&D 체제 강화 ② 국가 뇌연구 전문기관 구축 검토
산·학·연 협력 및 인프라 기반구축	① 연구개발 자원연계 및 협력 활성화 ② 역량제고를 위한 인프라 기반 강화

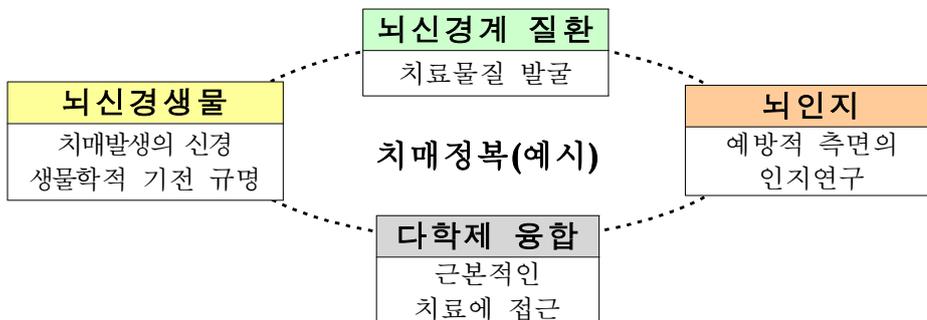


전략 1 R&D 핵심역량 강화

과제-1 역량강화를 통한 원천기술 선점

핵심원천기술 확보를 위한 미래 유망 분야 다학제·융합연구 강화 및 특성화 전략 추진

- 선진국 수준의 기술역량 제고를 위한 특성화 전략 추진
 - 뇌의약 시장 선점을 위한 기초·원천 기술 경쟁력 제고
 - ※ 예시 : 뇌질환 치료제 개발, 뇌인지 시스템 활용, 디지털 브레인 분야 등
 - 신경세포 분화 및 응용 기술, 뇌질환 치료제 개발 등 역량 향상
 - 강점 기술에 대한 지원, 주변기술과 융합 추진 등 특성화 전략 강구
 - 미래유망, 경제적 파급이 큰 분야에 대한 연구개발 추진
 - 미래 유망분야 및 첨단·응용 기술에 선택과 집중
 - ※ 예시 : 뇌-기계 인터페이스, 뇌응용 엔터테인먼트, 뇌질환 후보물질 발굴 등
 - 고령화 대응, 인류복지 핵심기반기술에 대한 연구강화
 - 우울증, 치매, 뇌졸중, 파킨슨병, 통증, 스트레스 등 치료기술 개발
- **BT-IT-NT** 다학제·융합 연구의 지원 강화
 - 목표 지향적 뇌 분야간 연구, 관련 기술간 공동연구 확대



- BT, IT, NT 등 이종 기술간의 융합연구로 새로운 원천기술 창출
 - ※ 뇌과학+Robot Tech=지능형로봇산업, 뇌과학+IT+엔터테인먼트=차세대 게임산업 등
관련기술 융합을 통한 신시장 창출

- 첨단기술 분야와의 다학제 공동연구 확대
 - 뇌질환 치료에 적용가능한 첨단치료기술(Gene therapy, Tissue engineering, 줄기세포 응용기술 등) 및 응용기술 개발

□ 기술우위 선점을 위한 핵심원천기술 개발 강화

- 뇌질환 극복, 치료제 개발 등 미래 성장동력 기술의 중점추진
 - ※ 먹거리 창출을 위한 차세대 성장동력 발굴 및 의료산업 혁신 조성
- 세계적 경쟁가능 분야, 성공 가능한 질환별 포트폴리오 구성
 - ※ 예시 : 뇌질환 치료제 개발을 위한 종합사업 추진(기전 연구+후보물질 발굴+임상연구)

융합연구(예시)	
구분	신경과학 분야 학제간/이종간 융합
뇌신경생물 - 뇌질환	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자 재프로그래밍의 기초연구를 통한 줄기세포 분화 기술 개발 ○ 분자신경과학 연구 기술을 이용한 뇌질환 기전연구 ○ 배양세포 수준의 표적 위주 신약 발굴 검색방법 개발
뇌신경생물 - 인지과학	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분자신경과학, 세포신경과학 및 조직학의 상호 보완을 통한 인지기능 조절 기전 연구 ○ 바이럴 벡터, small nucleotide 등을 이용한 인지, 행동 조절 원리 규명
뇌질환 - 인지과학	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인지 및 행동조절을 통한 뇌질환의 조절기술 개발 ○ 뇌기능 및 영상적 연구장비를 활용한 뇌기능 규명
뇌신경정보 - 뇌질환	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌질환 예방, 점검 및 관리의 유비쿼터스 시스템 도입 ○ BCI, BMI, 뇌접속 디바이스, 뇌기능 활성화를 위한 정밀 뇌자극 장비의 개발 및 활용
이종기술간 융합 (BT, IT, NT)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제약, 인체질환의 진단, 뇌기능 재활 등 기술개발 ○ BCI, BMI 응용 다중 융합기술 ○ NT 기술을 활용한 뇌영상, 생체 내 분자의 나노기반 센서 개발 기술 등

과제-2 **글로벌 경쟁력을 갖춘 우수인력 양성**

첨단·신생 기술분야, 융합기술 관련 전문인력 양성을 위한 시스템 보완 및 프로그램 추진

□ **첨단기술 분야의 뇌 전문인력 양성·활용**

- 학제간 연구프로그램 확대 및 단계-병렬식 뇌협동과정 도입
 - ※ 예시 : 뇌전문 대학원 설치, 대학내 뇌학과 신설 등 검토
- 기술 융합화에 대응하는 수요 지향형 인력확충 방안 마련
 - ※ 예시 : 뇌융합 연구인력, 의약+신경생물 인력, 산업체 전문인력 등
- 이종 기술(BT, IT, NT) 인력을 뇌융합 연구인력으로 적극 활용
- 유망기술 및 경쟁력 분야의 핵심 인력양성 확대
 - 관련 기술분야 전문인력 간 교류 및 공동연구 확대
- 의·약학계 분야 우수인력을 뇌연구에 적극 활용하기 위한 구체적 시책 및 방안을 강구하여 추진

□ **맞춤형 인재육성을 위한 프로그램 도입**

- M.D./Ph.D. 복합전공 등 고급 연구인력 배출을 위한 프로그램 확대
- 신진연구자 참여 확대를 위한 다학제 협력연구사업 추진
 - 다학제 협동 연구과제에 대한 우선 지원 혜택 등
 - ※ 예시 : Human Frontier Program(공학, 생물학, 인문학 등 협력연구과제 우선 지원)
- 뇌질환 치료제 등 관련 시장확대를 대비한 산업인력 교육강화

□ **해외 우수 연구인력의 적극 유치 및 교류 활성화**

- 재외 한국인 뇌연구 전문인력의 유치 및 공동연구 활성화
 - ※ 뇌연구원 설립시 해외인력의 적극 유치 및 연구교류 추진
- 대형 국제협력 프로그램 참여, 해외 파견·연수 등 지원 확대

과제-3 국제공동연구 및 협력 확대

선진국과 공동협력 연구 강화로 국제화·대형화 추세에 부합하는 전략적 연구제휴 및 국제협력 기반강화

- 다자간 협력사업에 적극 참여를 통한 공동협력 연구 강화
 - 다자간 현안해결을 위한 기술개발 컨소시엄 구성
 - ※ 예시 : 고령화 등 글로벌 이슈해결을 위한 기술 컨소시엄 구성
 - 국제 공동연구 프로그램 참여 확대
 - ※ 예시 : 휴먼프론티어과학프로그램(HFSP), 인간프로테오믹스연구(HUPO), 블루브레인(Blue Brain)등
 - 단계별 전략 마련을 통한 국제협력의 내실화
 - ※ 1단계 : 네트워크 기반조성, 2단계 : 뇌연구 분야 정보 및 인력교류
 - 국제 심포지엄, 세미나 등 유치로 협력 활성화
 - 아시아 거점(Hub) 역할 확대(예시: 노인성 뇌질환 치료제의 거점)
- 협력 대상 국가별 특성을 고려한 협력모델 구축
 - 선진국별 강점 분야 협력 연구 및 다국적 연구사업에 적극참여
 - ※ 한국-미국, 한국-영국 등 양자간 기술 특성을 고려한 협력모델 강화
 - 잠재적 뇌질환 치료제 시장 창출 및 확보를 위한 협력기반 조성
 - ※ 개도국과의 양자간 협력 네트워크 구축으로 잠재 시장 선점
- 글로벌 네트워크 추진으로 동북아 연구거점 기능 수행
 - 뇌연구 국제공동연구 프로그램 신설 및 참여확대
 - 한·중·일 등 다자간 연계형 공동연구 추진
 - 선진국 뇌연구소와의 MOU체결 및 협동 연구추진
 - ※ 미국 NINDS, 일본 BSI, 프랑스 ICM 등 국가별 뇌연구소와 연계

전략 2 연구개발 시스템 혁신

과제-1 전주기적 R&D 체제 강화

미래 핵심기술 개발을 위한 전략적 R&D 체제를 구축하여 연구개발의 효율성 제고

- 상위계획과의 부합성을 고려한 종합관리체계 구축
 - 과학기술기본계획, NTRM(국가기술지도), 생명공학육성기본계획, Total Roadmap 등 국가 상위 계획과의 연계 강화
 - 창의적 기초원천 기술의 경쟁력 제고를 위한 연구개발 체계 정비
 - 뇌인지, 뇌융합 등 신생·첨단 분야 연구개발 지원 강화
 - 기초·원천 연구의 유형별/ 단계별 차별화 지원체계 마련
- 인접 뇌과학 분야와의 학제간 연계 시스템 강화
 - 기초-임상 협동 과제의 적극 지원으로 학제간 연구활성화 촉진
 - 뇌질환 병인 규명 등 임상적용이 가능한 분야 연계
 - 다학제적 접근방법을 적용한 통합·연계형 연구시스템 구축
 - 학제간 유기적 협력으로 새로운 R&D 모델 정립
- R&D 테마 발굴을 위한 정책 연구 강화
 - 혁신적인 아이템 발굴을 위한 정책연구의 활성화
 - 중대형 연구과제 발굴, 사업 타당성 검토 등 정책연구 강화로 R&D의 체계적·전략적 추진
 - 목적지향형 연구개발을 위한 사전기획 강화
 - 기술예측, 특허분석 등 객관적 지표를 근거로 한 연구기획 추진

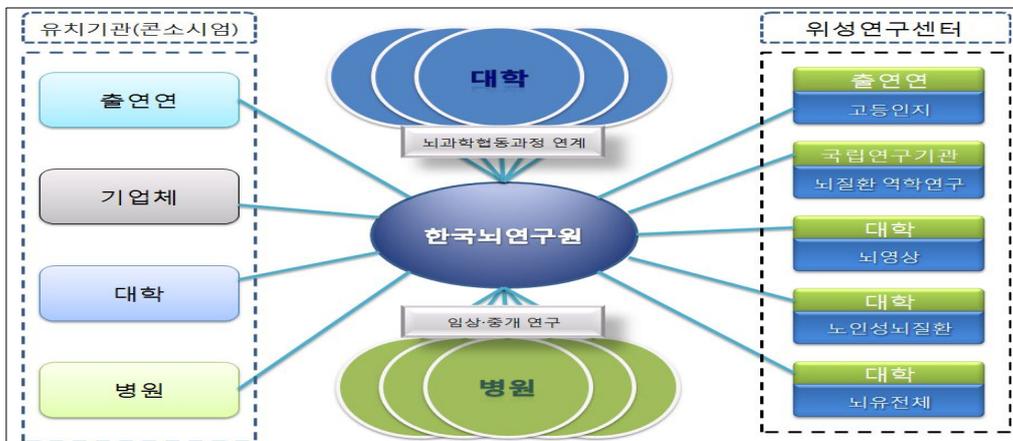
과제-2 국가 뇌연구 전문기관 구축 검토

뇌연구 분야의 국제적 위상 제고 및 뇌연구 역량의 집적을 위한 국내 뇌연구 대표기관 설치 검토

- 뇌연구 역량의 강화를 위한 국가 뇌연구원 설립을 검토
 - 국가 뇌연구의 중심(Core) 기능을 수행할 전문기관 설치를 검토
 - 원천기술 확보 및 체계적 융합연구를 위한 전담기능 수행
 - ※ 미국('49), 일본('97), 중국('99), 유럽 등은 뇌연구의 중요성 및 미래 지향성을 인식하여 국가 차원의 뇌연구소 운영

- 기존 연구기관과 네트워크 구축 및 연계활성화
 - 위성연구센터, 대학부설연구소, 출연연구소, 뇌관련 병원을 집약하는 국내 뇌연구의 총체적 거점기관으로 활용
 - 해외 뇌연구 전문 기관과의 협력 거점으로 역할 수행
 - ※ NIMH/NINDS등 NIH내 신경과학연구소(미국), RIKEN BSI(일본), 상하이 신경과학연구소(중국) 등과의 국제 뇌융합연구 협력 체제 구축
 - 다자간 연구 프로그램에 참여확대로 국제 경쟁력 제고
 - ※ HFSP(휴먼프론티어사이언스프로그램), HBBP(뇌단백질체프로젝트) 등

<관련기관 협력 시스템 구축방안>



전략 3 산·학·연 협력 및 인프라 기반구축

과제-1 연구개발 자원 연계 및 협력 활성화

연구수행 주체간 연계를 통한 연구기반 강화 및 협력 활성화를 통한 산업기반 조성

- 연구기반 강화를 위한 유기적 협력체제 구축
 - 연구개발 프로그램 진행시 협력연구 및 공동연구를 장려
 - 국책연구소의 기술이전, 공동 R&D 프로젝트 신설 등
 - 연구 효율성 제고를 위한 연구협력 및 인프라 장비 공동활용
 - 민간 기업, 병원 등 민간부문의 참여 및 투자활성화 유도
 - 신약개발, 뇌융합형 기술개발 등에 민간 투자를 유인
 - 임상과 연구현장을 양방향으로 연계하는 산·학·연 협력 “중개 연구” 확대
 - ※ 관련 대학병원 및 협력병원 등을 통해 중개연구 환경 조성
- 뇌연구 실용화사업 발굴 및 산업기반 조성
 - 질환별 신약 후보물질군, 뇌융합 기술군 등을 1개 대형사업으로 집중개발 하는 “뇌질환 치료제 및 융합기술 실용화 사업” 추진
 - ※ 기술수준 분석을 통해 조기 실용화가 가능한 분야(예시 : 디지털 브레인 구현을 위한 융합분야 등) 선정
 - 상호 협력을 도모할 수 있는 산업기반 조성(평가·시험 시설)
- 시장환경 조성을 위한 제도개선 및 지원대책 강화
 - 뇌연구 산업화를 위한 관련 규제의 개선 및 부처간 협력체제 구축
 - 부처별 기술료 조항의 보완, 시장수요를 반영한 산업화 계획 수립 등
 - 장비 공동활용 및 시제품 제작, 시험/ 인증 등 공통서비스 지원 확대
 - 뇌연구 성과의 기술가치 평가체계 구축 및 금융제도 개선

과제-2

역량제고를 위한 인프라 기반 강화

경쟁력 있는 연구성과 창출을 위해 공동활용 인프라 기반시설 확충 및 네트워크 구축

공통기반설비 확충 및 효율적 활용체제 정비

- 다학제 연구, 융합연구를 위한 첨단 시설 확충
 - 신약개발 지원을 위한 *in vivo* 연구거점 등 마련
 - ※ 예 : 뇌영상시설, 동물모델 뱅크 및 인프라, 뇌연구 자원센터 등
- 공통기반 고가 뇌연구 장비의 체계적 관리 및 활용도 제고
- 관련 법·제도의 정비를 통한 공동 활용시스템 마련

뇌질환 치료제 개발을 위한 인프라의 조속한 확충

- 뇌질환 극복을 위한 국제수준의 전임상 실험센터 구축
 - 특성화된 전임상 시험 전문인력의 양성 및 확충
- 임상정보를 뇌과학 기초연구에 활용할 수 있는 DB 구축
- 기초의과학자와 임상의간 협력연구에 필요한 시설 및 장비의 확충

국내 뇌연구 역량결집을 위한 거점기반 강화

- 대학·연구센터·출연(연)·기업 연구소 등 R&D 수행기관을 네트워크화 하여 연구역량을 강화하는 혁신시스템 구축
 - 지역과 대학·연구소 등을 연계하는 개방적 시스템 구축
 - ※ 뇌연구원을 거점으로 활용하여 기존의 위성연구센터를 집적하고 이를 통한 시너지 극대화
- 기업과 연구실 간의 협력에 필요한 인프라 구축

Ⅲ 투자 및 인력

뇌연구분야 투자 및 인력배출의 증가추세('98~'06)를 적용하여 제2차 뇌연구촉진 기본계획 상의 투자소요 및 소요인력 추정

투자 부문

정부부문 투자소요(안)

- 정부는 계획기간('08~'17) 중 뇌 연구 분야의 기존사업 확대 및 신규사업에 총 1조 5천여억원 투자

- ('98~'06) 기간의 투자 성장률인 연평균 17.4% 전제

※ 연차별 투자액은 예산편성 및 국가재정운용계획 수립과정에서 변경될 수 있음

인력 부문

소요인력

- 뇌과학 분야 총 참여인력은 '17년 9,296명으로 증가 예상

(단위 : 명)

구 분	'08년	'12년	'17년	비 고
인력 수	2,645	4,623	9,296	연평균 증가율 15%

※ '98년(650명) ~ '06년(2,000명)까지의 연평균성장률은 15%

분야별 소요인력

(단위 : 명)

년도 \ 분야	뇌신경생물	뇌의약	뇌신경정보	뇌인지	뇌융합	총 계
'08년	794(30%)	1,032(39%)	529(20%)	264(10%)	26(1%)	2,645
'12년	1,387(30%)	1,155(25%)	925(20%)	925(20%)	231(5%)	4,623
'17년	2,789(30%)	2,324(25%)	1,859(20%)	1,859(20%)	465(5%)	9,296

※ 분야별 소요인력은 전문가 위원회에서 제시한 비율을 이용하여 추정

< 참고 > 실천과제별 소관 부처

전략	실천과제	정책의제	주관부처	관계부처
R&D 핵심역량 강화	1. 역량강화를 통한 원천기술의 선점	○ 뇌연구 기술역량 제고를 위한 특성화 전략 추진	과기부(혁신본부)	각부처
		○ 다학제 융합연구 강화	과기부, 산자부 정통부, 복지부	각부처
	2. 글로벌 경쟁력을 갖춘 우수인력 양성	○ 첨단기술분야 인력양성	교육부	각부처
		○ 맞춤형 인재육성 프로그램 마련	교육부, 과기부 산자부, 복지부	각부처
		○ 해외 우수인력 유치 및 교류	과기부	각부처
	3. 국제공동연구 및 협력 확대	○ 한국 주도의 협력 연구사업 추진 등	과기부, 교육부	각부처
연구개발 시스템 혁신	1. 전주기적 R&D 체제 강화	○ 상위계획과 연계한 종합관리체계 구축	과기부(혁신본부)	각부처
		○ 학제간 연계 시스템 강화	과기부, 교육부	각부처
		○ 정책연구 및 사전기획 강화	과기부, 산자부 정통부, 복지부	-
	2. 국가 뇌연구 전문기관 구축	○ 국가 뇌연구원 설립	과기부	-
		○ 기존 연구기관과 네트워크 및 연계	과기부, 산자부 정통부, 복지부	-
산·학·연 협력 및 인프라 기반구축	1. 연구개발 자원연계 및 협력 활성화	○ 연구주체간 협력구축 및 중개연구 확대	과기부, 복지부	각부처
		○ 뇌연구 실용화 사업 발굴 및 산업기반 조성	과기부, 산자부	각부처
	2. 역량제고를 위한 인프라 기반 강화	○ 공통기반 확충 및 활용체제 정비	과기부	각부처
		○ 뇌질환 치료를 위한 인프라 확충 (전임상 실험센터 구축 등)	복지부	각부처
		○ 기반 강화를 위한 혁신시스템 구축	과기부, 산자부 정통부, 복지부	-

제3부 분야별 세부계획

- I. 뇌신경생물 분야
- II. 뇌인지 분야
- III. 뇌신경계 질환 분야
- IV. 뇌신경정보 및 뇌공학 분야
- V. 뇌융합 분야

기술 범위

구분	세부 기술	응용 분야 (관련기술의 예)
뇌신경 생물	신경계 발생 및 재생의 이해 및 응용 기술	○신경계 세포의 분열, 분화, 이동의 이해 및 응용 기술 ○신경망 형성의 이해 및 응용 기술 ○신경줄기세포의 발생, 분화 및 응용 기술 ○신경계 재생의 이해 및 응용 기술
	분자 및 세포 신경생물학 응용 기술	○오믹스 (Omics)기술을 이용한 뇌신경계의 이해 및 응용 기술 ○신경세포 단백질의 기능 해석 및 응용기술 ○신경계 세포 사멸 기전의 이해 및 조절 기술 ○신경계 세포 신호 전달 기전의 이해 및 응용 기술 ○신경계세포(신경세포-교세포, 면역세포)간 상호 작용 이해 및 활용 기술
	시냅스 가소성 및 신경 흥분성의 이해 및 조절 기술	○신경전달물질 및 수용체, 이온채널 ○시냅스 형성, 가소성의 이해 및 응용 기술 ○신경망 조절 기전 이해 및 활용 기술
뇌인지	감각, 지각 및 운동의 이해 및 응용 기술	○체감각, 통증 조절 시스템의 이해 및 조절 기술 ○운동의 조절 시스템의 이해 및 조절 기술 ○시각, 청각, 후각, 미각 조절 시스템의 이해 및 조절 기술 ○감각시스템간의 상호작용
	신경계의 통합적 조절 및 항상성의 이해 및 응용 기술	○신경계, 내분비계, 면역계, 순환계의 상호 작용의 이해 및 제어 기술 ○스트레스 조절, 생체주기의 이해 및 제어 기술 ○섭식 행동, 성 행동의 이해 및 제어 기술 ○수면의 기전 및 장애 제어 기술
	기억, 사고 및 의사결정의 이해 및 응용 기술	○학습/기억의 신경계 조절 기전의 이해 및 제어 기술 ○학습/기억에 미치는 내적/외적 요인 (예, 노화, 환경, 스트레스, 정서, 동기 등)의 작용의 이해 및 제어 기술 ○언어/사고/추론의 기전의 이해 및 제어 기술 ○의사결정의 기전의 이해 및 제어 기술
	의식, 정서 및 주의의 이해 및 응용 기술	○의식 발현 및 조절 기전의 이해 및 제어 기술 ○정서 (공포, 불안, 즐거움, 보상 등) 조절의 이해 및 제어 기술 ○사회적 인지의 기전의 이해 및 제어 기술 ○주의, 집중 조절 통제 기전의 이해 및 제어 기술
뇌신경계 질환	만성퇴행성 뇌질환 제어 기술	○예시: 노화, 치매, 파킨슨 병, ALS, CMT, MS, 기타 ○만성퇴행성 뇌질환 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○만성퇴행성 뇌질환 진단기술 ○만성퇴행성 뇌질환 예방 및 치료
	급성 신경계 손상 및 신경세포사 제어 기술	○예시: 신경세포사 기전, 뇌졸중, 뇌손상, 척추 손상, 기타 ○급성 신경계 손상 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○급성 신경계 손상 진단기술 ○급성 신경계 손상 예방 및 치료

중분류	소분류	응용 분야 (관련기술의 예)
뇌신경계 질환	경련성 뇌질환 제어 기술	○예시: 간질, 이온통로성 질환 (channelopathy), 기타 ○경련성 뇌질환 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○경련성 뇌질환 진단기술 ○경련성 뇌질환 예방 및 치료
	정신성 뇌질환 제어 기술	○예시: 정신분열증, 우울증, 조울증, 불안증, 스트레스 등 ○정신성 뇌질환 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○정신성 뇌질환 진단기술 ○정신성 뇌질환 예방 및 치료
	중독성 뇌질환 제어 기술	○예시: 약물중독, 마약중독, 알코올 중독, 인터넷 중독, 각종 행위 중독 등 ○중독성 뇌질환 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○중독성 뇌질환 진단기술 ○중독성 뇌질환 예방 및 치료
	감각이상 및 통증성 뇌질환 제어 기술	○감각이상 및 통증성 뇌질환 병인기전의 이해 및 조절 기술 ○감각이상 및 통증성 뇌질환 진단기술 ○감각이상 및 통증성 뇌질환 예방 및 치료
	뇌 발달장애 및 기타 뇌질환 제어 기술	○예시: 뇌성마비, 자폐증, 정신지체, 기타 발달 장애 관련 (유전성) 질환 ○뇌 발달장애 뇌질환 병인기전 연구 ○뇌 발달장애 뇌질환 진단기술 연구 ○뇌 발달장애 뇌질환 예방 및 치료 연구
	뇌질환 치료제 개발 기술	○화합물 치료제, 단백질 의약품 개발, 기타 생물학적 의약품 개발 ○천연물 응용, 약물전달, 나노 응용기술 ○OECD 수준 GLP 시설 기반 독성 실험(전임상 실험) ○연구신약(Investigational New Drug : IND) 승인 및 임상 실험
뇌신경 정보 및 뇌공학	뇌신경정보 모델링	○뇌신경세포 수리 계산 모델링 ○뇌신경회로 및 기능 네트워크 모델링 ○뇌기반 학습 및 추론 시스템 모델링 ○뇌신경정신질환의 수리 계산 모델링
	뇌신경 정보기술 응용	○Brain-computer interface (BCI) 기반기술 ○Brain-machine interface (BMI) 기반기술 ○뉴로 피드백 및 뇌기능조절 기술 ○인공신경 및 뉴로칩 ○뇌기능 모방 지능시스템
	뇌영상 기술	○뇌기능의 이미징 및 매핑 기술 ○뇌신경계 활동의 실시간 모니터링 기술 ○뇌신경계의 분자, 세포 수준의 이미징 기술 ○NT, IT에 기반한 신경계 활동의 실시간 탐색 기술 ○하드웨어 개발 기술
	뇌신호 및 영상분석 기술	○뇌기능 분석 및 영상화 기술 ○뇌신경 신호처리 알고리즘 ○노이즈 제거 및 영상 처리 ○뇌신호 동력학 패턴 분석 ○뇌질환 진단 응용 알고리즘

중분류	소분류	응용 분야 (관련기술의 예)
뇌융합	뇌과학 기술간 융합 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌신경생물 및 뇌질환 분야의 학제간 융합 기술 ○ 뇌신경생물 및 인지과학 간의 학제간 융합 기술 ○ 뇌질환 및 인지과학 간의 학제간 융합 기술 ○ 뇌신경정보 및 뇌질환 간의 학제간 융합 기술 ○ 기타 뇌과학 기술간 융합 기술
	생명공학 및 의약학 융합기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ BT 융합 기술 ○ 제약 산업과의 융합 기술 ○ 인체질환의 진단, 예측 및 조절의 통합 시스템 개발 기술 ○ 유비쿼터스-건강관리 시스템 개발 기술 ○ 전기적 뇌자극에 의한 의식 소생 및 뇌기능 재활 기술
	NT 산업 융합 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고해상도 뇌영상 분자 프로브 개발 및 뇌영상 기술 ○ 환경 독성 물질, 생체 내 분자의 나노 기반 센서 개발 기술
	IT 산업 융합 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ BCI, BMI 응용 다중 융합 기술 ○ NT, IT, BT 다중 융합 기술 ○ 기타 다중 융합 기술
	학습 및 교육 융합기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌기반 학습, 교육 보조/증진 시스템 개발 기술 ○ 뇌기반 지능, 감성 테스트 표준화 기술 ○ 차세대 뇌과학 전문 연구 인력 양성 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - OECD 수준의 대학원 신경과학 통합 과정 활성화 ○ 다중 융합형 뇌과학 전문 연구 인력 양성 시스템 개발
	스포츠, 게임, 레저, 문화 융합 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스포츠, 레저 산업과의 융합 기술 ○ 게임, 만화, 영상 산업과의 융합 기술 ○ 뇌 기반 문화 콘텐츠의 개발 기술
	국방 과학 융합 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 군사용 고감도 인공 시각, 청각, 후각 인지 시스템 개발 기술 ○ 군사용 로봇 개발 기술 ○ 가상현실 응용 비행 훈련 시스템 ○ 통일 대비 학습, 기억 장치 탑재 지뢰탐지기 ○ 생화학전 대응 지능형 탐지 시스템 개발 ○ 생화학전 대응 신경생물학적 신경해독제 개발 ○ 기타 국방 산업과의 융합 기술

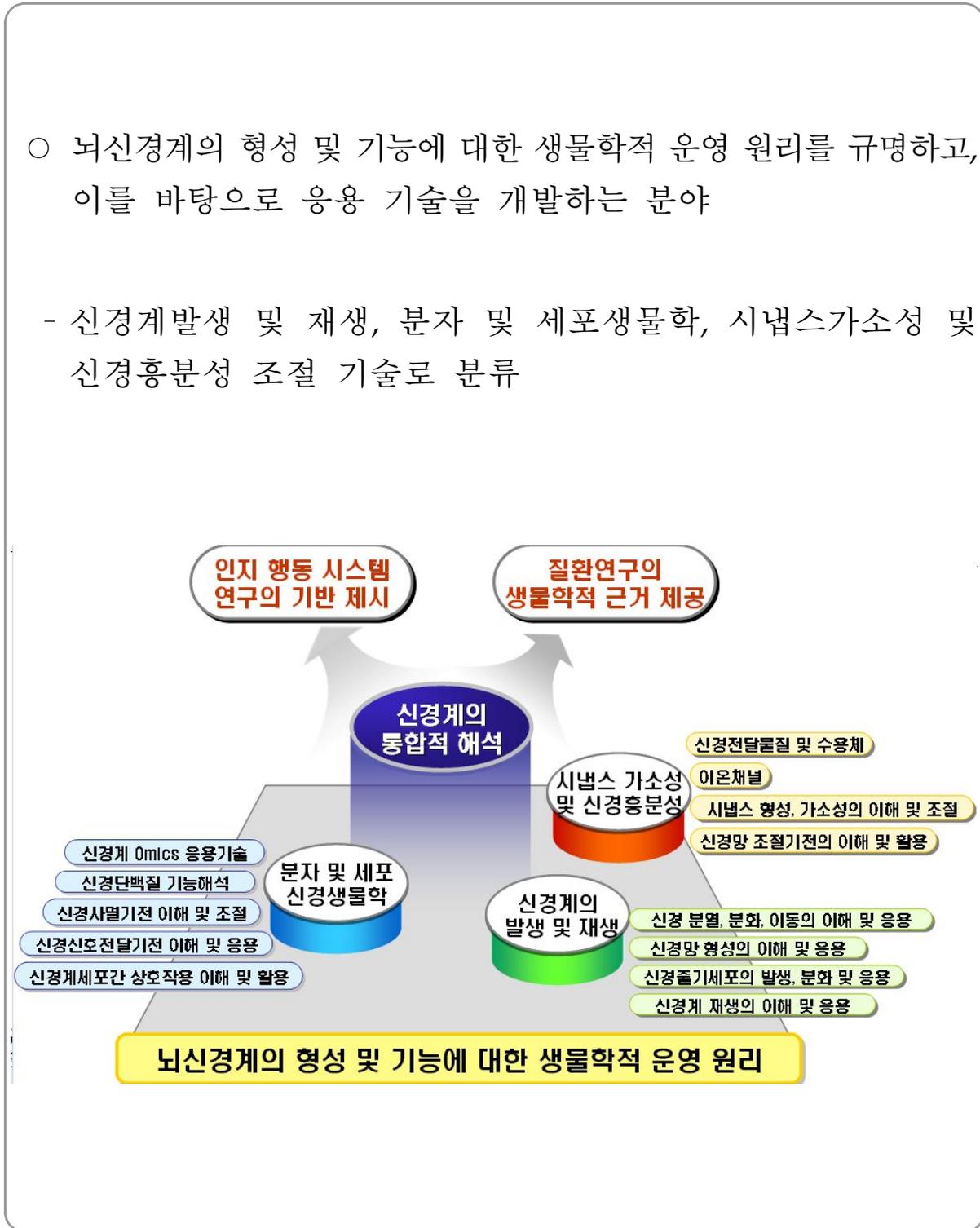
I. 뇌신경생물 분야

1. 범위와 특성	69
2. 환경변화	72
3. 추진방향 및 전략	82
4. 중점분야 및 로드맵	83

1. 범위와 특성

가. 적용범위

- 뇌신경계의 형성 및 기능에 대한 생물학적 운영 원리를 규명하고, 이를 바탕으로 응용 기술을 개발하는 분야
- 신경계발생 및 재생, 분자 및 세포생물학, 시냅스가소성 및 신경흥분성 조절 기술로 분류



나. 특성 및 파급효과

1) 기술의 특성

- 뇌신경계 형성 및 기능의 생물학적 근원을 토대로 요소 기술을 도출하는 필수적인 분야
 - 뇌과학은 21세기 최후의 프론티어로 불리며, 미래 산업 창출뿐만 아니라, 사회경제적 구조 변화를 주도할 미래 핵심 분야임
 - 뇌신경계 형성 및 가소성에 대한 신경생물학적 연구는 미래핵심 뇌과학의 요소 기술을 제공하는 필수 분야임
- 뇌과학 컨버전스에 있어 핵심 분야이므로 장기적 안목의 투자가 필요한 분야
 - 뇌과학의 비약적 발전을 가능케 할 컨버전스 작업의 학술적 토대인 미시적 근본원리를 제공하는 분야이므로 각 세부분야의 원천·핵심기술 확보를 위하여 장기적 투자가 필요
 - 응용기술로의 원천적 학술기초를 제공하는 동향과 맞물려, 본 분야의 응용점점인 뇌기반 산업 및 의약학 분야로 제공될 기반 기술의 지속적 창출을 위한 투자 필요
- Omics, 분자/세포네트워크 수준의 대형화 연구 및 국제 협력 프로그램 확대
 - 발전이 활발한 인접분야인 분자 및 세포 수준의 대형화 연구 기술이 유입되어 뇌신경계 대단위 연구 과제가 확대됨
 - 단일 분야보다 다양한 분야가 공통의 기본 목표를 위해 국가간 공동연구를 수행하는 대규모 통합 컨소시엄 형태의 연구가 일반화 되는 추세

2) 파급효과

□ 뇌기능 향진/뇌질환 제어를 위한 의약품 개발의 기초 제공

- 뇌유전체연구로부터 맞춤형 뇌유전체의학으로 발전하여 뇌질환 진단·치료기술 개발에 응용
- 뇌질환의 병인 규명을 통하여 신약개발, 진단 및 치료기술 개발 등에 응용하는 산업화 연구로 발전

□ 뇌신경계 형성 기능 이해로 신경계 재생 및 복원 기반 마련

- 줄기세포의 분화 및 역분화 이해를 통한 신경세포 생산기술 제공
 - 세포이식 및 내재적 신경줄기세포 제어 기반 기술을 제공하여 신경계 재생 및 복원 기술 제공
- 후성유전학적(epigenetic) 연구 정보를 통한 신경계 제어기술 기반 마련 및 신경가소성을 이용한 뇌기능 향진 및 재활의학의 기본 원리 도출

□ 창조적 융합기술 개발에 활용

- 유전자/단백질 중 70%가 뇌 특이적 발현을 보이므로, 뇌 생물자원은 생명공학 전반의 기본소재로 식량 등의 인류 공통 과제 해결에 직접 활용 가능
- 뇌공학 및 뇌의약학, 등 다양한 분야의 융합 기술, 융합 문화의 요소로 활용될 가능성이 매우 높음
 - 뇌기반 교육 콘텐츠 개발, 뇌기반 마케팅 등에 응용될 가능성을 고려할때, 경제적 가치를 넘어서서 사회와 문화 전반의 변화를 추동시킬 잠재력이 높음

2. 환경 변화

가. 총괄 개요

신경계 발생 및 재생

신경발생의 이해를 통해 신경재생 및 복원의 새로운 패러다임 형성

- 유전학 및 후성유전학, 신경줄기세포의 이해가 증진되어 신경발생 과정의 종합적 이해가 높아짐
- 신경계 형성 과정의 이해를 바탕으로 신경재생 및 복원기술 확립을 위한 경쟁적 연구 추진

분자 및 세포신경생물학

연구기술 다변화 및 선진화를 통한 총체적 분석 연구 확산

- Omics 연구 및 학제간 연구의 강화로 'Big Science' 형태의 총체적 분석기술이 확산
- 신경세포 신호전달 네트워크의 생물학적 이해 기반 증진
- 신경세포 또는 신경-교세포 상호 작용의 이해가 증진되어 세포 수준에서의 총체적 분석 연구 확산

시냅스가소성 및 신경흥분성

신경계의 동적 변화를 해석하여 신경기능을 이해하고자 하는 연구 확대

- 신경세포 실시간 이미징 기법 등을 활용한 신경계 Dynamics에 대한 이해 확대
- 신경가소성 이해 증진으로 행동가소성 및 뇌 고위기능 이해를 위한 생물학적 기반 마련

나. 주요 분야별 환경 변화

1) 신경계 발생 및 재생

가) 세계 동향

□ 포스트게놈 연구 출범 이후 전사기전 연구로부터 후성 유전학적 연구로 확대

- 유전체발현 분석이 전사인자에서 염색체 재구성인자에 대한 연구로 확장되며 원천기술의 도출이 임박한 것으로 예측
- 후성유전학 연구의 발전은 유전체 정보의 재프로그래밍, 약물에 의한 유전체 발현 조절 분야의 신개념을 제공

□ 신경줄기세포를 대상으로 한 신경계발생 연구가 확산

- 줄기세포 연구에 대해 미 연방정부는 '05년까지 5억 5,000만 달러를 지원함으로써 세계에서 가장 많은 연구비 지원
- 성체신경줄기세포의 존재 확인으로 이식 및 내재 줄기세포 응용 기술에 대한 기대감이 고조되고 중개연구가 급격히 확대
 - 줄기세포를 이용한 세포치료분야 세계시장 규모는 '10년 약 300억 달러 규모로 추정

※ 출처 : Drug & Market Development Publications사 보고서

□ 신경계형성 과정의 이해를 바탕으로 신경재생 및 복원기술 확립을 위한 경쟁적 연구 추진

- 신경망형성과정 조절인자, 재생조절인자의 발굴과 함께 신경망 재구성에 대한 연구가 경쟁적으로 이루어짐
- 신경망 연구 성과는 인공지능형 로봇 등으로 확산되고 있으며 신경망 정보해석은 뇌기계접속기술의 기반을 제공하고 있음
- 아직 초기 단계이나, 줄기세포 응용을 염두에 둔 연구가 급속히 진행되고 있어서 세포이식을 통한 신경계 복원기술이 태동하고 있음

나) 국내 동향

□ 후성유전학적 연구를 위한 여건은 마련되었으나 전문가가 부족한 상황

- 후성유전학적 연구 인력은 현재 줄기세포 분야 및 종양학 분야에 집중
- 해당분야의 세계적인 이머징 기술에 대한 전문인력은 부족한 상황임

□ 뇌질환에 대한 재생의학적 접근을 위한 정부 주도의 줄기세포 연구 및 세포치료제 개발 시도

- 세포응용연구사업단 및 줄기세포연구 지원 프로그램을 통하여 세포 치료제 개발이 시도되고 있으며, 뇌줄기세포 연구에 대하여 긍정적인 여건 마련
- 신경계 관련 줄기세포 연구는 기반연구보다 임상적용연구에 치우친 경향이 있으므로 기반창출을 위한 연구구조 개선이 필요

※ 최근 3년간 한국 줄기세포 연구의 정부지원은 지속적인 증가추세이나 미국 대비 1/35배('05년 미국 : 88,600만달러, 한국 : 276.5억원)

□ 신경재생 관련 연구진의 경쟁력이 증대되고 있음

- 최근 일부 연구진에서는 초파리를 대상으로 한 연구, 척수손상 모델 등에서 산발적으로 국제경쟁력을 갖춘 연구 결과가 도출되고 있음
- 바이오벤처를 중심으로 줄기세포를 이용한 임상시험이 승인되거나 출시 허가된 상품들이 증가하고 있음

※ 출처 : '04년 국내 허가 6건, 식약청

2) 분자 및 세포신경생물학

가) 세계 동향

□ 신경세포기능조절 등에 기반을 둔 의약품 개발을 추진

- 세포기능조절 네트워크와 단백질군에 대한 구조/기능 정보의 통합 분석법 확립으로 신경계에 대한 네트워크 분석이 시도되고 있음
- 뇌신경계 세포기능조절에 필수적인 kinase, phosphatase, GPCR, ion channel 등 광범위 단백질군을 대상으로한 정량적 기능측정기술
 - 구조예측기술의 발전으로 합리적 의약 디자인 및 신약 약효 예측이 가능

□ 식물 및 미생물 **Omics** 분야에서 검증된 기반연구 기술을, 동물 및 인체 질환모델 연구로 도입하는 이행연구추세가 확산

- 선진국을 중심으로 미국의 Metabolon사, UC Davis대학, 일본의 도쿄 대학, 영국 맨체스터대학, 옥스퍼드대학 등에서 대사체학 연구 수행

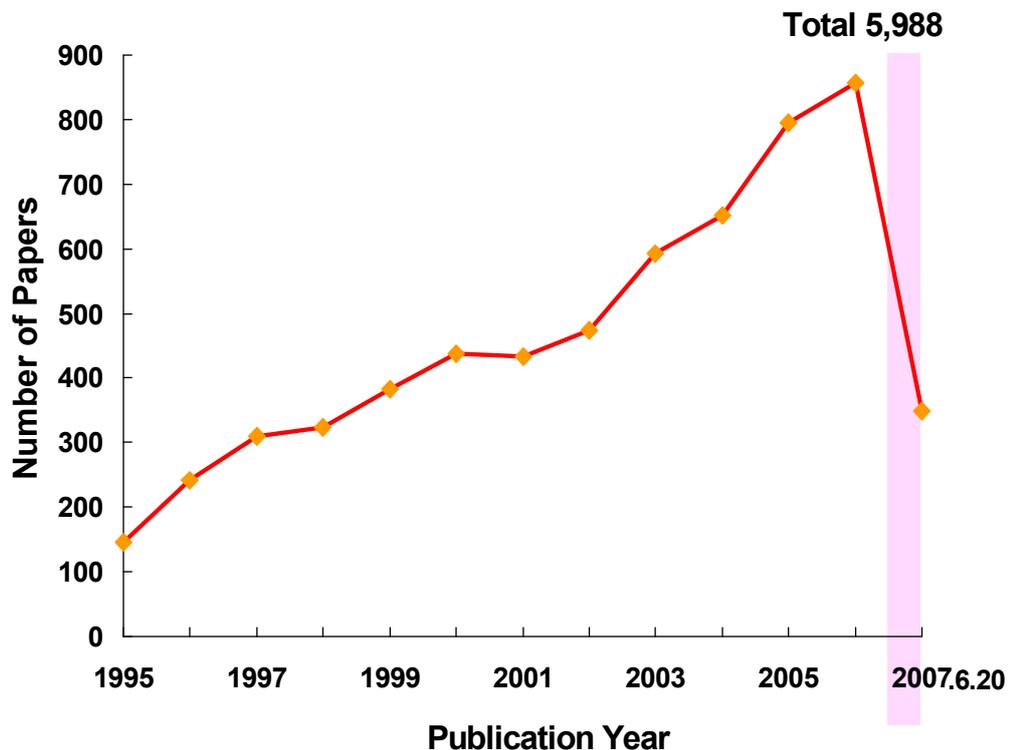
□ **Big science**적 특성을 지닌 시스템적 접근방법 진전

- 유전체/단백질체 기술은 현 수준에서 뇌기능 및 뇌질환을 분자 수준에서 완벽하게 이해할 수 있는 통합 기술의 총아라고 여겨짐
- 전사적 검색 방법론, 통합적 data해석, 광범위한 질환 치료와의 연관성 탐색 등 big science의 기술적 특성을 지님
 - 개인연구자 위주로 기술연구가 진행되기 보다는, 가까운 미래에는 산업체 측이나 산학연이 주체가 되어 발전을 견인
 - 경제성을 토대로 한 선별적인 기술발전이 강조될 가능성이 매우 높음

나) 국내 동향

□ 국내 연구진에 의하여 괄목할 만한 연구실적 배출

- 일부 연구진의 분야 연구 업적이 Nature, Cell 등 세계적인 권위지에 다수 게재되는 등 연구 역량의 약진이 두드러짐



□ Omics 연구의 연계연구, 네트워크 구성 등 전반적인 인프라는 미비한 상황임

- Connectomics, cognomics 등 뇌신경과학 분야 emerging omics 분야에 대한 연구개발은 미비함

※ 미국 NSF에서는 2002년 융합기술로 BT, IT, NT와 함께 인지과학(CT)을 중시하고, 인지적 대량 접근법을 cognomics로 명명함

3) 시냅스가소성 및 신경흥분성

가) 세계 동향

- 다양한 생물체에서 세포내 분자구조 수준의 총체적 분석 연구 확산
 - 조직·개체의 복합적 반응 경로 분석을 통한 전체상 구축 등 총체적 분석 연구로 발전할 전망이다
- 선진국 중심으로 뇌과학 연구의 중요성을 인식하고 국가 주도 뇌과학 연구개발사업 추진
 - 미국, NIH, NSF를 중심으로 국가주도의 연구개발을 투자 ('90년 'Decade of the Brain' 법안 발의)
 - 일본, 이화학연구소의 뇌연구종합연구소를 중심으로 국가주도의 뇌과학 연구개발사업 추진
 - EU, 범 유럽연구개발사업을 활발히 추진
 - 영국은 MRC와 Wellcome Trust, 프랑스는 국립과학연구소와 국립생명 공학연구소, 독일은 막스프랑크연구협회를 중심으로 뇌연구 수행
- 전 세계 치료분야별 의약품 도매 시장 동향에서 CNS (중추신경계) 관련 치료제 시장이 확대되는 추세
 - 시장규모는 약 636억 달러로서 심혈관 질환 다음이며 성장률은 15%로 가장 높음

〈뇌질환 관련 시장 규모 (US\$ Millions)〉

순 위	치료분야	시장규모	성장률 (%)
1	Cardiovascular	67,204	13
2	Central nervous system	63,655	15
3	Alimentary/Metabolism	48,894	8
4	Respiratory	29,638	8
5	Anti-infectives	27,705	6

※ 전 세계 치료분야별 의약품 도매 시장 동향, IMS, '04.10

나) 국내 동향

□ 뇌과학 연구의 중요성을 인식하고 국가주도의 연구개발 지원

- 과학기술부는 '뇌기능활용및뇌질환치료기술개발연구사업단'을 출범('03.10)시킴으로써 국내 뇌과학 연구의 획기적 개선 도모

□ 정부 연구개발 투자규모가 확대 추세

- '00년 총 229억 원에서 '03년 총 349억 원으로 152% 확대되었으나 선진국 대비 부족한 수준

〈미·일 대비 국내 뇌연구 예산의 규모(뇌공학 분야 포함)〉

구 분	한국 ('03년)	일본 ('02년)	미국 ('02년)
예산규모	349억원	350억엔	59억불
비 율	1	10	203

□ 국내 뇌연구 분야의 연구 기반 확충 및 연구자 수 확대 추세

- 뇌과학 분야 연구인력의 경우 '98년 약 350명 ⇨ '03년 약 980명, 뇌의약학 분야의 경우 '98년 약 300명 ⇨ '03년 약 800명으로 증가
- 뇌연구 분야 논문 발표가 크게 활성화되어 '04년 1,470 편(세계 2% 수준) 수준으로 성장하였으나 전반적 질적 수준은 미흡
 - 시스템 신경과학, 행동 신경과학, 약물중독 및 정신질환, 스트레스 조절, 인지기능 등에 대한 연구 수준이 매우 낙후되어 있음
 - 참여 연구 인력 저조

□ 약물작용점의 기초연구 부족으로 국내 제약산업 성장 둔화

- 분자표적에 의한 순수 국내개발신약 부재로 치료제 대부분을 외국 제약회사에 의존하고 있는 상황
 - 국내 신약타겟 개발 연구가 시급한 실정

4) 인프라 구축

가) 세계 동향

- 분자라이브리 프로젝트, **BMAP** 등 공유성 강한 공동 리소스 개발에 박차
 - 미국은 분자라이브리 확보 기술을 바탕으로 신경활성체 라이브러리를 공동리소스로 개발
 - HGP 이후 BMAP 등 공공성 강한 DB구축사업을 적극 추진하여 정보 우위를 바탕으로 한 연구 헤게모니의 유지 전략을 확대
 - 유럽, 'European Systems Biology Consortium(ESBIGH)'을 구성하여 특화된 소규모 과제들을 중심으로 연구 진행
 - 영국, 생명공학 위원회에서 향후 5개년 전략적 목표로 목표 지향적 시스템생물학을 설정
 - 일본, BSI의 뇌과학 목표 중 뇌의 인프라 구축 분야를 두 개의 유닛으로 분리하여 다변화함
- 선진국들은 생물정보의 중요성을 인식, 유전체 및 유전자의 기초 정보에 대하여 국가정보센터를 중심으로 축적
 - 현재 약 1,000여 가지의 생물학 분야의 대용량 DB가 존재하며 대부분 웹을 이용하여 사용 가능
 - ※ 미국 국립생명정보센터(NCBI), 영국 Sanger Center, 일본유전자 정보 은행(DDBJ), 미국 TIGR, 유럽 EBI 등
 - RIKEN에서는 소뇌유전자발현 지도의 작성 및 돌연변이종 구축을 통한 뇌발달/유전자 발현 통합 DB를 구축
 - 미국 Allen 연구소에서는 생쥐 뇌발현 유전자 지도 DB를 완성하고, 이들 발현의 상관관계 분석을 통한 connectomics 연구를 수행중

나) 국내 동향

□ 뇌유전체 자원 확보 및 국내 인프라 확립

- 뇌유전체 및 단백질체 분석을 위한 Core facility가 뇌기능프론티어 사업단의 지원으로 운영되고 있음
- 유전체 연구, 단백질체 연구, 대사체 연구, 질환 관련 신호 전달 체계 연구, 세포 기능 연구 등에 관한 개별적 연구기술 수준은 세계수준에 근접함
- 인간 뇌프로테오믹 분석을 위해서 10여 개국 민간대표들을 중심으로 확립된 HBPP에 한국이 참여하고 있음

※ 한국프로테오믹기구(KHUPO) 설립 ('01.7)

- 1989년 착수된 휴먼프론티어프로그램 (HSFP)은 50% 이상이 뇌과학 연구를 위한 학제간 국제연구에 할당되어 있으며 2004년 12월 우리나라도 참여

□ 뇌신경과학 관련 협동과정 등 대학에 신설

- 학제간 및 융합적 성격이 강한 뇌 연구의 기반을 튼튼하게 하기 위해서는 맞춤형 뇌 연구 인력을 양성하는 것이 중요하다는 취지 하에 뇌연구 관련 학제간 협동과정이 대학에 개설되거나 준비중
 - 서울대학교의 뇌과학 협동과정, 연세대학교의 인지과학 협동과정, KAIST의 시스템과학부고려대학교 의과대학의 뇌신경 과학교실, 경희대학교의 노인성뇌질환연구센터 산하 대학원 과정 등이 있음

다. 전반적 기술수준

주요 기술 분야		기술격차 (년)	기술수준 (%)	우리나라의 기술경쟁력		주요연구 분야	신기술 유망 분야
				강점	약점		
신경계의 발생 및 재생	신경계 세포의 분열, 분화, 이동의 이해 및 응용 기술	5	60%	-세포수준의 연구활발	-in vivo 연구 여건미비 -연구인적자원 부족	신경발생/분화	세포 분화법
	신경망 형성의 이해 및 응용 기술	3	70%	-IT, NT 강세	-장비구축미비	신경가소성 전기생리	뇌영상 기법
	신경줄기세포의 발생, 분화 및 응용 기술	1	90%	-선도적줄기 세포응용기술	-분화/응용분야 미약 -후성학적연구 취약	신경세포 재생 재생의학	신경세포 치료
	신경계 재생의 이해 및 응용 기술	2	85%	-세포치료기술	-기초의학분야 미약	신경재생 신경세포 치료	세포이식 기술
분자 및 세포 신경생물학	Omics기술을 이용한 뇌신경계의 이해 및 응용 기술	10	20%	-분자.생화학적 연구기반확립 -바이오산업 육성	-국가적연구 지원정책결여 및 지원미비	Neurogenomics Neuroprotectomics	IT-BT 융합 네트워크
	신경세포 단백질의 기능 해석 및 응용기술	5	55%	-생화학적 기술 축적	-단백질응용 기술미비 -인력및지원 기반약화	신경신호 전달 신경분비 연구	뇌질환 진단예방 기술
	신경계 세포 사멸 기전의 이해 및 조절 기술	3	80%	-기초의학연구 활발	-기초/임상응용 부족	신경세포 사멸 신경세포 분화	신경세포 치료, 유전성 신경질환 치료
	신경계 세포 신호 전달 기전의 이해 및 응용 기술	5	40%	-첨단측정기술 발달	-연구인력부족 -다학제적연결 고리부족	세포신호 전달 신경시스템	신경감각 센서개발
	신경계세포(신경 세포-교세포)간 상호 작용 이해 및 활용 기술	5	30%	-세포생물학 일반기법축적	-학제간연구 부족	신경교세포 발생/분열	교세포 상호작용 측정기술
시냅스가소성 및 신경흥분성	신경전달물질 및 수용체	2	85%	-천연자연물 풍부	-임상실험미비	신경호르몬 /수용체	타겟약물 개발
	이온채널	5	50%	-전기생리학적 기술 축적	-소수의 연구 인력	신경세포 채널 신경가소성	타겟약물 개발
	시냅스 형성, 가소성의 이해 및 응용 기술	5	60%	-분자생물학적 기술축적	-장비취약	신경시냅스 신경가소성	기억학습 증진기법 개발, 만성질환 치료
	신경망 조절 기전 이해 및 활용 기술	3	40%	-첨단네트워크 환경	-전문기술약화	신경망회로	인지능력 향상기법 개발

3. 추진방향 및 전략

- 원천기반기술을 목표로 한 기초 신경생물학에 대한 지속적 투자
 - 세계적 선도·유망 분야에 대한 집중 투자
 - 뇌연구를 위한 맞춤형 인재육성 시스템 구축
 - 기초·원천연구의 유형별 단계별 지원 차별화를 통해 기술 경쟁력 지속적 제고

- 신경계의 통합적 해석으로 미래신산업의 요소기술 마련
 - 분야별 핵심 기초 원천기술 선정 및 연구개발 지원
 - 통합적 해석을 위한 종합관리체제 및 연계시스템 구축
 - 선진국 주도 다국적 대형 뇌연구사업 적극 참여 및 통합시스템 도입활용

- 기초 의과학 및 응용 기술 연결고리 구축으로 전주기성 연구체계 확립
 - 뇌과학 기초 연구의 중개연구 이행 촉진 전략 마련
 - 연구개발의 기초·응용·개발 전주기적 순환구조 마련
 - 뇌연구 분야 치료기술개발의 활성화 및 협력 촉진

- 뇌연구 글로벌 협력체계 강화로 국제경쟁력 제고
 - 통합 리소스 이용을 위한 글로벌 협력체계 강화
 - Omics 기술 종합지원관리 시스템 구축을 통한 뇌연구 및 응용기술 연구 활성화

4. 중점분야 및 로드맵

가. 중점분야

1) 신경재생/재건분야

□ 개요

- 뇌신경계의 형성 및 기능에 대한 생물학적 운영 원리를 규명
- 신경계발생 및 재생, 분자 및 세포생물학, 시냅스 가소성 및 신경흥분성 조절에 관한 전반적 기초 및 응용 기술을 개발하는 연구 분야

□ 중요성

- 신경계 발생, 분화 및 사멸 기전의 이해와 활용기술을 극대화하여 신경 분화 및 세포사멸의 원인을 규명하고 관련 질환 치료의 기반기술을 제공
- 신경재생 기작, 신경줄기세포의 활화기작연구로부터 얻어진 성과들을 활용하여 신경손상 및 퇴행성 질환 치료법 개발
- 뇌신경과학의 최첨단 기기 개발 산업 활성화에 기반한 뇌신경망 형성, 신경다발의 연결강도 등에 대한 연구를 통해 신경손상의 근본적 원인 규명

□ 국내외 현황

- 신경발생학적 연구는 신경회로 형성에 대한 규명에서 줄기세포 관련 분화 연구 분야로 이전
- 제약회사들은 이를 응용하여 신경망 형성과 재생을 위한 세포치료제 연구를 활발히 진행
- 성체신경줄기세포의 존재확인과 이를 이용한 세포치료법의 개발 시도는 재생의학의 성공 가능성을 더욱 높임

□ 기대효과

- 신경세포 분화 과정은 학술적인 관점에서 매우 유용한 정보를 제공하며 신경과학과 의생명 산업전반에 걸친 원천기술 제공의 가능성이 높음
- 특히 줄기세포의 분화 기술 및 신경계 재생/복원 기술 개발에 활용도 높은 연구결과를 도출하리라 예측됨

2) 뇌질환기전분석/신규타겟발굴

□ 개요

- 신경손상과 퇴행성 뇌질환의 병인에 대하여 분자, 세포생물학적 방법론을 통한 근본적 원인기작의 이해와 규명을 도모하며, 새로운 치료기전 및 약물발굴에 기여하는 분야

□ 중요성

- 뇌질환 관련 기초분자생물학적·질환동물모델 연구를 통합하여 우수한 대학 연구진과 제약회사간 공동 연구로 신약개발 가능성 극대화
- 신경발달의 이상 유무를 검색하여 원인에 따른 효과적인 치료기술 및 신약개발을 개발
 - 방대한 뇌의약 시장의 확대에 이윤창출 및 노령화 사회에서의 퇴행성 뇌질환의 극복을 도모하여 궁극적으로 국민 건강 증진에 기여함

□ 국내외 현황

- 재생의학(regenerative medicine)의 등장을 필두로 약물에 의존하지 않고 보다 근원적인 치료법으로서 손상된 신경세포나 신경회로망을 재생 복원시키려는 노력이 확대되는 추세임
- 퇴행성 뇌질환인 알츠하이머와 파킨슨씨병 등의 뇌질환 관련 신약 개발연구가 다국적 제약회사에 의해 비약적으로 이루어짐

□ 기대효과

- 뇌신경계 세포 증식 및 분화조절 기술에 대한 기초기술 확립은 세포치료제 생산의 합리적 방법론을 제시함
- 뇌종양, 다발성경화증 등 면역 불균형성 뇌질환 및 퇴행성 뇌질환 등 난치성 질환 치료제 개발을 통한 국가 경제 활성화 및 건강사회 구현

3) 뇌기능향진/기능향상분야

□ 개요

- 학습, 기억 등 뇌기능에 핵심적인 근본원리인 시냅스가소성과 분자 및 세포 수준에서의 시냅스 기능향진에 대한 기초연구 및 약물개발 분야

□ 중요성

- 뇌는 신체 생명유지와 같은 기본기능과 고위 인지기능 등 다양한 기능을 수행함에도 불구하고, 뇌신경회로의 기능적 최소단위인 시냅스에 관한 연구 분야가 아직 많은 부분 미지의 영역으로 남아있음
- 뇌신경회로의 생물학적 이해, 제어 기술의 개발, 뇌시냅스 기능의 향진 기술개발을 통해 삶의 질을 향상과 노령화의 가속화로 발생하는 뇌기능저하의 극복을 통한 건강한 생활영위의 욕구팽창

□ 국내외 현황

- 전 세계 치료분야별 의약품 시장 동향에서 뇌기능향진을 포함하는 CNS(중추신경계) 관련 시장규모가 꾸준히 증대
- 뇌출혈 등 중추신경계와 심혈관계가 동시에 연관된 질병에 대한 통합적 연구가 활발히 진행 중
- 뇌기능 향진과 관련된 새로운 전사인자 탐색 및 전사 경로 조절 약물 개발을 통해 기억 능력 향상과 학습 및 기억 능력 장애를 치료하는 기술 개발 연구가 활발하게 진행
 - 최근 시냅스 가소성에 대한 연구는 분자적, 세포적 수준에서부터 이미징 및 행동학 연구를 통한 시스템 수준의 연구까지 폭넓게 이루어지고 있음

□ 기대효과

- 뇌기능 조절 메커니즘 규명 및 뇌기능 향진 기술 개발을 통한 고부가 가치 산업의 창출
- 고령화 사회에 따른 뇌질환 관련 치료제 및 치료법에 대한 수요에 부응하는 분야이므로 관련 기술 개발을 통해 산업적 이익이 확대될 가능성이 높음

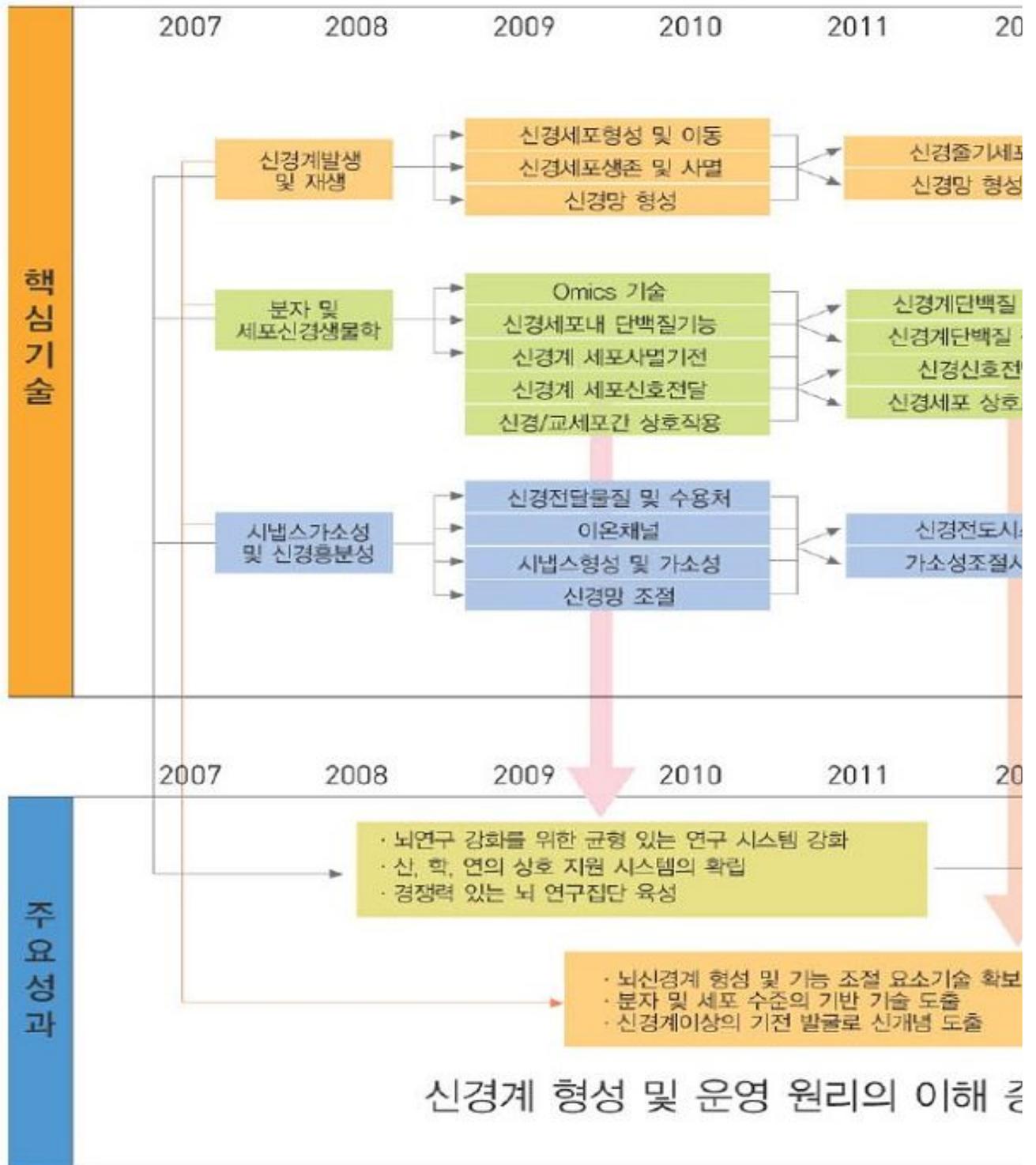
나. 중점추진 과제

구 분		중점 추진 과제
기 술	신경계의 발생 및 재생	○ 신경계 세포의 분열, 분화, 이동의 이해 및 응용 기술
		○ 신경망 형성의 이해 및 응용 기술
		○ 신경줄기세포의 발생, 분화 및 응용 기술
		○ 신경계 재생의 이해 및 응용 기술
	분자 및 세포 신경생물학	○ Omics기술을 이용한 뇌신경계의 이해 및 응용 기술
		○ 신경세포 단백질의 기능 해석 및 응용기술
		○ 신경계 세포 사멸 기전의 이해 및 조절 기술
		○ 신경계 세포 신호 전달 기전의 이해 및 응용 기술
		○ 신경계세포(신경세포-교세포)간 상호작용 이해 및 활용 기술
	시냅스 가소성 및 신경 흥분성	○ 신경전달물질 및 수용체
		○ 이온채널
		○ 시냅스 형성, 가소성의 이해 및 응용 기술
		○ 신경망 조절 기전 이해 및 활용 기술

다. 로드맵

최종목표	신경계 형성 및 운영원리의 이해증진을 통한 활용기술 개발	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌질환 신규타겟 발굴 및 신약개발 촉진 ○ 뇌관련 산업의 원천기술 확보 ○ 지적재산권 확보 및 뇌관련 산업 활성화 	
연구성과 (2008~2016)	1단계 (2008~2012)	2단계 (2013~2017)
핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경계 발생 및 재생 <ul style="list-style-type: none"> - 신경줄기세포 활용, 신경망 형성 조절기전 규명을 통한 관련기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경발생 이해를 통한 신경계 재생 및 복원기술 구축
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분자 및 세포신경생물학 <ul style="list-style-type: none"> - 신경계 단백질 네트워크, 작용 원리 이해 - 신경신호전달기전 및 신경세포 상호조절기전 이해 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경계의 분자/ 세포생물학적 이해를 통한 활용기술구축
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시냅스가소성 및 신경흥분성 <ul style="list-style-type: none"> - 신경전도시스템,가소성조절시스템 이해를 통한 신경전도조절기반 기술 - 뇌기능 조절기반기술 기반마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경계 운영원리 이해를 통한 활용기술 구축
주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌신경계 형성 및 기능조절 기술 확보 ○ 분자 및 세포 수준의 기반기술 도출 ○ 신경계 이상의 기전발굴로 신개념 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌질환 신규 타겟발굴 및 신약개발 촉진 ○ 뇌관련 산업의 원천기술 확보 ○ 지적재산권 확보 및 뇌 관련 산업활성화

라. 추진 로드맵





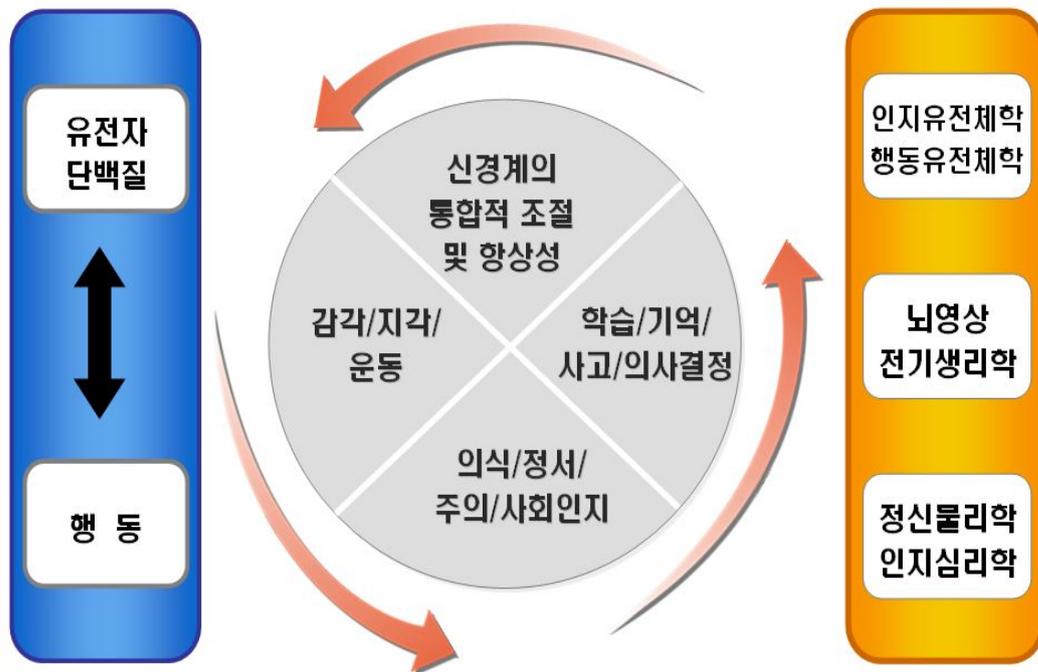
II. 뇌인지 분야

1. 범위와 특성 93
2. 환경변화 96
3. 추진방향 및 전략 111
4. 중점분야 및 로드맵 112

1. 범위와 특성

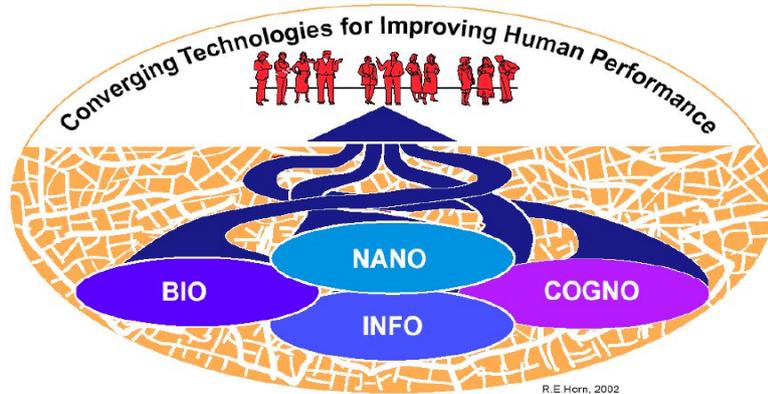
가. 적용범위

- 신경시스템, 행동 및 인지기능의 작용기전을 규명하고 그 응용기술을 개발하는 분야
- 기술 분류는 (1) 감각, 지각 및 운동, (2) 신경계의 통합적 조절 및 항상성, (3) 기억, 사고 및 의사결정, (4) 의식, 정서 및 주의로 분류



나. 특성 및 파급효과

1) 기술의 특성



Changing the societal "fabric" towards a new structure
(upper figure by R.E. Horn)

- 신경시스템, 행동 및 인지 분야는 미래 “융합과학기술 (Converging Technologies)”의 한 축
- 신경시스템, 행동 및 인지가 인간의 정신생활과 복지에 차지하는 중요성이 주지됨
 - 유전자변이 동물 모델 확립은 우울증, 정신분열 등의 질병의 이해 및 치료에 도움이 되는 핵심적인 연구성과를 제공
 - 인간의 정서와 성격과 관련된 두뇌 신경계의 특성이 규명되면서 사회 인지의 생물학적 중요성이 주지됨
 - 약물 중독, 가족관계, 대인 관계, 보상과 같은 인간 심리, 행동 특성의 생물학적 기제의 개인 차이에 대한 연구에 대한 관심 증가
- 인간 컴퓨터 상호작용 (Human-Computer Interaction) 및 Usability Engineering이 이 분야의 주요 초점
 - 로봇틱스가 감각, 지각, 학습, 발달, 언어, 추론, 사회적 인지 및 학습, 정서 등의 고차 기계적 인지기능에 관심 증가
 - 인간-중심 시스템 디자인(User-Centered System Design)을 위해 인간의 지적 능력에 대한 공학적인 응용

2) 파급효과

□ 신경시스템, 행동 및 인지의 과학적 이해는 정신 건강을 증진

- 건강한 생명사회 구현 및 행복지수 향상, 정신 기능 해석에 의한 원천기술 개발
- 호르몬, 신경전달 물질, 기능 신경해부학적 개인차이 이해로 의학적 개입의 효율성 증가
- 신약 개발, 진단 및 치료기술 개발 등에 응용하는 산업화연구로 발전 및 인지신경학적 진단과 치료와 인지기능 향진 기술 제공

□ 미래 신산업 창출

- 인간 컴퓨터 상호작용 (Human-Computer Interaction)에 기반한 신산업 창출
 - BIONICS 기술
 - 산업 시스템 디자인 분야에 원천기술 제공(예; PC, 포함 주변 기기, 휴대폰, 가전제품 등)
 - 멀티미디어 교육개발 분야, 정보통신 분야의 사용자 측면에 관련된 전 분야에 기술 및 지식제공(예, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경)
- 인간-중심 시스템 디자인(User-Centered System Design)을 위해 인간의 지적 능력에 대한 공학적인 응용하고, 시스템의 효과적인 시각, 청각정보의 제시
- 새로운 학문 분야 창출 (예, 행동 경제학)

□ 신경시스템, 행동 및 인지에 기반한 신경과학기술은 인간 친화적인 환경 조성

- 개인의 수행 능력을 극대화 할 수 있는 인간 친화적 산업 환경을 조성
- 인간의 뇌기능 특성에 바탕 한 새로운 효율적 학습 및 교육방식, 이른바 뇌기반 교육의 개발

2. 환경변화

가. 총괄 개요

접근 방법의 다양화

다층적 실험방법들을 수렴적으로 결합한 연구 확산

- 유전학, 전기생리학, 뇌영상, 정신물리학, 의학, 인지심리학 등 다양한 접근방법들을 통합적으로 적용한 연구의 등장 및 확산
- 특정 인지기능을 중심으로 뇌의 신경적 반응과 유기체의 행동 및 경험적 결과를 유기적으로 연결하는 연구의 확산

인지 기능의 통합적 이해

시스템, 행동, 인지기능의 제 분야간 통합적 연구 확산

- 전통적으로 독립적 연구의 대상이었던 개별적 시스템 특성 및 인지 기능들 간의 상호작용 및 통합에 초점을 둔 연구 확산
- 상향적(feedforward), 하향적(feedback) 인지과정 간의 상호작용으로 시스템, 행동 및 인지 현상을 이해하려는 시도 확산
- 인지기능의 통합적 작용의 근간이 되는 두뇌 신경망 규명에 초점을 둔 연구의 발전으로 신경과학, 의과학, 인지과학의 수렴적 이해 필수

동물-인간 모델들간 연결

동물모델과 인간모델 사이의 양방향적 연결이 가능한 기반이 형성되고 있음

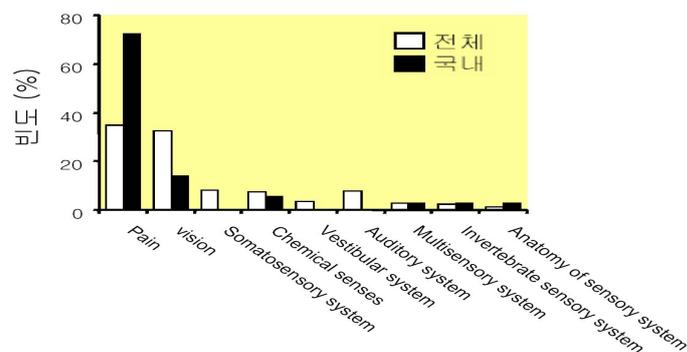
- 동물모델에 기반한 연구 패러다임을 인간모델에 적용하는 연구 확산
- 인간모델에 기반한 연구 패러다임을 동물모델에 적용하는 연구 확산
- 동물과 인간 모델의 호환 적용을 위해 필수적인 두뇌 영상기술의 기반이 성립

나. 주요 분야별 환경 변화

1) 감각, 지각, 운동

가) 세계 동향

- 시지각 및 인지 과정을 고려한 효과적인 정보 양식 고안의 중요성이 세계적으로 주목
 - 인간 수행과 효율성을 높이기 위해 시지각 및 인지 과정을 고려한 정보 양식을 표준화하려는 움직임이 나타나고 있음
- 다양한 수준의 실험 방법들을 사용하여 공통의 시지각 현상에 수반되는 신경적 및 심리적 현상을 측정
 - 원숭이를 대상으로 하는 single-cell recording, 인간을 대상으로 하는 fMRI, MEG의 뇌영상법 등의 실험
- 감각/지각/통증 분야는 인간을 비롯, 영장류를 이용한 연구가 대다수
- 국외 연구는 복합적 감각이라든지 아니면 다른 행동이 감각에 미치는 영향 등 시스템 속에서 지각/감각의 뇌기능을 연구함
 - 신경과학분야 내에서 sensory 및 motor systems에 특화시킨 정책적 지원이 존재하지는 않음
 - 종사자가 가장 많고 실용화관점에서 접근이 유리한 통증조절 기술 분야가 가장 많은 지원을 받는 것으로 보임
 - ※ 출력되는 성과의 상대 비율로 반영되고 있음



나) 국내 동향

- **통증 조절 시스템의 이해 및 조절 기술 분야는 세계적 수준**
 - 국내 10개 내외의 연구 그룹이 있으며 나홍식이 개발한 신경병증성 통증의 신규모델은 세계적으로도 활용도가 높음
 - 유전자적중생쥐: T type Channel Alpha 1G & 1H knock-out mice(신희섭), 통증 수용체의 TRPV1의 분자 구조 및 신호전달연구(오우택)
- **최근 뇌 영상기법 활용과 국외과학자의 국내 유입으로 연구 활성화**
 - KAIST 3T MRI 사용 연구자 층의 확산이 수년간 이루어지며 정부의 연구비가 투자됨
 - 가천의대 7T MRI 도입과 MRI-PET 의 fusion 개발연구팀의 구성으로 국제적 수준이 영상기술 팀의 형성이 시작
 - 다수의 대규모 병원이 PET-CT를 도입하여 고가의 장비를 구축하여 두뇌 연구의 의학적 적용이 이미 국제적 수준에 와있음
- **운동의 조절 시스템의 이해 및 조절 기술, 감각 시스템간의 상호작용 등의 분야에 연구자는 상당히 적고 연구도 미비함**
 - 체계적으로 수준높은 전문 연구 인력을 양성하는 교육제도의 활성화가 요구되며, 이에 따른 지원이 필수적임
- **주요 연구 논문**
 - 외상성 뇌손상 이후에 중추 특이적 통증이 발생함을 환자에서 확인하였으며 환자가 그 통증을 표현하는 능력이 떨어지는 것을 관찰
※ Son BC at al., Pain. 2006 123:210-216
 - H215O brain PET 영상기법으로 단순한 대상의 기억에 관여하는 두뇌 영역이 정상인과 좌반구 측두엽 간질환자, 우반구 측두엽 간질환자에서 어떻게 다른 두뇌 회로의 가소성이 보이는 지를 연구
※ Kang et al., 2002, Neuroreport
 - Motor system에 대하여 시간 및 frequency 분석에 의하여 system 수준으로 접근 가능
※ Kim JS, NeuroImage, 2007

2) 신경계의 통합적 조절 및 항상성

가) 세계 동향

생체시계조절을 통한 질병치료

- 생체시계 조절을 가능하게 하는 약물 개발과 더불어 이를 사용하여 불면증, 정신질환 등을 조절하여 완화시켜보고자 하는 시도가 있음
- 생체시계 유전자들 간의 분자적 네트워크(molecular network) 연구, 다양한 인자들과 생체시계를 유지하기 위한 상호작용에 대한 연구가 진행

스트레스의 뇌기전 및 영향

- 스트레스의 강도에 따른 유익한 측면과 해로운 측면을 연구 및 스트레스 반응에 대한 개인차 연구
- 스트레스를 치료할 수 있는 약제에 대한 연구 및 면역계, 내분비계, 신경계간에 상호작용에 대한 연구

PTSD(외상후스트레스장애)의 기전 연구

- 월남전, 이라크전쟁의 병사는 전쟁 참여 후에 심한 스트레스 장애를 일상생활이 어려움
- 스트레스(정서적 흥분)를 담당하는 편도체의 과활성화가 다른 뇌구조에 미치는 영향

섭식 행동의 뇌기전은 비만과 당뇨 등과 관련이 있고 이를 조절하는 유전자가 발견됨

- 이 유전자의 발현과 단백질 생성을 조절하는 약제가 개발 되었으며 현재 부작용이 적은 약물을 개발하고 있음

성 행동의 이해

- 성별차이에 따른 인지 능력의 차이에 대한 논란이 상당함
- 폐경에 따른 인지력 감소: 호르몬 대체 치료에 논란이 있음
- 노화사회에 따른 성 행동에 대한 관심이 증가함
- 동성애, 사랑(남녀 간에 사랑, 자녀에 대한 사랑) 호르몬 (옥시토신) 등에 연구가 증가함

나) 국내 동향

스트레스 조절 연구

- 만성 심리적 스트레스 및 스트레스성 우울증 마우스 모델 개발 및 연구: 한평림, 오세관, 신희섭 등이 연구
- cAMP 신호전달 과 도파민 수용체 D1과 스트레스 조절 기전의 연관성을 규명(한평림)
- 산업계의 여러 팀이 스트레스 제어물질 개발을 위한 천연물 검색 및 약효규명

섭식장애 제어: 섭식장애 제어를 통한 우울증 치료방법 도출, 스트레스 및 섭식장애를 치료할 수 있는 약제에 대한 연구(장정원)

편도체의 가소성제어를 통한 공포해소 연구(최석우)

주요 연구 논문

- Micro-opioid 수용체 exon2/3 돌연변이 생쥐를 이용하여 micro-opioid receptor는 불안감과 우울증과 같은 감정조절 기능에 중요한 역할을 함을 규명
※ Yoo JH et al., Synapse. 2004 54:72-82
- fMRI로 정상인을 연구하여 표정의 적절성 판단을 하는 동안의 활성화 두뇌 영역을 규명하고 Theory of Mind와의 관련성을 증명
※ Kim et al., Brain Res Cogn Brain Res, 2005
- 임신 생쥐를 이용, 태아시기에 임신부의 스트레스는 신경호르몬의 변화를 초래하여 태아의 스트레스 극복 능력에 영향을 주고 감정조절에 이상을 가져올 수 있음을 밝힘
※ Chung et al., Endocrinology. 2005 146:3202-3210
- Metabotropic glutamate receptor subtype1(mGluR1)이 측면 편도체 (lateral amygdala)에서 학습된 공포기억의 소멸에 중요하나 공포기억 습득에는 중요하지 않음을 밝힘
※ Kim et al., Biochem Biophys Res Commun. 2007 355:188-193
- Adenylyl cyclase5 (AC5)가 opioid 신호 전달에 중요함을, AC5 유전자가 결손 된 생쥐를 사용하여, 보상 행동 실험을 통해 증명
※ Kim et al., Proc Natl Acad Sci USA. 2006 103:3908-3913

3) 기억, 사고 및 의사결정

가) 세계 동향

- 학습/기억 분야는 동물을 대상으로 한 연구가 국외의 경우 28%, 국내의 경우 41%의 비중을 차지
 - 인간과 동물연구의 비율이 다른 분야에 비하여 균형을 이루고 있고, 접근수준 또한 system으로의 편중이 제일 적은 분야임
- 최근 신경경제학 (Neuroeconomics)으로 불리는 새로운 신경과학분야가 대두
 - 시장참여자의 의사결정이 자유시장경제에 미치는 영향이 크기 때문
- 의사결정 분야의 뇌기작 연구 또한 뇌인지기능 연구의 중요과제가 되고 있음
 - 지금까지의 연구는 80%가 인간을 대상으로 한 것이며 대다수가 system level의 연구임을 볼 때, 이 분야는 동물실험 모델 개발이 요구됨
- 주요 연구 논문
 - 유전자의 전사과정에 작용하는 특정 효소 (eIF2alpha kinase GCN2)의 발현 및 기능 조절이 해마 시냅스 가소성과 기억 조절에 관여함을 생쥐를 이용한 유전학, 생화학, 전기생리학, 행동학을 이용해서 규명
※ Costa-Mattioli et al., Nature. 2005
 - 대상(object)에 대한 지식의 서로 다른 감각 특질이 어떻게 결합(bind)되는가에 대한 기전에 대하여 perirhinal cortex가 의미(semantic)차원에서 조절됨을 보여 다중 감각적 특성의 의미적 처리를 파악하는 두뇌 영역이 동물과 인간에서 유사함을 fMRI로 규명
※ Taylor et al., PNAS, 2006
 - 경험을 통한 음식선호가 학습된 후 선택행동에 영향을 미치는 과정에서 관여하는 두뇌 신경망을 규명하여 선호도에 대한 반응과 가치적 반응이 다른 신경망에 의한 것을 증명하여 인간의 선호 행동(preference behavior)의 측면을 연구
※ O'Doherty et al., Neuron, 2006

- 인간의 S-R 학습이 동물과 달리 범주유형에 대한 학습을 획득하는 과정과 그 S-R규칙을 실행하는 사이에 신경망이 달리 사용되고 있음을 규명
※ Boettiger and D'Esposito, J Neurosci, 2005
- 포유동물의 중추신경계의 활화성 시냅스의 주된 신경전달 물질 수용체의 구조를 쥐의 뇌에서 추출한 후, single-particle 전자현미경으로 최초 규명
※ Nakagawa et al., Nature. 2005
- 생쥐 해마로 들어가는 피질부의 마지막 부분이, 장시간 기억을 보관하는 데에 중심역할을 하는 것을 전기생리학과 행동실험 등을 통하여 규명
※ Repmdes & Schuman, Nature. 2004
- 우리의 뇌 속에는 과거에 대한 기억이 단순한 과거 사실 회상에 있지 않고 부분적으로 기억되는 과거 경험, 사건 혹은 사실의 회상을 바탕으로 사람들이 미래에 대해서 다양한 예측을 할 수 있게 하는 부위가 있을 것이라고 추론
※ Dudai & Carruthers, Nature. 2005
- 파리의 뇌구조를 이용하여 척추 동물의 좌뇌와 우뇌의 구조적 비대칭이 기억이 장기간 가능하게 하거나 기억해내는 데에 필요하다고 주장
※ Pascual et al., Nature. 2004
- fMRI 영상기법으로 여러 실험조건 하에서 실제 인간 뇌에서 일어나는 의사결정과정에서 일어나는 과정을 보임
※ McClure et al., Nature. 2004; King-Casas et al., Science. 2005
- 살아있는 원숭이 뇌의 Orbitofrontal cortex (OFC)내의 신경세포의 전기활동을 측정하여, 이 지역의 신경세포들이, 상품의 가치에 대해 판단을 내리는 과정에 관여함을 보여줌
※ Padosa-Schioppa & Assad, Nature. 2006
- Slot-machine 게임 중에 사람 뇌의 활성을 fMRI로 측정하여, frontopolar cortex가 탐험과정 중에 관여될 가능성 제시
※ Daw et al., Nature. 2006

나) 국내 동향

- 발표된 논문의 질과 수에 비교해 볼 때, 이 분야의 수준은 최고의 경쟁력을 보임
- 국내에 **MEG center**(서울대학교 병원) 및 고자장 **MRI(7T) center** 등 국내 기능영상연구를 위한 인프라가 확립되기 시작
- 주요 연구 논문
 - 신경세포의 시냅스내 신경물질의 분비 및 재흡수 관련한 Spin90 단백질의 역할을 실시간 세포 이미징을 통해 보여줌
※ 장성호, 2005, J Neuroscience, 광주과학기술원
 - 시냅스가소성에 핵심적인 기능을 담당하는 PSD95 결합 단백질을 다수 동정하고 그 기능을 분석
※ 김은준, 2004~2005, Neuron 및 J Neuroscience 등, KAIST
 - 균소를 이용하여 신경가소성 조절에 관련한 신규 유전자(ApLLP)를 발굴, 이에 의한 전사 조절 기전을 밝힘
※ 강봉균, 2005, Neuron, 서울대
 - 영국과 공동으로 신경가소적 변화에 관여하는 muscarinic receptor의 신규 역할 규명
※ 오석배, 2005, Nature Neuroscience, 서울대
 - 세계에서 두 번째로 뇌기능 향상 생쥐(Smart mouse)를 확립
※ 신희섭, 2004, Neuron, KIST
 - H215O brain PET 영상기법으로 언어처리 과정의 감각 modality간에 어떤 상호작용이 일어나는 지를 보이고 cross-modal 특성의 특이성을 증명
※ Kang et al., NeuroImage, 2006
 - 한국어와 영어의 이중국어 사용자를 fMRI로 연구하여 한국어의 문법 구조의 복잡성과 관련하여 두 언어 사이에 차이가 나는 유형을 발견
※ Suh et al., Brain Res. 2007

- 한국어 읽기 처리의 특성을 fMRI를 이용하여 규명하여 음성학적 특징과 시각적 특성 처리 관련 영역을 규명

※ Yoon et al., Int J Neurosci. 2005

- 한국인의 표음문자(한글)와 표의문자(한문) 처리의 차이가 stroke 환자 사이에게 선택적으로 영향을 두 문자 처리 체계의 차이를 보임

※ Kwon et al., Eur Neurol 2005

- fMRI를 이용하여 도구 사용과 관련된 행동의미 지식을 처리하는 데 관여하는 두정피질의 두뇌 영역을 정상인에게서 규명

※ Choi et al., Exp Brain Res 2001

- 인공와우관 이식후 청력획득 전농아동들 또는 성인 전농환자의 청각언어 습득 성공여부를 예측할 수 있는 신경망을 연구하여 언어 획득과 관련된 시청각 언어 처리 경로의 두뇌 가소성을 PET을 통하여 규명. 다수의 국제적 수준의 연구가 활발하게 보고됨

※ Lee et al., Cerebral Cortex, 2006, Kang et al., 2004, NeuroImage, Lee et al., J Nuc Med 2003)

□ **System level**의 국내문헌이 국외에 비하여 부족한 것으로 나타남

- 원인의 한가지로 학습/기억의 연구가 주로 유전학과 in vitro slice physiology에 의존한 cellular/network level의 연구에 치중됨

□ 살아있는 동물에서의 **network/system level** 연구가 보완될 필요

□ 언어/사고/의사결정에 관한 국내 관련 논문이 한건도 검색 되지 않았음

- 이 분야는 국내에서는 아직 시작조차 되지 않은 단계
- 국외의 연구가 인간을 이용한 시스템 수준임을 감안할 때, 적절한 동물 모델을 개발하고 이를 Network/cellular/molecular level에 역점을 둔 신경기저 연구를 장려하는 것이 국외 경쟁력을 키우는 것임

4) 의식, 정서 및 주의

가) 세계 동향

□ 의식/수면 분야는 뇌인지기능 연구 궁극의 미스터리 분야임

- 세계 학계에서는 이를 인지하여 2005년 Nature에서 Sleep에 관한 특집호가 출간됨
- Science는 2005년 125주년 특집호에서 “의식의 생물학적 기전”을 현대 과학의 중요한 물음 가운데에 하나로 꼽은 바 있음

□ 인간 피험자 뿐 아니라 영장류와 기타 실험동물을 이용한 관련 현상 및 기저 메커니즘에 관한 연구가 지속적임

- 주의집중 분야는 주로 인간 피험자를 대상으로 뇌영상 기법을 통하여 관련 구조물을 구분해 내는 연구들이 다수를 차지
- 동물 연구의 경우, 관련 구조물의 세포, 분자적 특성 및 뇌구조물들의 네트워크 활동성 등을 간접적으로 규명하는 연구들이 다수를 차지

□ 주요 연구 논문

- 특정 수면단계에서 대뇌피질의 정보가 피질간 연결을 통해 주변 영역으로 전파되지 않음으로 인해 수면시 의식의 차단을 초래하는 것을 수 있다는 연구결과를 제시함

※ Massimini M et al., Science. 2005 309:2228-2832

- REM 수면을 On-Off을 조절하는 스위치가 뇌간의 PAG와 mesopontine tegmentum의 상호 억제작용을 통하여 이루어짐을 밝힘

※ Lu J et al., Nature. 2006 441:589-594

- 수면시 나타나는 ‘slow oscillations’ 상태에서의 대뇌 피질과 해마 네트워크 간의 시/공간적 상태 및 활동성을 구분하여 밝힘

※ Isomura Y et al., Neuron. 2006 52:871-582

- 시각자극에 대하여 주의/부주의 상태간 전이시 외측슬상핵 세포들의 급격하고 유의한 활동성 변화가 일어남을 밝힘

※ Bezdudnaya T et al., Neuron. 2006 49:421-432

- 주의집중 및 작업기억 인지기능을 관장하는 전전두피질로 도파민을 투사하는 복측 피개야의 도파민성 뉴런들이 카파오피오이드 수용체 길항제에 의해 선택적으로 조절됨을 규명
 - ※ Margolis EB et al., 2004 PNAS 103:2938-2942
- empathic pain을 겪느냐 아니면 empathic 쾌감을 느끼느냐는 그 사람이 게임의 규칙을 잘 지키는 사람인가 아니면 속임수를 쓰는 사람인가 라는 관찰/감지된 "fairness"에 따라 좌우됨을 economic game 실험과 fMRI를 통하여 입증
 - ※ Singer et al., Nature. 2006 439:466-469
- 다른 사람의 통증에 대해 느끼는 Empathy에는 오로지 감정적 뇌부위만의 활성이 관여하며 감각 뇌부위는 관여하지 않음을 fMRI로 보임
 - ※ Singer et al., Science. 2004 303:1157-1162
- Social dominance를 위한 싸움을 격리 탱크를 통해 관찰시키는 방법으로 실험해 보니, 일부 영장류 설치류 조류뿐 아니라 A. burtoni 수컷 물고기도 transitive inference (3단 논법)를 통하여 사회적 서열을 논리적으로 유추해 낼 수 있음을 발견함
 - ※ Grosenick et al., Nature. 2007 445:429-32
- 생쥐에게도 empathy 능력이 있음을 보여줌
 - 생쥐가 통증을 느낄 때, 낯익은 cagemate가 눈앞에서 함께 동시에 통증을 겪는 경우 반응이 훨씬 커지며, stranger 생쥐로 실험할 경우 반응 증가가 일어나지 않음을 입증
 - ※ Langford et al., Science. 2006 312:1967-1970
- 사회적 원생동물인 dictyostelium purpureum 아메바에서도 동족 인식에 의존한 동족선호 행동이 일어남
 - 동족끼리 한 집단으로 모여 동족집단에게만 선택적 유익이 일어나게끔 하여, 한정된 자원 환경 하에서 집단의 생존을 돕는 생존적 기능이 있음을 보임
 - ※ (Mehdiabadi et al., Nature. 2006 442:881-882
- 5-HTT 돌연변이 생쥐가 반복적인 스트레스에서 우울증 관련 행동을 보였는데, 이는 비정상적인 형태의 infralimbic cortex와 basolateral amygdala에 의한 것임을 밝힘
 - ※ Wellman et al., J Neurosci. 2007 27:684-691

- 5-TTLPR 다형성 (polymorphism)이 인간 뇌의 cingulate- amygdala 상호작용에 영향을 주어 우울증을 일으킬 수 있음을 multimodal neuroimaging 기법을 이용하여 보임
 - 복잡한 유전적 관련성에 놓여있는 정서의 뇌신경기작을 밝혀냄
 - ※ Pezawas, et al., Nat Neurosci. 2005 8:828-834
- Serotonin (5-HT)은 감정조절에 중요한 신경전달물질로서 최근 5-HT2A 수용체 돌연변이 생쥐가, 우울증과 공포조건화 (fear-conditioned)와 관련된 행동과는 무관하게, 오직 불안감 관련 행동(anxiety-like behavior)에 관련되어 있음을 밝힘
 - ※ Weisstaub et al., Science. 2006 313:536-540
- PKA, MAPK 그리고 MSK1(CREB kinase)들이 해마세포에서 같이 활성화되며 이것이 공포기억 형성에 중요함을 밝힘
 - ※ Sindreu et al., Neuron. 2007 53:79-89
- Ubiquitin C-terminal hydrolase L1(Uch-L1)이 시냅스 및 인지기능에 중요하며, Uch-L1이 Alzheimer's disease (AD) 생쥐모델에서 보이는 공포기억 형성 장애를 극복시킴
 - ※ Gorig et al., Cell. 2006 126:775-788
- 인간을 대상으로 도파민을 분비하는 세포를 활성화시키거나 (3,4-dihydroxy-L-phenylalanine; L-DOPA) 약화시키는(haloperidol) 약물을 사용하여, 도파민에 의한 선조(striatum)의 활성화조절이 보상 예상(reward prediction)에 중요함을 직접적으로 밝힘
 - ※ Pessiglione et al., Nature. 2006 442:1042-1045
- Dopamine beta-hydroxylase(DBH, NE 합성에 필요한 효소)가 결손된 생쥐에서, 몰핀에 의해 유도된 공간 조건화 선호실험(conditioned place preference, CPP)을 통하여, tractus solitarius 신경세포에서의 NE 신호 전달이 몰핀 보상에 필요함을 증명
 - ※ Olson et al., Science. 2006 311:1017-1020

나) 국내 동향

□ 의식/수면 분야에 관한 국내 연구는 수적으로 매우 빈약한 실정

- 대부분 임상 연구이거나 인간을 피험자로 한 현상 연구에 불과하지만, 국내 수면 임상연구는 국제적임

□ 주요 연구 논문

- 주의집중 등의 주요 인지 기능을 담당하는 전두엽-두정엽 네트워크에서 후두정엽 활동성 증가가 청소년기의 지능 향상에 기여함을 밝힘
※ Lee KH et al., 2006 Neuroimage 29:578-586
- 주의집중과 작업기억 간의 상호작용에 관한 새로운 이론 규명
※ 김민식, 2005, PNAS, 연세대
- PLCb-1 유전자 적중 생쥐를 이용하여 다양한 뇌인지기능과 관련된 해마-췌타리듬의 다양성을 밝힘
 - PLCb-1 유전자가 REM 수면시 나타나는 췌타리듬에 관여함을 밝힘
※ Shin J et al., 2005 PNAS 102:18165-18170
- T-타입 칼슘채널 $\alpha 1G$ 유전자 적중 생쥐를 이용하여, 이 유전자가 NREM 수면시 나타나는 델타리듬과, 수면상태 유지에 관여함을 밝힘
※ Lee J, Kim D, Shin HS 2004 PNAS 101:18195-18199
- 시각 선택 반응 실험을 통하여 뇌의 상구 신경세포가 표적 선택 및 공간 선택 조절 등의 인지 신호 처리에 있어, 시각 자극에 의해 유발된 반응 조절기능 대신 상구 신경세포 자체가 인지 신호 처리에 직접적으로 관여함을 밝힘
※ Lee KM, Keller EL 2006 J Neurophysiol. 95:3585-3595
- Micro-opioid 수용체 exon2/3 돌연변이 생쥐를 이용, micro-opioid receptor는 불안감과 우울증과 같은 감정조절기능에 중요한 역할을 함을 규명
※ Yoo JH et al., Synapse. 2004 54:72-82
- 강박-충동장애 환자의 경우 symptom을 유발시키기 전후로 작업기억 관련 신경망의 변화를 H215O brain PET 영상기법 발견, 작업기억의 신경망이 정서와 상호작용함을 증명
※ Shin et al., Acta Psychiatr Scand, 2006

- fMRI로 정상인을 연구하여 얼굴 표정의 적절성에 대한 판단을 하는 동안 활성화되는 두뇌 영역을 규명하고 Theory of Mind와 관련성을 증명
 - ※ Kim et al., Brain Res Cogn Brain Res, 2005
- 임신한 생쥐를 이용하여, 태아시기에 임신부의 스트레스는 시상하부-뇌하수체-부신(HPA-axis)으로 이어지는 신경호르몬의 변화를 초래하여 태아의 스트레스를 극복할 수 있는 능력에 영향을 주어 불안감과 같은 감정조절에 이상을 가져올 수 있음 밝힘
 - ※ Chung et al., Endocrinology. 2005 146:3202-3210
- Metabotropic glutamate receptor subtype1(mGluR1)이 측면 편도체(lateral amygdala)에서 학습된 공포기억의 소멸에 중요하나 공포기억 습득에는 중요하지 않음을 밝힘
 - ※ Kim et al., Biochem Biophys Res Commun. 2007 355:188-193
- Adenylyl cyclase5 (AC5)가 opioid 신호 전달에 중요함을, AC5 유전자가 결손 된 생쥐를 사용하여, 보상 행동 실험을 통해 증명
 - ※ Kim et al., Proc Natl Acad Sci USA. 2006 103:3908-3913
- 엄마쥐와 떨어져서 성장한 쥐들의 시상하부에서 멜라토닌이 NADPH-diaphorase 활성을 높이는 경향이 있음을 보임
 - ※ Kim et al., Neurosci Lett. 2006 394:111-116
- 새끼 거미들이 처음부터 자신들이 만든 거미줄망을 사용하기 보다는 어미로부터 물려받은 거미줄망으로 일단 살아가는 것을 배우는 것이 생존에 중요함을 보임
 - ※ Kim, C R Biol. 2005 328:89-95
- Small world network에 있어서 이타행동의 역학에 관한 연구
 - ※ Jo et al., Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys. 2006 74:026120

다. 전반적 기술수준

주요 기술 분야	기술 격차 (년)	기술 수준 (%)	우리나라의 기술경쟁력		주요 연구 분야	신기술유망 분야
			강점	약점		
뇌 영상화 기술 (PET 등) - hardware	5	60	공학적 기능영상 수준이 국제적임, 병원으로 중심으로 상당한 시설 투자	대규모의 연구장비의 체계적인 인프라의 지원이 부족, Marketing 능력 부족	전체분야, Converging Technologies	의공학, 물리학, 인간의 지적/정서적 개인차이의 두뇌 신경계의 차이 규명
뇌 영상화 기술 (PET 등) - softwareware	3	70	병원으로 중심으로 상당한 시설 투자	융합 과학인력 부족	Converging Technologies	System Neurosciences
유전자적중생산기술	0	100	최고수준	표현형 분석 연구자가 적음	기억, 통증	
동물 뇌의 영상화	5	40	시설을 가추기 시작	연구 인력 부족	학습/기억/정서, 의사결정	신약 효능 검증 및 기전 연구
동물 행동 측정 기술 (설치류)	0	90	최고 연구수준	연구 인원이 소수	학습/기억/정서	마이스 행동 측정기술
설치류 동물 시설 및 관리	0	100	최고 수준	연구비가 작음	학습/기억/정서	신약 개발을 위한 동물 모델
영장류 인지 측정기술	10	10	없음	연구인력이 적음	시각, 의사결정, 언어	의식
영장류 인지 시설	3	10	시작 단계	시설이 부족함. 연구비 지원이 안됨	시각, 의식, 의사결정, 언어	컴퓨터와 뇌와의 연결

3. 추진방향 및 전략

- **신경시스템, 행동 및 인지기능의 생물학적 기전에 관한 다학제적 접근방법을 유기적으로 결합한 연구 장려 및 구축**
 - 교육기관과 연구기관에 학제간 프로그램 개발 및 장려
 - 학문간 경계선을 사라지게 함
 - ※ 예시 : 문과와 이과의 경계
 - 다학제간 접근을 기초로 한 연구지원 확대
 - 학제간 교류를 하는 학술행사 및 학회 지원
 - 뇌 인지적 기능에 기반한 교육 확대로 학제간 교육의 중요성을 증진시킴
- **신경시스템, 행동 및 인지기능에 기반한 원천기술을 확보하여 미래 신산업 창출 기반 마련**
 - 인간의 능력을 극대화하기 위한 기초 연구
 - Human cognome project 시행
 - 인간의 존엄성과 장수를 가진 노화 연구
 - 나노과학과 연계
 - 감각능력과 기능을 향상 시키는 연구
 - 인지공학 분야 육성
- **인지과학이 생물학기전과 뇌공학 응용기술로의 적극적 활용을 위한 연결고리 구축**
 - 뇌와 기계 고리 제공 (Brain-machine interfaces)
 - 신경형태 엔지니어링 (neuromorphing engineering)
 - 장애인의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 도구/장비 개발을 위한 원천적 기술 연구

4. 중점분야 및 로드맵(기술, 인프라)

가. 중점분야

1) 감각, 지각, 운동

□ 개요

- 체감각, 통증 조절, 운동의 조절 및 시각, 청각, 후각, 미각, 주의, 집중 조절 통제 기전의 이해 및 제어 기술 기능을 밝히는 학문 분야
- 다층적, 수렴적 접근은 신경기제와 감각, 지각 경험의 관계를 수립 하는데 유리
- 동물연구의 성과와 인간연구의 성과를 연결 비교할 수 있는 기회를 제공함으로써 감각, 지각의 신경기전의 통합적 이해에 기여할 것임

□ 중요성

- 감각 장애를 극복할 수 있는 인공적인 장치, 유전공학적 기술은 감각 장애인, 노인 보조 감각도구, 로봇 사업에 중요함
- 통증조절인자, 신규진통약물 탐색은 제약회사의 중점 사업임

□ 국내외 현황

- 역시 통증 분야에서 시장규모가 매우 빠르게 성장하고 있음
 - 기술발전은 개발-도입-성장-포화-쇠퇴의 5단계로 구분하였을 때 현재 개발기로 볼 수 있음
- 통증시장은 전 세계 약 3억이 넘는 통증 환자수와 통증의 만성화 경향으로 진통제는 천문학적인 의약품 시장을 형성할 것으로 추정됨

□ 기대효과

- 진통제 개발의 원천적 기술 제공
- 물리치료, 작업치료, 감각치료 기술 개발의 기술 제공
- 감각 장애에 치료에 대한 기전 및 새로운 기술 제공

2) 신경계의 통합적 조절 및 항상성

□ 개요

- 신경계, 내분비계, 면역계, 순환계 등이 어떻게 상호 작용을 하며 이해하고 종합적인 시스템으로서 이해
- 생체주기, 스트레스, 생체주기, 섭식 행동, 성 행동, 수면의 이해 및 제어 기술의 기전 및 장애 제어를 연구하는 분야

□ 중요성

- 호르몬 및 항상성 등 신경시스템 항상성에 대한 분자생물학적 원리가 규명됨에 따라 실용화 가능성이 향상
- 새로운 연구 분야가 많고 활용 가능성이 높음
- 빈번한 여행, 과도한 업무 등으로 현대인의 생체주기는 손상을 받고 이는 스트레스, 우울증으로 이어짐
 - 면역계의 이상을 초래하고 많은 질병에 취약하게 함

□ 국내외 현황

- 생쥐의 생체주기의 행동 표현성은 뚜렷하고 분명하여 생체주기에 대한 기전은 알려져 있고 이를 통제하는 약물이 개발되고 있음
- Postech에 김경태 교수는 생체주기의 분자 생물학적 기전에 대한 좋은 연구를 발표함: 이를 기초로 우울증 치료제로 개발하고 있음
- Jet-lag에 따른 스트레스가 기억 상실을 일으킨다는 보고가 이에 대한 과학적인 규명을 하고자 함

□ 기대효과

- 생체주기, 스트레스, 우울증에 대한 의약품 개발 및 진단
- 스트레스는 모든 병의 근본임으로 이를 통제하는 여러 치료 기술이나 통제 기술은 국민의 건강 유지와 질적인 삶에 기여할 것임

3) 기억, 사고 및 의사결정

□ 개요

- 학습과 기억의 신경실체의 규명과 분자생물학적 기전을 밝히고 학습과 기억에 미치는 내적/외적 요인
※ 예 : 노화, 환경, 스트레스, 정서, 동기 등의 작용 이해를 추구하는 분야
- 언어, 사고, 추론의 기전의 이해 및 의사결정의 뇌기전의 이해를 연구하는 분야

□ 중요성

- 최대의 신경과학자가 기억의 형성, 소거, 인출 등에 대한 생물학적 기전의 규명하는 분야를 연구하고 있음
- 기억력 상실은 신경/정신 질환 환자의 공동 증상이며 기억 관련 제약 산업은 최대의 시장이 될 가능성이 있음
- 인간의 고위 기능(언어, 사고, 추론, 의사결정 등)은 미래의 새로운 연구 분야임

□ 국내외 현황

- 학습과 기억의 분자 생물학적 기전 규명은 유전자적중생쥐모델기법으로 새로운 도약을 함
- 일부 유명 과학자(예, Eric Kandel, 노벨수상자)는 기억(memory라는 회사)을 만들어 기억을 향진시키는 약물을 개발하고 있음
- 뇌영상기법으로 인간의 고위 기능 연구가 고도의 성장을 보임
- 의사결정 분야는 동물모델과 인간 뇌영상 연구로 기억에 이어서 신경생물학자의 관심을 이끌고 있음
- 국내에도 최고의 과학자가 기억을 연구하고 있음
※ 신희섭, 강봉균, 김은준 등

□ 기대효과

- 기억 관련 약 개발의 원천적 기술을 제공
- 미래의 신 연구 분야를 창조

4) 의식, 정서 및 주의

□ 개요

- 의식, 주의, 집중 등을 과학적으로 연구하고 뇌기전을 밝히는 분야
- 희노애락 (정서)의 뇌기전의 밝히고 분자 생물학적 기초를 밝히는 연구 분야

□ 중요성

- 주의나 집중에 대한 연구는 교육 프로그램에 중요한 기초적 기술을 제공함
- 희노애락의 추구 및 통제는 삶의 질을 결정함
- 의식분야의 연구는 미래에 개척해야 할 영역
- 신경/정신적 질환의 공통적인 특징은 정서의 불안정임

□ 국내외 현황

- 최근에 정서가 (특히 공포, 불안 등) 다른 인지 기능 (기억, 의사결정, 실행 등) 에 미치는 영향을 집중 연구함
- 의식의 과학적 연구가 가능하게 되었음
- 이 분야에 과학자가 국내에 들어나 수준 높은 연구를 진행하고 있음

□ 기대효과

- 정서적 통제와 추구의 인간의 질적인 삶을 결정함
- 신경안정제 개발 및 불안, 공포 등의 통제에 대한 원천적 기술 제공

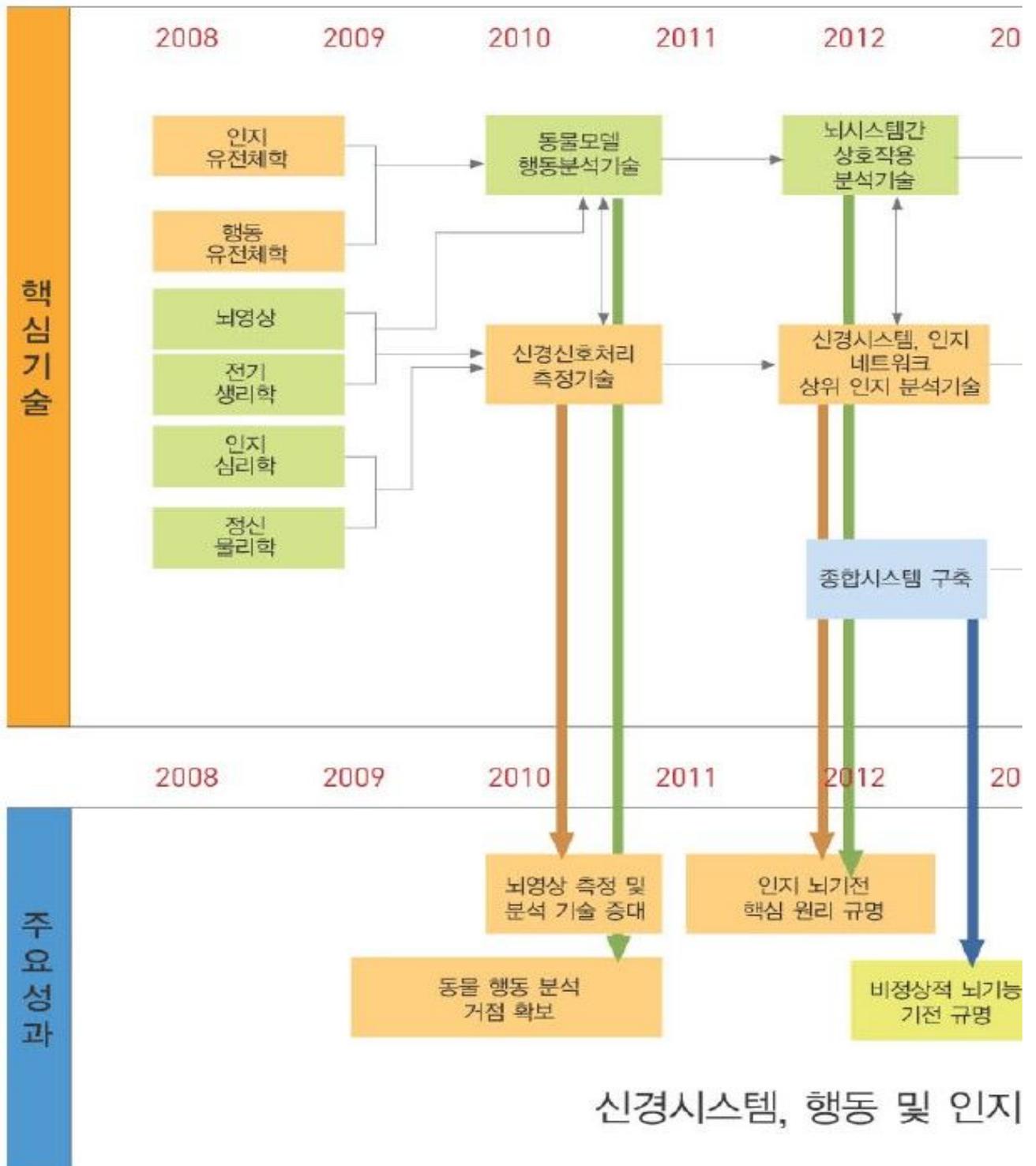
나. 중점추진 과제

구 분		중점 추진 과제
기술	감각, 지각, 운동	○ 체감각, 통증 조절 시스템의 이해 및 조절 기술
		○ 운동의 조절 시스템의 이해 및 조절 기술
		○ 시각, 청각, 후각, 미각 조절 시스템의 이해 및 조절 기술
		○ 감각시스템간의 상호작용
	신경계의 통합적 조절 및 항상성	○ 신경계, 내분비계, 면역계, 순환계의 상호작용의 이해 및 제어 기술
		○ 생체주기, 스트레스, 생체주기의 이해 및 제어 기술
		○ 섭식 행동, 성 행동의 이해 및 제어 기술
		○ 수면의 기전 및 장애 제어 기술
	기억, 사고 및 의사결정	○ 학습/기억의 신경계 조절 기전의 이해 및 제어 기술
		○ 학습/기억에 미치는 내적/외적 요인 (예, 노화, 환경, 스트레스, 정서, 동기 등)의 작용의 이해 및 제어 기술
		○ 언어/사고/추론의 기전의 이해 및 제어 기술
		○ 의사결정의 기전의 이해 및 제어 기술
	의식, 정서 및 주의	○ 의식 발현 및 조절 기전의 이해 및 제어 기술
		○ 정서 (공포, 불안, 즐거움, 보상 등) 조절의 이해 및 제어 기술
		○ 사회적 인지의 기전의 이해 및 제어 기술
		○ 주의, 집중 조절 통제 기전의 이해 및 제어 기술

다. 로드맵

최종목표	신경시스템, 행동 및 인지기능의 원리 규명 및 향진	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경시스템과 인지기능 신경생물학적 이해 ○ 인간 수행 최적화 및 건강한 뇌인지 사회 구현 	
연구성과 (2008~2016)	1단계 (2008~2012)	2단계 (2013~2017)
핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인지/행동 유전체학 - 뇌시스템간 상호작용 분석기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다중유전자 분석기술, 유전자와 환경분석 기술 ○ 뇌인지기능 향진 기술
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌영상, 전기생리학 ○ 인지심리학, 정신물리학 - 신경시스템, 인지네트워크 상위 인지분석기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌인지 기능 예측 기술 ○ 인간인지 뇌지도 완성
주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌영상 측정 및 분석기술 ○ 동물행동 분석 거점 확보 ○ 인지 뇌기전 핵심 원리 규명 ○ 비정상적 뇌기능 기전규명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 바이오칩/신약개발 ○ BIONICS 원천기술 ○ 뇌기반 지능형 시스템 원천기술

라. 추진 로드맵





기능의 원리 규명 및 향진

Ⅲ. 뇌신경계 질환 분야

1. 범위와 특성	123
2. 환경 변화	130
3. 추진방향 및 전략	142
4. 중점분야 및 로드맵	143

1. 범위와 특성

가. 적용범위

- 뇌의 구조 및 기능상의 결함 등에 기인한 신체적 정신적 질환 및 장애에 대한 원인 규명과 이의 진단, 치료, 예방에 관한 학문
- 기술분류는 크게 만성퇴행성, 급성신경계 손상, 정신성 및 중독, 감각이상 및 통증, 경련성, 발달장애 및 기타 뇌질환으로 분류



나. 특성 및 파급효과

1) 기술의 특성

□ 만성 퇴행성 질환

- 퇴행성 뇌질환 치료제는 아직까지 질병의 진행을 막거나, 일시적인 치료효과를 보이는 치료제만 있으며 좀 더 개선된 치료제가 요구됨
- 치매치료제는 크게 acetylcholinesterase inhibitors(ACEIs)와 NMDA 수용체 길항제로 대표될 수 있음
- 파킨슨병의 경우 심부뇌자극수술법으로 국내외에서 시술되고 있으나, 모든 환자에게 보편적으로 적용이 어렵고 아직 치료효과의 작용기전이 알려져 있지 않음

□ 급성 뇌손상

- 수일 안에 걸쳐 뇌와 척수에 비가역적 손상을 일으키는 질병들
- 뇌졸중, 뇌외상, 척수외상, 경련, 저혈당 및 저산소증 등 대사성 이상, 그 외 신경독성물질에 의한 뇌손상 등을 포함함
- 신경세포의 사멸-재생이 어려움, 영구 장애 초래
- 질병의 예방, 신속한 진단과 함께 초기 신경세포의 손상을 완화시키는 치료, 회복기 재생을 도와주는 치료 등이 절실히 요구됨

□ 경련성 뇌질환

- 간질은 경련이 반복적, 만성적으로 나타날 때 간질로 진단함
 - 간질적 경련은 뇌조직이 전기생리학적 이상으로 인해 신경세포의 갑작스럽고 과도한 이상 흥분상태가 발생하는 상태임
- 간질의 경우 외과적 조치로 약 70%의 환자의 상태를 호전시킬 수 있음
- 대부분의 난치병 발작은 뇌의 한부분에서 시작되므로 경련부위를 제거하는 간질병소 제거술을 실시함
- 외과적 조치의 혜택을 볼 수 없는 약 30%의 난치성 환자를 치료하기 위한 약물 개발이 진행 중임

□ 정신질환

- 정신질환의 원인에는 생물학적, 심리적, 사회적 요인이 있음
 - 1950년대 항정신병약물로서의 클로로프로마진의 개발을 계기로 뇌신경세포의 수용체에 작용하는 다양한 약물들이 개발되면서 생물학적 질환으로서의 정신질환의 중요성이 부각되었음
- 자살을 세계 1위로 우리나라에서 정신질환의 사회적 문제가 심각함
 - 타선진국에 비해 정신질환에 대한 올바른 뇌과학적 이해보다는 사회적 편견이 만연
- 정신분열병의 경우 약물치료로 약 70%가 호전되고 우울증의 경우 약 60%가 호전될 정도로 정신질환의 생물학적 치료의 역할이 증가
 - 원인은 아직 미상이고, 뇌 병소의 정확한 위치 또한 아직 불명
- 생명과학기술의 비약적인 발전을 바탕으로 정신병리의 생물학적 표지자 (biomarker)를 규명하고자 하는 연구들이 전세계적으로 활발하게 진행
 - ※ 정신병리의 생물학적 지표 중에는 주의력, 작업기억 등 정상 뇌기능을 반영하는 지표들을 포함
- 최근 정신분열병 환자의 인지기능을 향상시키기 위한 약물들의 개발이 진행
 - 정신질환의 치료약물 뿐 아니라 뇌기능의 향상을 위한 약물의 개발도 이루어지고 있음

□ 통증 질환

- IASP에서는 통증을 “실질적 혹은 잠재적 조직 손상과 관련된 혹은 이러한 손상에 의하여 형성되는 불쾌한 감각적 그리고 정서적 경험”으로 정의
 - ※ IASP : 국제 통증연구 연합(International association for the study of pain)
- 통증은 염증 혹은 질병과 손상에 의한 신경계의 변화가 대뇌에 전달될 때 경험하는 증상으로 대뇌에 조직 손상이 발생했음을 경고하는 감각 경험임

- 일반적으로 염증이나, 손상이 회복되면 통증은 감소하고 궁극적으로 소멸되지만, 일부의 경우 사라지지 않고 만성 통증으로 발전함

□ 뇌발달 장애 및 유전성 뇌질환

- 정신활동 및 운동능력에 심각한 증상을 초래되는 뇌발달 장애는 다운증후군, 자폐증, 뇌성마비, 정신지체, 학습장애 등의 질환을 총칭하여 일컫음
- 정신지체의 원인은 현재 200여 가지가 보고되고 있으나, 약 30~40%의 경우는 현재까지 원인이 불분명함

※ 유전, 임신중 태내이상, 감염 및 외상, 또는 환경 및 심리적 요인 등

- 유전적 이상이나 임신중 태내이상에 의해 초래되는 정신지체는 그 원인의 조기 발견 및 이에 따른 적절한 치료가 매우 중요함
- 현재 뇌발달 장애의 병인 연구 및 치료법 개발은 전혀 이루어 지지 않고 물리치료 등을 통한 증상 완화 수준에서 머물고 있는 실정임
 - 뇌졸중, 노인성 치매, 파킨슨 병 등과 같은 급행 및 퇴행성 뇌질환의 연구 및 약제, 치료기술 수준과 비교해서 미미한 수준임
- 대표적인 유전성 뇌질환인 다운증후군은 2000년 기준, 미국에 35만 명, 국내에 4만 5천명의 환자가 발생
 - 향후 10년간 환자 수는 2배 이상으로 증가될 것으로 추산되며 특히 고령, 노령 출산이 증가함에 따라 유전성 뇌질환의 발생 가능성이 높아질 우려가 있음

※ 유전성 뇌질환의 예 : 다운증후군 등

- 인간 게놈 프로젝트 완성 및 유전학적 연결연구를 통해 21번 염색체의 다운증후군 외에 알츠하이머병, 조울증 등 주요 유전자가 밀집되어 있는 것이 밝혀짐
 - 향후 새로운 뇌질환 치료제 개발의 이론적 토대를 마련하기 위한 기술 개발 수요증가가 예상됨
- 정신지체에 대한 새로운 원인 유전자가 밝혀지고 있으나, 아직까지 효과적인 진단, 치료, 억제제 기반기술이 개발되지 않고 있음

□ 중독 질환

- SNP, pharmacogenetics 등의 기술로 중독 질환과 관련된 유전적 측면에 대한 이해 및 치료성공률 개선
- 신경재생과 관련된 혈액 표적인자 평가 및 동물에서 신경 재생 능력 평가를 통하여 중독으로 손상 받은 뇌의 기능 회복

2) 파급효과

□ 퇴행성 뇌질환

- 퇴행성 뇌질환 환자에 대한 효과적인 예방법과 치료법 개발을 통해 개인과 가족을 포함한 사회적 부담을 감소시킴
- 뇌질환 관련 기초 분자생물학적 연구와 질환 동물 모델 연구를 통합
 - 국내의 우수한 대학 연구진과 제약회사들 간의 공동 연구로 신약개발의 가능성을 극대화

□ 급성뇌손상

- 뇌졸중은 현재 단일 질환 중 국내 사망률 1위를 점함
- 고령화 진행으로 유병율의 급속한 증가
 - 우리나라의 뇌졸중 등 심혈관질환의 사회경제적 비용, 2004년 기준 5조 4천억 원으로 추정
 - 뇌와 척수의 외상은 특히 젊은 연령층에서 중요 장애의 원인, 1년에 약 2천 명 정도의 척수 손상 환자 발생
 - 미국의 경우 척수 손상으로 인한 재활치료를 포함한 사회경제적 비용 년 10조원, 외상성 뇌손상의 경우 약 50조원으로 추정

- 뇌졸중과 뇌척수 외상에서 신경세포사를 줄여주는 효과적인 치료 방법 개발 시 막대한 사회경제적 비용 절감 효과
 - 여러 급성뇌손상 질환의 신경세포 사멸 기전이 유사하므로 한 질병에서 효과가 있는 약물은 다른 질병에서도 유효할 가능성 높음
- 현재 뚜렷한 신경세포 보호약물이 없으므로, 세계 시장을 선점할 수 있는 약물이 개발되면 우리나라 제약 산업을 선진국 수준으로 향상
 - 추가적으로 세포 치료나 재생 치료의 신기술도 가능할 것으로 기대

□ 정신질환

- 생물학적 지표를 통한 평가 및 진단 방법 개발로 사회적 편견 타파 및 정신질환 환자의 의료 접근성 증가
- 한국인 유전정보 및 기능 규명을 통한 한국인 고유의 치료전략 제시로 치료의 효율성 증가
- 개인의 특이적 정신병리, 신경생리, 생물학적 정보를 이용한 맞춤형 치료를 통한 치료 효율성 증가 및 비용 감소
- 조기 발견 및 개입으로 인한 예방효과로 기대 노동손실비용 및 치료비용 감소
- 독자적인 신약 개발이 가능한 기초-임상적 토대 마련

□ 통증 질환

- 통증은 육체적, 정신적, 감정적 그리고 때로는 재정상의 폐해를 야기함
 - 통증의 유병율은 26%로 다른 주요 질환인 당뇨병, 심장질환, 암 등을 합친 것 보다 높음
 - 통증 치료에 사용되는 진통제는 항생제에 이어 전 세계 제약 매출액 순위 2위로 그 시장 가치가 매우 높음

- 통증기전에 대한 심도 깊은 접근을 통하여 새로운 통증 치료법을 개발함으로써 통증에 대한 국민 의료비 감소 효과 창출

□ **유전성 뇌질환**

- 신경발달의 이상 유무를 검색하여 원인에 따른 효과적인 치료기술 및 신약개발을 개발
 - 방대한 뇌의약 시장 및 생명·정보공학적 응용을 확대하고 노령화 사회에서 뇌질환의 극복은 복지사회의 기반을 마련하게 될 것
- 뇌발달 장애의 원인을 규명하여 병인 확인을 위한 분석키트 등을 개발함으로써 병인 조기 발견 및 이에 따른 적절한 치료 기회 제공
- 뇌발달 장애인의 삶의 질을 향상시키고 정상인과 함께 사회생활을 할 수 있도록 유도
 - 정신지체 아동의 95%이상인 경증 정신지체 아동에 대해 조기 검진 및 원인에 따른 적절한 치료 및 교육 등을 통해 실현
- 관련 질환의 고위험군을 선별 관리함으로써 뇌질환발병률 감소

□ **중독 질환**

- 중독질환의 유병율 감소와 이로 인한 각종 피해 감소로 개인의 삶의 질 향상과 사회경제적 이득을 도모하고, 보다 건강하고 안전한 사회 환경 기대
- 한국인 특성에 맞는 과학적인 진단 기술을 개발하고, 이를 임상에 적용할 수 있게 함으로써 우리나라 환자들에 적합한 진료가 가능하게 함

2. 환경변화

가. 총괄개요

뇌질환 치료기술

효과적인 신경세포 보호제 개발을 위한
기반 조성

- 뇌졸중 치료를 위한 영상진단, 혈전용해제, 예방법 등의 성숙
- 신경세포 보호제가 급성기 치료의 시간적 제약을 개선한다는 개념 정립
- 고부가가치 신경세포 보호제 개발을 위한 연구 확산

뇌질환 진단기술

정신병리 조기발견을 위한 생물학적
지표 필요

- 선진국에서 임상적 정신병리를 조기에 발견하고, 치료평가할 생물학적 표지자에 대한 연구 활성화

병인기전 규명기술

원인적 치료법 개발이 가능한
기전연구의 발전

- 통증을 감지하는 수용체에 대한 분자생물학적 기전 연구를 바탕으로 통증 치료법 개발 근접
- 뇌질환을 신경세포 네트워크의 병리적인 변화로 이해할 수 있는 신경생물학적 연구 결과의 축적
- 병적인 신경세포 네트워크를 정상화할 치료법에 대한 필요성 대두

뇌질환 예방기술

기존 발작억제 개념에서 탈피하여
간질의 예방 또는 완치 개념으로 전환

- 난치성 뇌질환의 발생기전의 기초 연구를 통한 예방기술개발의 기반 구축

나. 주요 분야별 환경 변화

1) 퇴행성 뇌질환

가) 세계 동향

- 전 세계 65세 이상의 인구중 약 8%가 알츠하이머성 노인성 치매로 고통 받음
 - 미국 노화연구협회는 치매의 발병이 5년 지연되면 미국의 경우 1,470억 불 (약 140조 원)의 경제효과를 가져온다고 예측

※ 미국노화협회 : American Federation of aging research

- 알츠하이머성 치료제 시장(표 참조)은 2004년 25억 불이며 2001년 이래 성장률이 35.1%이므로 가장 빠르게 성장하고 있는 시장 중의 하나임

Drug	2004 revenues (\$m)	2003-04 growth rate (%)	CAGR 2001-04 (%)
AChEIs	2,208	23.0	28.8
Aricept (donepezil)	1,554	25.1	24.7
Exelon (rivastigmine)	325	6.1	19.6
Razadyne (galantamine)	329	33.9	103.9
Cognex (tacrine)	0.6	-32.8	-37.7
NMDA receptor antagonists	339	819.9	N/A
Namenda (memantine)	339	819.9	N/A
Total	2,547	39.1	35.1

- 치매치료제는 크게 acetylcholinesterase inhibitors (ACEIs)와 NMDA 수용체 길항제로 대표될 수 있음
 - ACEIs들이 총 판매액의 83.7%를 차지
- 현재 퇴행성 뇌질환 치료제 시장은 아직까지 질병의 진행을 막거나, 일시적인 치료효과를 보이는 치료제는 있으나 만족할 만한 치료방법이 없음

나) 국내 동향

- 고령화 사회로 빠르게 진입하고 있으므로 노인성 퇴행성 뇌질환 관리를 위한 국민 부담이 커질 것으로 예상됨
 - 한국에서는 2000년 치매 노인 수는 27만 명 (65세 이상 인구의 8.3%)이며 2015년에는 52만 7천 명이 될 것으로 추정됨
- 파킨슨병은 백 명당 1~2명 비율로 발병하며 2040년에는 4배 증가할 것으로 예측
- 현재 광범위하게 신경계질환에 적용되는 심부뇌자극수술법은 파킨슨병의 경우 국내외에서 시술되고 있으나, 모든 환자에게 보편적으로 적용할 수 없고, 아직도 치료효과의 작용기전이 알려져 있지 않음

2) 급성 뇌손상

가) 세계 동향

- 전 세계적으로 인구의 고령화와 함께 뇌졸중이 사망원인의 상위를 점함
 - 전 세계적으로 매년 약 55만 명 사망(WHO)
- 주요 선진국의 경우, 뇌졸중 발병 초기 3개월간 1인당 총 의료비는 평균 14,000 달러이고 사망시까지 비용은 약 6만 - 23만 달러에 달함
 - ※ 출처 : Atlas, Country Resources for Neurological Disorders, 2004
- 급성뇌손상은 치료를 시작하는 시간이 환자의 예후를 결정하는 중요한 인자
 - 신속하고 정확한 진단법개발, 뇌혈류 재관류를 포함한 신경세포 보호방법 개발 등이 주 연구 과제로 대두됨
- 치료 시 살릴 수 있는 뇌부위 (penumbra)를 측정하기 위한 다양한 신속 영상진단법이 개발 또는 시행중
 - diffusion-weighted MRI, MR angiogram, CT angiogram, perfusion MR/CT, F-Miso-PET 등
- 급성뇌손상 시 일어나는 신경세포사의 기전은 많은 부분 겹치는 것으로 알려짐
 - 흥분성 신경독성, 산화성 손상, 세포고사, 염증성 손상, 내재적 금속에 의한 독성 등이 있으며 이들을 타겟으로 한 세포보호제 개발이 진행 중
- 뇌졸중 관련 신경세포 보호제에 관한 특허는 최근 수년간 그 수가 급격히 줄어들고 있음
 - 이는 2000년 초반까지 주 개발 대상이 되었던 NMDA 수용체 차단제와 항산화제가 치료효과가 충분하지 못했거나 독성을 야기시켰기 때문
 - 기존의 틀에서 새로운 분야로의 도약이 필요함을 의미
- 회복기의 신경세포 재생을 촉진하는 치료법은 아직 초기 단계
 - 성장인자 주입, 줄기세포나 신경성장인자를 도입한 신경세포를 주입하는 치료법 등에 대한 연구가 진행 중

〈급성 뇌졸중 약물의 임상진행 현황, 2006〉

Drug	Status	Class	Mechanism of action	Originator/licensor	Collaborator/licensee
NXY-059 (Cerovive)	Phase III	Neuroprotectant	Antioxidant, free radical scavenger	Renovis	AstraZeneca
Viprinex (ancrod)	Phase III	Antithrombotic	Thrombolytic	Knoll/Abbott	Neurobiological Technologies
Desmoteplase	Phase III	Antithrombotic	Thrombolytic	Schering AG	PAION, Forest Laboratories (sub-licensee, US/Canada), Lundbeck (sub-licensee, worldwide apart from North America)
NovoSeven (rFVIIa)	Phase III	Procoagulant	Recombinant activated Factor VII (rFVIIa)	Novo Nordisk	
ONO-2506 (Proglia)	Phase III	Neurotrophic	Astrocyte modulator	Ono Pharmaceutical	Merck & Co.
Alfimeprase	Phase II	Antithrombotic	Thrombolytic	Amgen	Nuvelo, Bayer
AX-200	Phase II	Neurotrophic	Neuronal growth factor	Axaron Bioscience	
Cerebril (tramiprosate, NC-758)	Phase II	Neuroprotectant	Amyloid protein deposition inhibitor	Neurochem	
DP-b99	Phase II	Neuroprotectant	Calcium chelator (BAPTA derivative)	D-Pharm	
Enecadin	Phase II	Neuroprotectant	Ion channel modulator (voltage-sensitive Na ⁺ and Ca ²⁺ channel antagonist)	Nippon Shinyaku	PAION (in collaboration with Nippon Shinyaku)
Microplasmin	Phase II	Antithrombotic	Thrombolytic (potentially neuroprotective)	ThromboGenics	

나) 국내 동향

- 우리나라에서는 뇌졸중이 암에 이어 사망원인 중 2위, 단일 질환으로는 1위임
- 국내에서는 현재 신경세포 보호제로 임상시험을 마친 약제는 없으나, 3개의 약물이 임상시험에 진입한 상태 (표참조)

〈국내 제약회사들의 뇌졸중 치료제 개발 현황〉

업체	개발테마명	연구개발단계	약효명 또는 용도
(주)유유	YY-280	임상3상	허혈성 뇌졸중 예방 및 치료
(주)뉴로테크	Neu2000	임상1상	허혈성뇌졸중치료제
(주)중외제약	CW-241	임상1상	뇌졸중치료제
동화약품공업(주)	뇌졸중치료제 개발	탐색	뇌졸중치료제
제일약품(주)	뇌졸중치료제 개발	탐색	뇌졸중치료제

- 아직 뇌손상 기전의 기초 연구는 취약한 상태임
- 제약산업의 규모가 영세하여 산학 협력을 통한 신경세포 보호제 개발이 체계화되어 있지 못하고 양적으로도 미흡한 상태

- 일부 임상분야에서는 선진국 수준에 이미 진입
- 뇌졸중에서는 혈전 용해 치료와 angioplasty, stent 등 최신 치료법 이미 적용 중
- 뇌척수외상 분야의 기초, 임상 연구는 뇌졸중에 비하여 비교적 취약한 수준임

3) 경련성 뇌질환

가) 세계 동향

- 간질은 세계적으로 유병률 0.85%로 시장규모는 116억 달러, 환자는 50만 명에 달함

※ 출처 : <http://www.wrongdiagnosis.com>

- 간질 치료에는 약물요법이 주류를 이루고 있음
 - 유용한 약물로는 1912년에 phenobarbital을 시초로 pentylenetetrazol, phenytoin 등이 개발
 - 1970년대에 carmazepine, valproate가 개발되었으나 본격적인 신약 개발은 1990년대 이후에 이루어짐(뇌질환치료제 참고)
- 현재 약 20여종의 신약들이 합성 개발되어 임상실험단계에 있음
 - 대다수의 신약들은 작용기전이 기존 항경련제와는 상이
 - 구조활성관계(QSAR)를 작용기전과 관련시켜 개발한 약물들로서 이들의 역동학적 면에서 장점이 있으며 향후 널리 적용될 가능성이 높음
- GABA에 의한 신경세포의 자극 감소 및 GABA transaminase를 저해하는 항경련성 치료제가 선진국에서 사용될 것으로 예상됨
 - ※ GABA : 뇌의 억제성 신경전달물질(γ -aminobutyric acid), GABA transaminase : GABA 분해효소
 - 현재 개발중인 약물로는 GABA inhibitor로 임상 3상에 진입한 약물은 3종 임상1상 및 2상에 진입한 약물이 23종임

※ 출처 : IMS Health, 2004

- 간질의 경우 외과적 조치로 약 70%의 환자의 상태를 호전시킬 수 있음
 - 외과적 조치의 중요성은 지속적으로 강조 간질 발생 부위 (epileptogenic site)를 효과적으로 탐색할 수 있는 비침습적 방법에 대한 연구가 수행
- 외과적 조치의 혜택을 볼 수 없는 약 30%의 난치성 환자를 치료하기 위한 약물 개발이 진행 중
 - 간질 발생 메카니즘(epileptogenesis)에 대한 기초 연구를 필요로 함
- 치료 약물은 기본적으로 뇌활성도에 직접적으로 관여하는 신경전달물질, 수용체, 이온통로를 제어하는 것임
 - 부작용이 없는 새로운 항간질제(antiepileptic drug) 개발이 용이하지 않은 상태
- 인지적, 심리적 부작용의 이해 : 외과적 조치나 약물 치료 과정에서 파생되는 인지적, 심리적 부작용을 이해하고, 그를 완화하는 조치의 필요성이 강조
- 국내의 간질 치료프로그램은 주로 소아과와 연계되어 진행되지만, 매우 우수한 성과를 이루고 있음
 - 국내 간질 연구는 치료 수준에 비하여 열악한데 이는 간질 발생 원인이 다른 질환에 비하여 다양하여 집중화된 연구를 수행하기가 어렵기 때문임

나) 국내 동향

- 우리나라에는 현재 약 30-40만명의 간질환자가 존재하며 매년 23만 명의 환자가 발생하고, 전체인구의 약 3%에서 간질이 발생함
- 간질은 사회적으로 심각한 문제들을 야기함
 - 18세 이전에 발생(환자의 약 50%)시 심각한 학습장애 및 행동 장애 유발
 - 우리 사회의 경우에는 간질에 대한 사회적 편견의 정도가 심하여, 환자 자신은 물론 가족의 고통이 극심하고, 더불어 사회적 부담이 매우 심각함

- 국내의 간질 치료프로그램은 주로 소아과와 연계되어 진행되지만, 매우 우수한 성과를 이루고 있음
 - 국내 간질 연구는 치료 수준에 비하여 열악함 이는 간질 발생 원인이 다른 질환에 비하여 다양하므로, 집중화된 연구를 수행하기가 어렵기 때문임

4) 정신질환

가) 세계 동향

- 2000년 WHO와 미국 Harvard 대학의 공동 조사 결과
 - 우울증, 알코올 남용, 자해, 자살, 정신분열병, 조울증이 10대 장애요인 질병에 포함되었으며, 그 전체 비율은 19.4%로서 매우 높음
- 2020년에는 허혈성 심장질환, 우울증, 교통사고의 순으로 주요 3대 장애요인이 될 것으로 예측
 - 우울증을 포함한 정신 질환이 전체 질병부담의 15%의 이를 것으로 예측되었음
- 대표적인 정신질환 중 정신분열병은 유병율이 1.1%로 전 세계적으로 5천백만 명이 고통 받고 있음
 - 치료의 직접비용, 사회 및 가족의 경제적 부담이 연 630억 달러에 달한다고 함
 - 우울증은 유병율이 5~25%로 흔하며 우울증으로 인한 경제적 손실만 한 해에 440억 달러에 달한다고 함
- 미국의 국립정신보건원(NIMH)이 후원하는 '정신분열병의 인지기능을 개선시키기 위한 평가 및 치료방법 연구(MATRICES)' 내용
 - 약물개발을 위해 질환의 병리기전을 반영하면서 효율적으로 치료 종료점을 예측할 수 있는 생물학적 표지자로서 기능성 뇌영상학과 신경생리학적 방법을 지목

- '기능 생물학 정보학 연구 네트워크(FBIRN)'을 통해 이 방법에 대한 실질적인 신뢰도 연구 및 여러 패러다임들의 정상화 연구가 이루어지고 있음
- 정신분열병의 경우 병태생리와 관련된 유전 정보의 복잡성으로 인해 질환자체의 병태생리보다는 정신분열병 발병의 취약성과 연관성을 보이는 DISC1, CHRNA7 와 같은 유전인자들에 대한 연구들이 진행
- 취약성에 대한 표현형(phenotype) 부재로 인지기능과 같은 내표현형(endophenotype)과의 연관성 보는 연구들이 진행되고 있음
- 해석 가능한 생물학적 표현형 또는 내표현형을 찾는 중개연구 (Translational Research), 또는 phenomics 연구가 각광받고 있음
- 유전 연구와 증상 표현형 간의 연결을 설명할 수 있는 생물학적 모델의 부재를 해결하기 위해 기초 연구에 이용
- 약물의 부작용 또는 대사이상, 치료반응 예측을 위한 유전 표지자들에 대한 연구도 활성화되어 있음
- 정신분열병에서의 인지기능을 개선시키기 위한 alpha7 nicotinic receptor, D1 receptor 등에 작용하는 약물들이 개발되고 있음
- 조기 정신증에 대한 전향적 연구 및 조기 개입을 위한 네트워크 형성이 이루어지기 시작하였음

나) 국내 동향

- 국민의 31.4%인 1080만 명이 정신 질환을 평생 한 번 이상 앓는다고 함
 - 1년 간의 정신 질환 유병율은 19.3%으로 국민 664만 명이 1년 동안 정신질환으로 고통을 받은 것으로 추정됨
 - ※ 출처 : 2001년 정신질환실태 역학조사
- 대표적인 정신 질환인 정신분열병은 전체 정신 질환의 불과 3.5%를 차지
 - 국민들이 많이 입원하는 질환의 순서에서 치질, 백내장, 폐렴, 맹장염 다음의 5위를 차지

- 자살과 우울증으로 매년 발생하는 사회 경제적 손실은 6조원이 넘을 정도라 함

※ 출처 : 2000년 국민건강보험공단의 건강보험 진료실태 보고서

- 국내의 경우, 영상학적 표지자에 대한 독자적 패러다임 개발이 가능한 기능성 뇌영상학 및 신경생리학적 기술력 및 연구인력을 갖추고 있으며 점차 증가중
- COMT 등의 유전체를 이용한 약물치료 반응성 및 대사이상에 대한 유전 연구들이 이루어졌고 뇌영상학적 표지자를 접목시킬 수 있는 능력을 갖춘 상태
- 유전 연구나 약물 개발을 위한 동물 모델이 부재
- 약물의 약동학적 기전을 연구할 수 있는 PET 기술력을 갖추어가고 있음
- 기술력 및 다학제의 연구인력을 통합하여 독자적인 생물학적 표지자를 연구하는데 충분히 활용할 수 있는 전문 연구소나 컨소시엄이 부족하며 지원이 미흡함
- 기초와 임상 연구 간에 소통이 원활하지 못하고 네트워크 형성이 부족하여 중개연구가 미진함

5) 뇌발달장애 및 유전성 뇌질환

가) 세계 동향

- 세계적으로 뇌 발달 장애 질환 빈도가 계속 증가 추세임
- 현재 치료수준은 유전학적 진단 차원에 머물러 있는 단계이며 병리 기전 규명에 대한 연구도 매우 미흡한 실정임
- 약물치료의 경우 인체의 신진 대사물의 과잉 혹은 결손을 분석하여 그에 상응하는 약물 혹은 영양소를 투여하는 방법을 쓰고 있음
- 일시적인 상태의 호전은 가능하나, 근본적인 해결책은 되지 못함
- 국제적 연구동향은 다음과 같은 추세로 진행중
- 뇌발달 과정에서 장애로 인한 뇌기능 이상과 연관된 유전자를 규명 및 이들 질환을 치료할 수 있는 유전자 치료법을 개발
- 신경줄기세포 이식기술 등 첨단치료기술을 활용하는 방향으로 연구

나) 국내 동향

- 국내 뇌발달장애에 대한 연구는 거의 이루어지지 않음
 - 소수 연구자들이 다운증후군 병인기전에 대한 연구를 개별적으로 시행중
 - 연구 규모나 연구의 지속성 면에서 국가차원의 체계적인 연구지원이 필요한 실정
- 근본적 질환 치유보다는 물리치료와 같이 증상완화를 위한 치료가 대부분임
 - 과학적이기보다는 경험적인 정신과 치료 및 교육에 의존하고 있는 실정

6) 중독 질환

가) 세계 동향

- 알코올은 뇌를 손상시켜 알코올성 치매로 진행되어 여러 사회적 문제 야기
 - 알코올과 같은 중독성 물질로 인해 손상 받은 뇌 기능의 회복을 위하여 신경 재생 및 신경줄기 세포에 관한 연구가 시작되고 있는 단계임
- ※ 출처 : ACER 2006, Kim et al
- 미국은 약 17년 전부터 미국 국립 알코올남용과 의존 협회의 후원으로 COGA 연구를 통해 알코올 의존과 관련된 유전자 연구를 진행
 - ※ 미국 국립 알코올남용과 의존 협회 : National Institute of Alcohol and Alcoholism), COGA : Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism
 - ※ 출처 : HJ. Edenberg et al. The genetics of alcoholism: identifying specific genes through family studies. Addiction biology 2006
- 알코올 치료제로 미 FDA승인 받은 약물이 naltrexon,acamprosate 두 가지가 있으나, 아직은 치료 성공률에서 한계가 많음
 - ※ 출처 : Combined Pharmacotherapies and Behavioral Interventions for Alcohol Dependence, R.F. Anton et al. JAMA 2006
- varenicline 등 니코틴 중독 치료제가 성공적으로 개발되었거나 개발 중
 - ※ 출처 : <http://www.clinicaltrials.gov/ct>

- 도박 중독과 인터넷 중독에 등 행위 중독에 대한 뇌영상 연구 및 유전 연구는 초보 단계임

나) 국내 동향

- 알코올 중독의 유병률은 10-20%, 니코틴 중독은 10% 등으로 매우 높음
 - ※ 출처 : 국립서울병원, 서울대 정신질환 실태조사, 2001
 - 발병시 장기 치료로 개인은 물론 가족과 사회의 정신적, 경제적 부담 가중
- 알코올 중독으로 인한 경제적 손실은 연간 약 14-16조원에 이른다고 보고됨
 - ※ 출처 : 노인철 등, 음주의 사회적 비용과 정책 과제, 한국사회, 보건사회연구원, 1997 : 정우진 등, 음주의 사회경제적 비용 추계, 2006
- 알코올 및 기타 중독 물질로 인한 뇌손상 환자에 대한 임상 연구는 현재 세계적으로 거의 유일하게 국내에서 진행되고 있는 상황
 - 니코틴중독, 행위 중독(도박, 인터넷 중독)의 한국인 특이의 유전학연구가 산발적으로 진행되고 있음
- IT산업과 인터넷 산업, 그리고 게임 산업의 발달로 인한 부작용으로 국내 인터넷 중독의 문제가 심각
 - 이와 관련된 대단위 역학 연구 및 뇌과학에 근거한 신경생물학적 연구는 매우 부족한 실정임
- 환자의 유병률이 높고 그 폐해가 심각하므로 오히려 이와 관련된 연구와 대책을 통해 국가적으로 상당한 긍정적인 효과를 기대
 - 특히 행위 중독 분야는 세계적으로 초보 단계여서 선점할 수 있는 장점이 있음
- 단일 민족이어서 유전적으로 동질한 집단이기 때문에 알코올의존 연구의 경우 좋은 결과를 보임
 - 니코틴의존 및 행위중독의유전적인 역할을 이해하는 적절한 기술력과 환자군을 갖고 있는 것으로 판단됨

다. 전반적 기술수준

주요 기술 분야	기술격차 (년)	기술수준 (%)	우리나라의 기술경쟁력		주요연구 분야	신기술유망 분야
			강점	약점		
<뇌의약학 총괄>	5	55		<ul style="list-style-type: none"> · 임상인프라 치료제 개발 		<ul style="list-style-type: none"> · 조기진단법
1. 퇴행성 뇌질환(치매, 파킨슨병, ALS, 헌팅턴병등)	5	60	기초연구	<ul style="list-style-type: none"> · 임상 및 동물실험 · 작용기전 · 치료제개발 · 임상인프라 	<ul style="list-style-type: none"> · 병인 기전 · 관련유전자 동 · 치료제개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 조기진단마커 발굴, 세포 치료를 위한 표적물질 발굴
2. 급성신경계 손상(뇌졸중, 뇌손상, 수손상등)	6	50	급성세포 사멸기전 뇌졸중 뇌영상 줄기세포치료	<ul style="list-style-type: none"> · 국내신약 개발의미비로 임상시험의 주도적 역할 어려움 · 모델 시스템 부족 · 시스템수준의 기능회복연구 · 신경회로망 재구성연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 모델시스템을 통한 약물개발 · 뇌졸중의 임상연구, 기전 연구 · 세포사멸 재생기전 · 기능회복 · 세포및 유전자 치료 	<ul style="list-style-type: none"> · 효과적인 약물개발 · 융합기술을 이용한 재활치료기술 · 재생유도 인자의 발굴 · 새로운 생물학적 지표 개발
3. 정신질환 (정신분열증, 우울증, 조울증등)	7	40		<ul style="list-style-type: none"> · 코호트 실험이나 임상실험을 통한 질환 기전 및 관련 유전자 연구의 미비 · 동물모델 부족 	<ul style="list-style-type: none"> · 유전자 연관성 연구 및 동물모델을 통한 분자적 기전 연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 조기진단 마커 발굴, 관련 유전자 다양성
4. 중독성뇌질환 (약물,마약,인터넷등)	6	50	유병율이 높고, 단일 민족이어서 유전적인 연구에 유리 하다.	<ul style="list-style-type: none"> · 통합적인 연구체계의 부재 	<ul style="list-style-type: none"> · 중독 기전의 표적물질 발굴 갈망 치료약물, 약물로 손상된 뇌기능개선 	<ul style="list-style-type: none"> · 중독 기전의 표적물질 발굴 및 항중독 약물 탐색 · 약물유전체학, 신경재생적 접근
5. 감각이상 및 통증성질환	5	50	VR1 antagonist 등의 새로운 약물개발	<ul style="list-style-type: none"> · 기초연구와 임상연구를 연계할 연구팀 부재 	<ul style="list-style-type: none"> · 감각이상 및 통증관련 수용체 발굴 및 기전연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 적합한 동물 모델 발굴 및 표 지 물질 발굴
6. 경련성뇌질환 (간질, 이온통로성 질환(channelopathy)등)	5	50	수술 등 임상 치료 우수	<ul style="list-style-type: none"> · 병인 규명 및 치료제 개발 능력 부족 	<ul style="list-style-type: none"> · 이온 통로성 질환동물 모델 발굴 및 기전 연구 · 병인 규명 및 치료제 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 이온통로 특이적 약물 개발 · 발작 예측 도구 개발

3. 추진방향 및 전략

□ 기초연구자와 임상연구자의 협력 연구 유도

- 뇌질환 병인을 규명하는 기초-임상 협동 과제 적극 지원
- 임상적용 가능한 중개연구 촉진
- 기초-임상 연구단계에 따른 전문화된 평가관리 및 연계체계 확립

□ 경쟁력 있는 분야 및 사회적 부담이 큰 뇌질환에 선택과 집중

- 질환별 투자분야의 선택적 집중을 위하여 질환의 현 주소에 근거한 집중육성분야 선정
- 사회적 부담이 큰 질환에 우선순위 부여

□ 뇌질환 치료 보건의료의 글로벌 기준을 충족하는 인프라 구축

- 국제적 수준의 뇌질환 연구소 등 뇌질환 중심의 인프라 강화
- 전임상, 임상시험 인력 등 국제적 수준의 전문 인력 양성
- 바이오제품의 성공사례 촉진용 융자제도 도입

□ 협동연구 및 다학제 간 융합기술 프로그램 확대

- 줄기세포기술, 나노기술, 유전자치료기술 등 첨단기술분야와의 다학제간 공동연구 확대
- 뇌질환 치료에 적용할 수 있는 첨단치료기술(Gene therapy, tissue engineering, 줄기세포 응용기술) 개발
- 연구성과의 임상적용과 진단·치료를 위한 응용연구 강화

4. 중점분야 및 로드맵

가. 중점 분야

1) 만성 퇴행성 뇌질환

□ 개요

- 중추 신경계의 신경세포에 퇴행성 변화가 나타나면서 여러 가지 증상을 유발하는 질환 중 대표적인 질환으로서 치매, 파킨슨 병, 헌팅턴 병 등이 포함됨
- 전 세계적으로 65세 이상의 인구 중 약 8%가 알츠하이머성 노인성 치매로 고통을 받고 있음
- 파킨슨병은 100명당 1-2명 비율로 발병하고 있으며 2040년에는 4배정도 증가할 것으로 예측됨

□ 중요성

- 빠르게 고령화 사회로 진입하고 있으므로 노인성 퇴행성 뇌질환 관리를 위한 국민 부담이 커질 것으로 예상됨
- 치매 등의 퇴행성 질환은 환자 치료비용이 엄청나 사회국가적 부담 초래
- 치료뿐만 아니라 조기진단법 개발을 통한 예방 또한 시급함

□ 국내외 현황

- 미국 노화연구협회는 치매의 발병이 5년 지연되면 미국의 경우 1470억불 (약 140조 원)의 경제효과를 가져온다고 예측
- 알츠하이머성 치료제 시장은 2004년 25 억불이며 2001 년이래로 성장률이 35.1%이므로 가장 빠르게 성장하고 있는 시장 중의 하나임

□ 기대효과

- 체계적인 산학연 협력 연구를 통한 병인기전, 진행과정 규명을 통한 치료기술을 개발함으로써 국민건강증진에 기여함

- 퇴행성 뇌질환 환자에 대한 효과적인 예방법과 치료법 개발을 통해 개인과 가족을 포함한 사회적 부담을 감소시킴
- 뇌질환 관련 기초 분자생물학적 연구와 질환 동물 모델 연구를 통합
 - 국내의 우수한 대학 연구진과 제약회사들 간의 공동 연구로 신약개발의 가능성을 극대화 시킬 수 있음

2) 급성뇌손상에 효과적인 신경세포보호제 개발 연구

□ 개요

- 뇌졸중의 사망률은 현재 인구 10만 명 당 77.2 로 단일질환으로는 1위임
- 혈전용해제가 급성 치료제로 쓰이고 있으나, 3시간 이내에 투약해야하는 시간적 제약과 뇌졸중 전문 응급진료 체계의 부족으로 다수의 환자가 혜택을 받지 못함
 - 신경세포보호제가 혈전용해제를 투여할 수 있는 시간을 1-2 시간 정도만 늘려 주더라도 다수의 환자가 도움을 받을 수 있음
- 뇌척수 손상의 경우도 아직 효과적인 치료법이 존재하지 않음

□ 중요성

- 뇌졸중은 인구의 고령화와 함께 우리 사회의 가장 심각한 질병군 중 하나로 대두됨
 - 특히 마비, 인지 장애 등 후유증은 환자에게 영구 장애를 초래하여 간호에 막대한 사회경제적 비용이 소비됨
- 뇌척수 손상은 특히 젊은 연령층에서 호발하고, 장애가 영구적으로 남게 되어, 역시 막대한 사회경제적 부담을 초래함
 - 급성기의 신경세포 보호제 치료가 이러한 환자군에게 도움을 줄 것으로 전망

□ 국내외 현황

- 국내의 뇌졸중 치료는 최근에 눈부신 발전을 보이고 있음
 - 영상진단이 선진국 수준으로 올라와 있고, 항혈소판제, statin 계열의 약들이 다수의 환자에서 이차 예방목적으로 사용
 - 혈전용해제와 angioplasty, stenting, vascular surgery 등이 급성기 환자에 시술되고 있는 상태
 - 이에 비하여 신경세포 보호제 개발은 외국에 비하여 아직 미흡한 상태임
- 기전 연구에 참여하는 연구 인력의 수가 적고, 국내 제약회사의 연구 역량과 개발 역량이 뒤떨어지는 것이 가장 큰 원인
- 열악한 조건임에도 불구하고 일부 제약회사에서 임상시험에 돌입한 것은 고무적

□ 기대효과

- 뇌졸중을 중심질환으로한 급성뇌손상질환에서의 유효한 신경세포 보호제 개발은 현재 세계적으로 효과적인 치료제가 아직 개발되지 못함
 - 신약을 개발시 막대한 경제적 이익을 가져올 수 있음
- 신경세포 사멸의 기전이 급성질환과 만성질환에서 공통적일 가능성이 크므로, 신경세포보호제가 치매, 파킨슨병 등 만성 질환에서도 사용될 가능성 존재

3) 경련성 뇌질환 연구

□ 개요

- 유병률은 인구 1,000명당 5명-10명으로 보고되고 있음
 - 세계적으로 유병률 0.85%로 시장규모는 116억 달러에 달함
 - 선진국에서는 40~60명/100,000명/년, 개발도상국에서는 약 100명/100,000명/년이 발생함
- ※ 우리나라에는 현재 약 30-40만 명의 간질환자가 존재하며 매년 2-3만 명의 환자가 발생하고, 전체인구의 약 3%에서 간질이 발생

□ 중요성

- 간질은 사회적으로 심각한 문제들을 야기하며 사회적 부담이 심각
- 사회의 고령화에 따라 그 심각성이 증가하고 있음
 - 미국의 역학연구에 따르면 (National Council on the Aging) 최근에는 65세 이상 노인층에서 가장 높은 것으로 보고 되었음

□ 국내외 현황

- 국내의 간질 치료프로그램은 주로 소아과와 연계되어 진행되지만, 매우 우수한 성과를 이루고 있음
 - 국내 간질 연구는 치료 수준에 비하여 열악한데 이는 간질 발생 원인이 다른 질환에 비하여 다양하여 집중화된 연구를 수행하기가 어렵기 때문
- 국내의 경우 간질의 진단 및 치료와 관련된 임상 연구수준은 지난 10여년에 걸쳐 급격한 발전이 이루어져 국제적 수준에 이미 도달
 - 기초연구분야는 관심과 지원 부족으로 연구인력 육성이 미흡

□ 기대효과

- 간질의 국내 신약개발의 전기를 마련할 뿐만 아니라 다른 관련신경계 질환의 예방 및 치료제로서의 적응증도 확보
 - ※ 예 : 우울증, 신경병적 통증, 편두통 등
- 간질의 발생 및 난치성 간질의 기전연구는 국내 뇌의약학 연구의 활성화와 연구인력 양성 및 연구기반 강화의 기반을 마련해 줄 것으로 기대

4) 정신질환 연구

□ 개요

- 조사 결과 우울증, 알코올 남용 등의 정신질환이 10대 장애요인 질병에 포함되고 전체 비율은 19.4%로 보고됨
 - ※ 2000년 WHO와 미국 Harvard 대학의 공동 연구 결과
- 세계적으로 정신분열병의 유병률은 1.1%로 경제적 부담이 연 630억 달러에 달하고 우울증의 유병률은 5~25%로 경제적 손실이 연 440억 달러에 달함
- 국내에서는 국민의 31.4%(남 22.7%, 여 15.7%)인 1080만 명이 정신질환을 평생 한 번 이상 앓고 있음
 - 1년 간의 정신 질환 유병율은 19.3%(남 22.7%, 여 15.7%)으로 국민 664만 명이 1년 동안 정신질환으로 고통을 받는다고 함

□ 중요성

- 정신질환은 경제노동력 상실, 치료비, 사회 및 가족의 지원 등으로 인한 경제적 부담이 심각함
- 우리나라의 자살율이 세계 1위로 정신질환은 사회적으로 심각한 문제로 부각되었음

□ 국내외 현황

- 선진국에서는 임상적 정신병리를 조기에 발견하고 그 심각도를 측정하며 치료반응을 평가할 수 있는 다양한 생물학적 표지자에 대한 연구가 진행중
 - 동물 모델 또는 생물학적 표지자를 이용하여 유전체 연구를 활발히 진행
 - 정신질환과 연관된 후보 유전체들과 정신병리의 표현형 또는 대표현형의 연결하는 생물학적 기전을 밝히고자 하는 중개연구가 활성화
 - 정신분열병에서의 인지기능을 개선시키기 위한 약물이 개발되고 있는 등 증상 뿐 아니라 결핍된 기능을 향상시키기 위한 약물도 개발되고 있음
- 기술력 및 다학제의 연구인력을 통합하여 독자적인 생물학적 표지자를 연구하는 데 충분히 활용할 수 있는 전문 연구소나 컨소시엄이 부족
 - 기초와 임상 연구 간에 소통이 원활하지 못하고 네트워크 형성이 부족하여 중개연구가 미진함

□ 기대효과

- 생물학적 표지자에 대한 연구 개발로 정신질환의 객관적인 조기 발견, 병태생리의 심각도 측정, 치료반응의 평가가 가능해짐
 - 향후 신약개발의 연구기반을 마련
- 유전체 연구로 고위험군의 조기 발견, 치료반응도 예측이 가능해져 개인별 맞춤형 치료 가능해짐
- 생물학적 표지자 개발을 통해 정상 뇌기능에 대한 평가 및 이해 확대로 정신건강 증진 효과 및 뇌기능에 대한 패러다임의 인문학, 공학 연구에의 파급효과 기대

5) 통증질환 연구

□ 개요 및 필요성

- 통증은 질환에 따른 부수적인 증상이 아닌, 그 자체로서 주요 질환임
 - 통증의 유병율은 26%로 다른 주요 질환인 당뇨병, 심장질환, 암 등을 합친 것 보다 높음
- 통증은 노령층에서 호소하는 가장 주된 질환임
 - 미국의 경우 노인 5명 중 한명은 정기적으로 진통제를 복용하고 있으며, 사회의 고령화에 따라 그 심각성이 증가하고 있음
 - ※ 노인의 통증에 대한 적극적인 치료 부재. 양로원에 기거하는 노인의 경우 25-50%가 통증을 호소
- 새로운 통증 치료법의 개발이 절실히 요구됨
 - 통증 치료법 중 하나인 진통제의 전세계 매출액은 항생제에 이어 2위로 새로운 통증 치료법의 개발은 그 시장가치가 매우 높음

□ 국내외 현황

- 통증에 대한 원인적 치료법을 개발할 수 있는 기전연구의 발전
 - 통증의 기전을 시냅스 가소성에 근거한 중추 감작으로 이해하기 시작
 - ※ 척수 내 시냅스가 지속적인 자극에 의하여 더욱 강력하게 신호를 전달하게 되는 long-term potentiation (LTP)이 대표적인 중추 감작(central sensitization) 현상임
 - 통증을 감지하는 수용체에 대한 분자생물학적 기전 연구를 바탕으로 통증 치료법 개발
 - 통증에 대한 개인의 반응성 차이에 대한 유전학적 연구를 통하여 개별적 맞춤 통증 치료에 대한 기전 연구 대두

□ 기대효과

- 통증은 높은 유병률과 사회적 심각성에도 불구하고, 체계적인 국내 연구가 미흡
 - 학제적 내용을 총괄할 수 있는 프로그램이 부족하기 때문에 이에 대한 지원 시급

- 통증 연구는 행동학적 측면, 전기생리학적 측면, 분자생물학적 측면, 분자영상학적 측면, 그리고 임상적 측면이 연계되어 학제간 협동 연구의 형태로 접근해야 함

- 만성 통증에 대한 국민 의료비 감소 효과

6) 뇌 발달장애

□ 개요

- 정신지체의 원인은 유전, 임신 중 태내이상, 감염 및 외상, 또는 환경 및 심리적 요인 등 현재 200여 가지가 보고되고 있음
 - 약 30~40%의 경우는 현재까지 원인이 불분명함
- 신경발달의 이상 유무를 검색하고 효과적인 회복, 치료 방법 개발 필요
 - 세계적으로도 발병기전 연구의 초기단계임
- 뇌발달장애 및 유전성 뇌질환은 사회적·경제적으로 관심을 기울여야할 주요한 질환임에도 불구하고, 타 질환에 비해 국가 R&D 투자가 부족함

□ 사회적 측면

- 뇌발달장애의 원인을 규명하여 병인 확인을 위한 분석키트 등을 개발함으로써 병인 조기 발견 및 이에 따른 적절한 치료 기회 제공
 - 국가차원에서 관련 질환의 고위험군을 선별 관리함으로써 뇌질환 발병률을 감소시켜야 할 것임
- 뇌발달장애인의 삶의 질을 향상시키고, 정신지체 아동의 95%이상인 경증 정신지체 아동에 대해 조기 검진 및 원인에 따른 적절한 치료법 개발
 - 뇌발달장애인들이 정상인과 함께 사회생활을 할 수 있는 지원 체계 구축 필요

□ **중요성**

- 뇌발달장애 및 유전성뇌질환은 개인/사회적으로 큰 손실 및 의료비용 부담을 초래
- 고령, 노령 추산의 증가에 따라 유전성 뇌질환의 증가가 예상되며, 사회의 고령화에 따라 그 심각성이 증가할 것으로 예상됨

□ **국내외 현황**

- 세계적으로 연구초기단계이며 관련 유전자발굴 및 기전규명 등의 초기연구에 집중
 - 아직까지 효과적인 진단, 치료법은 개발되지 않고 있음
- 게놈 프로젝트 완성 및 유전학기술의 발전, 유전자 치료법 및 줄기세포치료법에 대한 연구가 가속화
 - 뇌발달장애의 치료법 개발을 위해 세계적으로 관심 및 연구가 증가되고 있음
- 국내에서는 아직까지 뇌발달장애 질환에 대한 R&D 수요 및 관심이 부족하고 국가차원의 체계적 지원이 없는 현황임

□ **기대효과**

- 국내 뇌의약학 연구의 활성화와 연구인력 양성 및 연구기반 강화의 기반을 마련해 줄 것으로 기대함
- 세계적으로 연구초기단계에 있는 뇌발달장애 질환에 대한 국가차원에서의 전략적 지원은 향후 질환 극복을 통한 환자의 삶의 질 개선 기대
 - 다수의 환자군을 형성하고 있음에도 효과적인 치료법이 개발되지 못하고 있는 뇌발달 장애 분야의 신약시장은 향후 블록버스터급 시장으로 성장해 나갈 것임

7) 중독질환 연구

□ 개요

- 약물 중독에 의한 신경세포 손상기전에 대한 연구, 세포재생 연구, 전임상 및 임상연구
- 유전자연구와 유전적 차이에 따른 약물반응의 차이 연구 (Pharmacogenetics)를 통해 소위 맞춤의학 시대 준비
 - ※ 유전자 연구의 예 : SNP, Haplotype, Copy number variation 등
- 중독을 발생시키거나 억제하는 유전자 연구 및 유전자와 환경의 상호작용 연구
- 정확한 진단과 치료효과를 검증할 수 있는 뇌영상 연구
- 영상 연구, 유전자 연구, 기타 생물학적 연구 결과 target을 제공하여 신약개발 및 새로운 치료방법의 기반기술 확보
- 기초와 임상 연구의 소통, 나아가서 응용 산업과의 연계를 보다 활성화시키고, 각 분야의 전문가들이 소통할 수 있는 기회를 더 많이 제공해야 함
 - ※ 예 : 통합학술대회, 소그룹의 정기적 모임 지원 등

□ 중요성

- 중독질환은 개인의 삶의 질을 포함하여 건강한 가족과 사회관계에 매우 중요함
 - 장애 발생시 소요되는 부대시설 및 사회적인 비용의 측면에서 상당한 부담이 불가피하여 정밀한 진단과 치료방법의 개발이 요구되고 있음
- 한국에서는 아직 중독질환 분야에서 뇌과학에 기초한 연구가 매우 부족
 - 임상적 특성을 고려한 중독질환의 원인에 대한 연구와 손상받은 뇌의 효율적인 치료방법에 대한 중장기적 대책이 부족

□ 국내외 현황

- 국내 알코올 중독의 유병률은 10-20%, 니코틴 중독은 10% 등으로 매우 높음 (국립서울병원, 서울대 정신질환 실태조사, 2001)
- 미국의 경우 니코틴을 포함한 약물의 사용자를 위한 건강관리 비용 연간 1,660억 달러에 달함
- 미국은 NIDA와 NIAAA에서 각각 약 1조 5천억과 9천억의 연구비를 지원받아 중독질환에 대한 활발한 연구를 진행하고 있음

□ 기대효과

- 중독질환의 유병률의 감소와 이로 인한 각종 피해 감소로 개인의 삶의 질 향상과 사회경제적 이득을 도모하고 보다 건강한 사회안전 환경 기대
- 중독으로 인해 손상받은 뇌기전에 대한 연구가 뇌연구의 돌파구가 될 수 있음
- 유전적 및 뇌 기능의 민족간 차이가 반영되고 있음을 고려하여 한국인의 특성에 맞는 과학적인 진단기술을 개발
 - 이를 임상에 적용할 수 있게 함으로써 우리나라 환자들에 적합한 진료가 가능하게 함

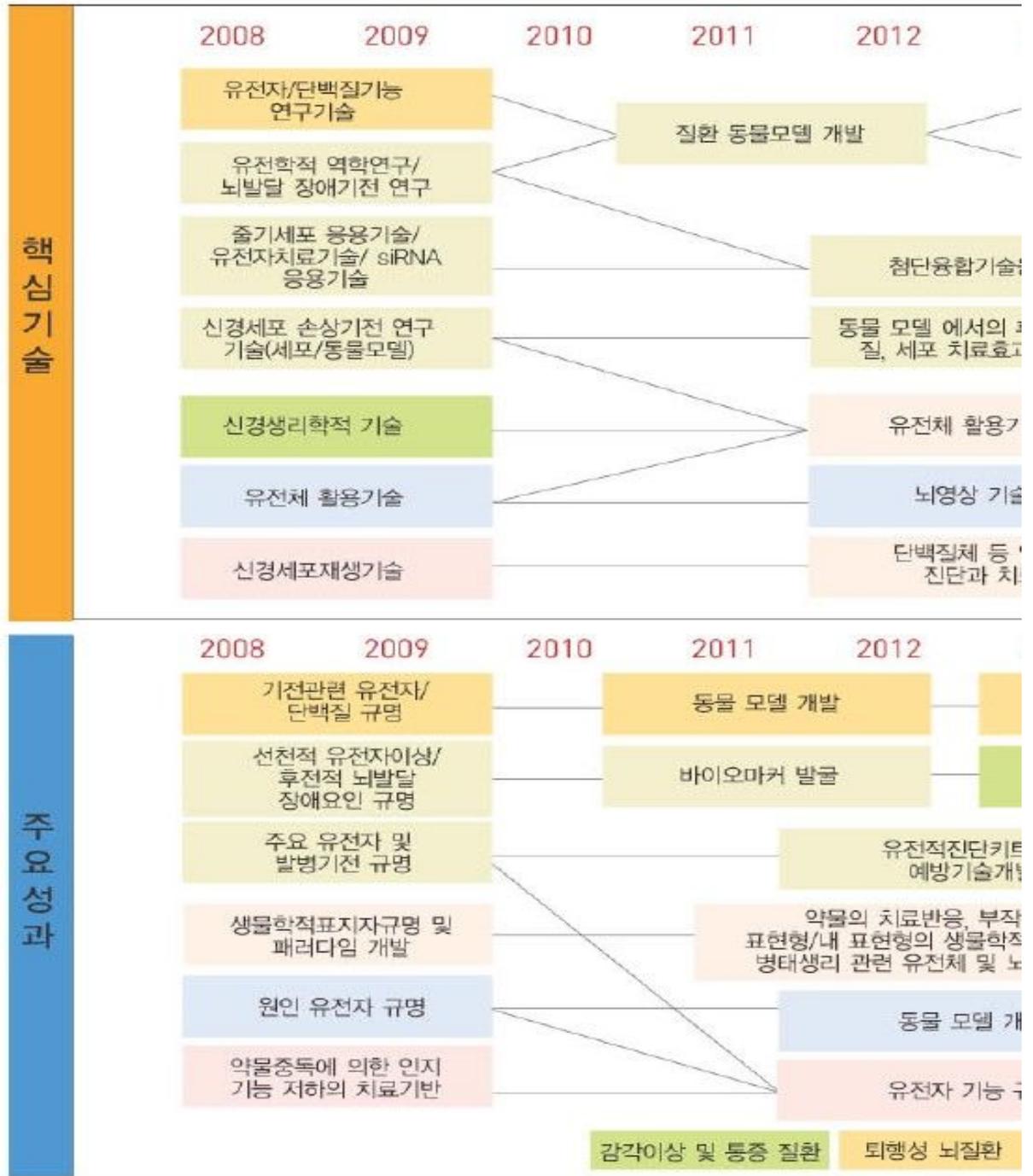
나. 중점추진 과제

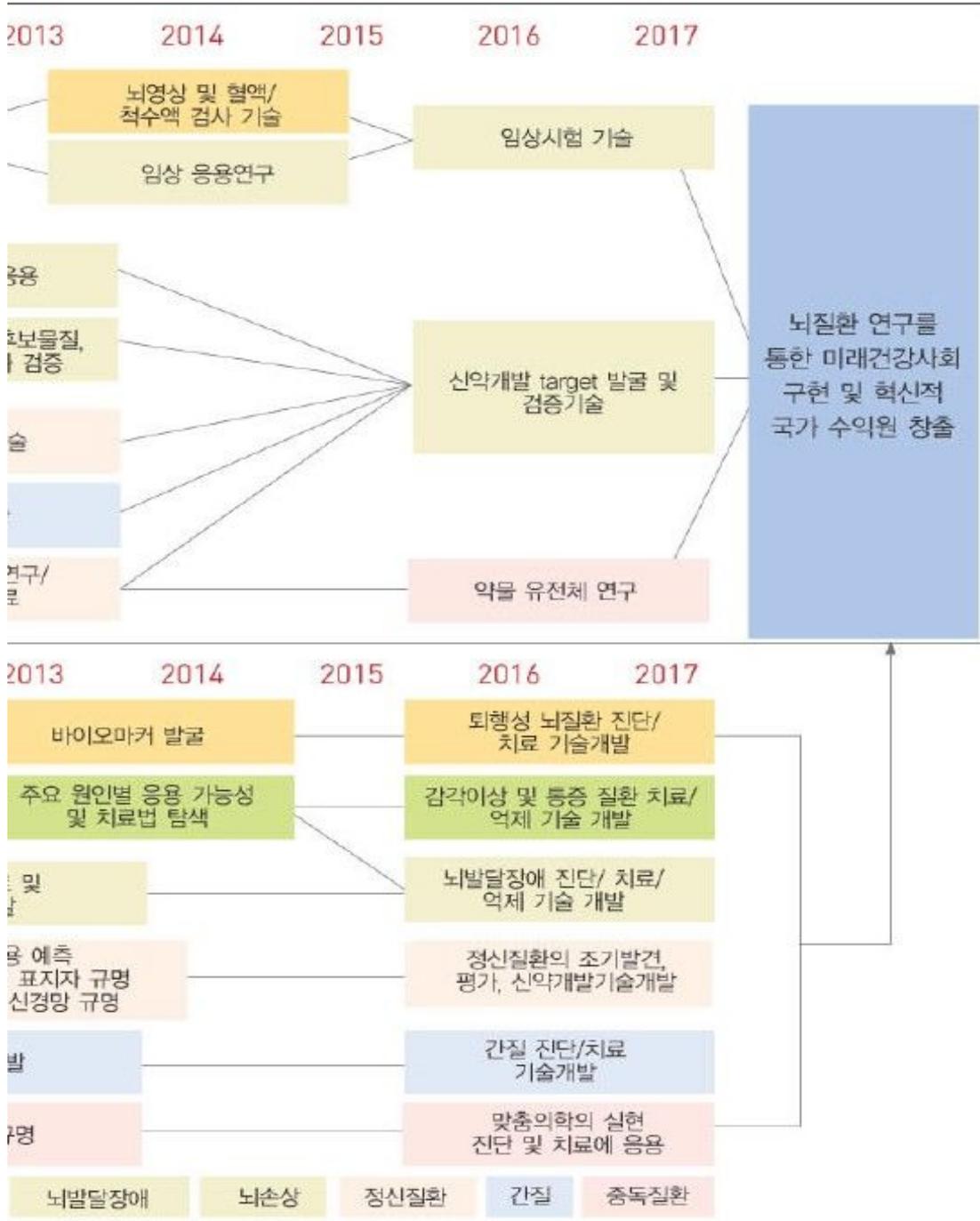
구 분		중점 추진 과제
R&D	만성퇴행성 뇌질환	○ 퇴행성 뇌질환 질환별 발생기전 기초연구
		○ 퇴행성 뇌질환 질환별 신약후보 물질 발굴
		○ 퇴행성 뇌질환 조기 진단을 위한 검사기술 개발
	급성뇌손상 질환	○ 세포 및 동물 모델에서의 신경세포사멸 기전 연구
		○ 기전에 근거한 신경세포보호제 후보물질 도출
		○ 동물모델에서의 약물효과 검증, 전임상 임상으로 진행
	정신성 및 중독성 뇌질환	○ 정신질환 조기 발견용 생물학적 표지자 발굴
		○ 정신병리의 신경학적 기전 규명
		○ 정신질환의 약물치료 및 약물개발용 표지자 발굴
		○ 중독질환의 신경생물학적 병태생리
		○ 중독질환의 약물 유전체
	감각이상 및 통증성 뇌질환	○ 감각이상 및 통증 신경 회로망의 가소성 연구
		○ 감각이상 및 통증 유관 이온통로 및 신경전달물질 연구
		○ 감각이상 및 통증을 피지움 및 시스템 연구
	경련성 뇌질환	○ 난치성 간질의 발생기전
		○ 간질환자의 유형별 유전학적 연관성 연구
		○ 항간질제 개발 후보물질 탐색 및 발굴
	뇌발달장애 및 유전성 뇌질환	○ 뇌발달장애 환자의 유형별 database 구축
		○ 발병 기전규명을 위한 세포 및 동물모델 개발
		○ 뇌발달장애 치료를 위한 신약후보물질 발굴
	뇌질환 치료제 개발	○ 화합물 및 치료제 개발
○ 세포 치료제 개발		
○ 약물전달, 나노 융합 기술		

다. 로드맵

최종목표	뇌질환 병인 규명 및 제어	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌질환 연구를 통한 미래 건강사회 구현 ○ 뇌질환 치료 기술 개발을 통한 혁신적 시장창출 	
연구성과 (2008~2016)	1단계 (2008~2012)	2단계 (2013~2017)
핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자/단백질 기능 연구기술 ○ 유전학적 역학연구/뇌발달 장애기전 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌영상 및 혈액, 척수액 검사 기술 ○ 임상시험 기술
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 줄기세포 응용기술, 유전자 치료 기술 siRNA 응용기술 ○ 신경세포 손상기전 연구 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 첨단융합기술응용 ○ 동물모델세포에서의 후보물질, 세포 치료효과 검증
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경생리학적 기술 ○ 유전체 활용기술 ○ 신경세포재생기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전체 활용기술 ○ 뇌영상기술 ○ 단백질체 등 연구, 진단과 치료 ○ 신약개발 Target 발굴 및 검증기술
주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기전관련 유전자 단백질 규명 ○ 선천적 유전자 이상, 후천적 뇌발달 장애요인 규명 ○ 주요 유전자 및 발병기전 규명 ○ 퇴행성 뇌질환 진단 치료기술 개발 ○ 감각이상 및 통증 질환 치료, 억제 기술 개발 ○ 뇌발달장애 진단, 치료, 억제 기술 개발 	

라. 추진 로드맵





IV. 뇌신경정보 및 뇌공학 분야

1. 범위와 특성 161
2. 환경변화 163
3. 추진방향 및 전략 167
4. 중점분야 및 로드맵 168

1. 범위의 특성

가. 적용범위

- 뇌의 구조와 기능을 모델링하고, 뇌신경계와 외부기기를 융합하여 외부기기를 조작 및 마비된 뇌기능 회복기술
 - 뇌신경세포, 신경회로 및 기능 네트워크 모델링
 - 정상 뇌기능 및 질환의 수리계산 모델링
 - 뇌와 기계와의 인터페이스
 - 신경칩 및 인공 디바이스를 이용한 치료 적용기술
- 뇌기능 이해, 진단 및 치료를 위해 뇌의 구조 및 기능을 영상화하는 기술
 - 신경세포와 뇌의 활동을 측정 및 분석 기술
 - 정상 뇌기능 및 뇌신경 정신질환에 대한 측정기술 개발
 - 실험동물에 대한 측정기술 개발
 - 전기생리 및 생화학적 정보를 획득하는 기술 개발



나. 특성 및 파급효과

1) 기술의 특성

□ 뇌신경정보 모델링

- 밝혀진 뇌신경계의 구조와 기능을 중심으로 모델링하기 때문에 뇌과학의 연구결과물에 상당부분 의존함
- 과도한 추상화로 인해 실제 뇌신경계와의 정확히 일치하지 않을 수도 있음
- 모델링의 결과를 실제 응용분야에 적용하여 대규모의 부가가치 창출이 가능

□ 뇌신경 정보기술 응용

- 국내에서는 신경신호 기반 BMI 연구가 저조하나 반도체, 초소형 마이크로 시스템(MEMS) 등 강점 분야를 활용할 경우 경쟁력 확보가 기대
- 인공와우 기술은 3개 회사가 이미 세계 시장을 선점하고 있으며 전극, 신호처리 기법 등 일부 원천기술/시장 확보가 가능할 것으로 기대

2) 파급효과

□ 뇌신경정보 모델링

- 생체의 제약으로 인한 직접적 연구가 불가능한 경우에도 개발된 모델을 통해 깊이 있는 연구가 가능
- 모델링의 결과물은 하드웨어 칩이나 소프트웨어의 형태로 만들어져 실제 다양한 현실세계의 문제를 해결하는데 응용
- 뇌를 실제 구현할 수 있는 토대가 되며, 기타 분야와의 상호협조를 통해 뇌 연구의 궁극적인 목표를 달성

□ 뇌신경 정보기술 응용

- 뇌신경-기계인터페이스를 위해 개발되는 기술들은 뇌신경계 기능측정 및 분석 등 신경과학 연구를 위한 유용한 도구를 제공
- 치료방법이 부재하는 뇌신경계 관련 기능이상에 대한 대안 제공

2. 환경 변화

가. 총괄 개요

뇌신경정보 모델링

뇌의 글로벌 네트워크와 기능에 대한 모델연구로 전개되는 추세임

- 뇌신경정보의 기능적 연결네트워크 모델링 및 응용연구 활발
- 융복합적인 뇌 모델링 연구의 중요성이 부각되고 있음
- 대용량, 초고속정보처리의 발달로 고급, 지능형 정보처리장치가 출현될 것임

뇌신경정보 기술 응용

인공 신경소자의 실제적 응용에 대한 기대가 부각되고 있음

- 뇌질환치료용 인공신경장치 시장규모가 급격하게 증가하고 있음
- 신경기능 회복을 위한 신경보철 프로그램이 마련되고 있음
- 바이오닉 맨의 출현가능성이 큼

뇌영상 기술

해부학적 정보, 생화학적 정보, 전기생리학적 정보를 통합하는 추세로 진행

- 공간분해능과 시간분해능을 향상시키는 기술개발이 진행 중이며, 해부학적 좌표에 기능정보를 중첩시키는 것이 보편화되고 있음
- 신경전류를 실시간으로 측정하기 위한 영상기술이 진행 중임
- 분자영상 probe, quantum-dot, B(F)RET, contrast agent 등을 이용한 고해상도 molecular imaging 기술이 최근 발전하고 있음

뇌신호 및 영상분석

고해상도 뇌신호 및 영상분석 기법의 발달은 21세기 신경과학 연구에 지대한 기여

- 뇌구조와 기능을 동시에 측정하여 정보를 상호 보완하기 위한 multimodal approach가 전개되고 있음
- 다채널 시계열 분석에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 분석결과를 실제 임상데이터에 적용하는 연구가 시도됨

나. 주요 분야별 환경 변화

1) 뇌신경정보 모델링

가) 세계 동향

- 일본 이화학연구소의 뇌과학 연구팀을 중심으로 뇌신경정보의 수리적인 모델링에 대한 연구가 활발히 수행
- MIT 및 보스톤 대학에서도 시각기능을 중심으로 다양한 모델링 결과를 산출

나) 국내 동향

- KAIST를 중심으로 시각과 청각, 행동, 추론과 같은 고차 뇌기능을 분석하고, 이를 모델링하여 실제 응용결과를 산출

2) 뇌신경 정보기술 응용

□ 단일신경신호 기반 BMI

- Duke University, Brown University, Caltech 등의 선도연구자들은 현재 영장류에 대한 프로토타입 실험을 활발히 진행 중
 - 특히 Brown University의 J. Donoghue 교수 연구팀의 경우 1인의 장애인에게 임상 실험을 성공적으로 완료했으며 추가로 1인에 대한 임상실험 진행 중
- 대뇌이식용 미세전극의 전기/기계적 특성, 생체적합성 및 무선 신호전달 등과 관련된 연구가 진행
 - University of Michigan, Arizona state university 등을 중심으로 활발히 진행

□ EEG 기반 BMI

- 사용자의 의도에 따른 임의의 동작을 가능케 하기 위해서는 외부자극 신호를 사용하지 않는 asynchronous BMI를 위한 연구가 필요함
 - 전극에 Conductive gel을 사용하여 cumbersome하며 수시로 전극부착 상태를 확인해 주어야 하는 단점이 있음
- 외부에서 인위적으로 준 자극에 응답하는 event-related signal change에 기반하고 synchronous BMI의 인식을 상승을 위한 연구에 집중
 - 외부 trigger 신호에 기반하여 움직이려하는 event-related spectral synchronization/desynchronization 등을 이용하여 상하 좌우의 움직임에 대한 의사를 인식하는 것을 활용
- 미국 University of Illinois의 E. Donchin 등은 외부 시각자극에 의한 P300파를 검출하여 글자판입력을 수행하는 BMI를 구현

□ 신경신호 계측 및 분석 시스템

- 대학 및 연구소에서의 기초연구와 함께 미국 Plexon Inc., Neuralynx 등의 회사에서 연구자를 위한 시스템을 상업화하여 판매중
 - 단일신경신호 계측 및 단일신경신호 검출 및 패턴분류, spike train 분석 등을 위한 시스템 관련
- 위에 언급한 BMI 관련 연구자들이 이들 회사의 시스템을 사용하여 연구를 진행중

□ Neuromodulation device

- 상지마비환자(뇌졸중)와 언어장애 환자를 대상으로 재활치료와 병행하여 대뇌피질 전기자극 치료의 안정성과 유효성을 확인하기 위한 임상시험 진행
 - ※ 미국 North Star Neuroscience사 (www.northstareneuro.com)
- 뇌 자극 단자 (뇌경막에 삽입, 피하를 통해 흉근 영역까지 확장), 삽입형 펄스 발생기 (흉근 영역에 삽입), 프로그래밍 시스템으로 구성
 - 재활치료와 병행하여 단기간 높은 전압으로 자극
- 뇌 전기자극을 통한 파킨슨병과 Essential Tremor 증상 완화용으로

2002년과 1997년 이후 각각 판매중

※ 미국 Medtronic 사 (www.medtronic.com)

- 인공와우 (cochlear implant)
- 1978년 CI에 의한 성공적인 청각기능회복이 보고된 이래 괄목할 만한 발전이 이루어짐
 - 현재에는 시술환자의 상당수가 단음절 단어의 경우 80 - 95 %에 이르는 높은 인식율을 갖도록 하는 단계임
 - 잡음 하에서의 음성이해에 어려움을 겪고 있음
- Cochlear 사, Advanced Bionics, MED-EL 등이 세계시장을 선점
- 전극의 개선, 양측형 인공와우 시스템, 보청기와의 결합, 생체청각계의 음성처리 방법의 모방 등 성능개선을 위한 노력 진행 중

□ **Retinal implant**

- 회복불가능한 망막(retina)의 병변에 의한 시력상실을 시각신경계의 전기자극에 의해 회복시키기 위한 기술
- 노령화에 따라 연령관련 황반변성의 빈도증가
- 고밀도, 생체적합성을 지닌 고밀도의 전극, 자극기를 비롯한 생체 삽입형 회로 등 하드웨어 기술 개발 중
- 매우 초보단계의 연구개발이 진행 중으로 매우 간단한 시각적 패턴의 감지가 보고된 수준임

다. 전반적 기술수준

주요 기술 분야	기술 격차 (년)	기술 수준 (%)	우리나라의 기술경쟁력		주요연구 분야	신기술유망 분야
			강점	약점		
1. 뇌 신경정보 모델링	3	80	IT분야의 발전으로 다양한 기술의 시도가 가능함	뇌신경과학과의 유기적인 연구가 미흡하여 체계적 연구 미약	신경회로망 모델링 및 응용 하이브리드 지능기술과의 접목	각종공학분야
2. 뇌신경 정보 기술 응용	3	70	반도체, 미세 제작기술, 정보기술 관련기반 기술	기초 및 임상 신경과학과의 연계 미흡	뉴럴칩 뇌기계인페이스 인공와우/망막	생체적합성 향상 신경신호처리 기술 신경자극기술

3. 추진방향

□ 차세대 미래유망사업을 육성할 시드형 분야에 투자

- 잠재적 경제·산업적 가치가 매우 높은 뇌-기계 인터페이스 기술 등 세계적 선도 유망 분야 원천기술의 개발에 우선적, 집중적 투자
 - ※ 인공와우 기술은 3개 회사가 이미 세계 시장을 선점하고 있으나 전극, 신호처리 기법, 원전이식기술 등 일부 원천기술 확보가 가능할 것으로 판단되며 시장확보도 기대
- 경쟁이 심한 분야보다 연구개발 초기 단계에 있는 분야에 집중하여 소수 분야라도 선도 제품/업체의 육성에 주력
 - ※ 인공시각 기술은 세계적으로도 개발초기 단계이며 이미 우리나라도 수년 전부터 연구를 시작하여 기술격차가 크지 않은 분야임

□ 연구성과 활용성이 높은 분야를 우선 투자

- 뇌기능진단 및 뇌질환진단 등 신경정신질환관련 의료산업에 실제 활용될 수 있는 분야를 우선적으로 선정하여 투자
- 타기술 및 산업으로의 파급효과가 높은 분야에 우선 투자하여 해당 기술의 효용성을 증가시킴
 - ※ 핸드폰이나 PDA, TV와 같은 각종 디지털기기 등 각종 가전제품 및 일상제품에 뇌신호 처리기술 및 뇌영상분석기술이 응용될 수 있음으로 사회적 파급력이 클 것으로 예측됨

□ 인접 뇌과학 및 기타 관련분야와의 학제간 연구조직 구축

- 뇌관련 학문 간의 협력연구 그리고 임상 및 기초신경과학 분야와의 유기적인 협조를 통해 새로운 모델을 구축
- 물리학, 전기공학, 수학 등의 관련 범이공계 분야 및 심리학, 사회학 등 인문사회과학과의 학제 간 연구조직 및 프로그램을 구축하여 시너지 효과 창출

4. 중점분야 및 로드맵

가. 중점 분야

1) 뇌신경정보 모델링

□ 개요

- 뇌신경세포 수리 계산 및 뇌신경정신질환의 수리 계산 모델링
- 뇌신경회로 및 기능 네트워크, 뇌기반 학습, 추론 시스템 모델링
- 대규모 뇌정보통합 시스템을 이용한 두뇌정보 시스템 모델링

□ 중요성

- 뇌의 구조와 기능에 대한 수리적인 모델을 통해 실제 뇌를 구현하는 연구가 필요함

□ 국내외 현황

- 실험실 단위의 소규모 연구조직은 국내외에 수없이 많이 있지만 생물학과 인지과학 및 정보과학이 유기적으로 연결되어 연구를 추진하는 조직은 많지 않음
- 일본 이화학연구소 산하 Brain Science Institute가 모범적인 연구체제를 구축하고 있으며 실제적으로 효과적인 연구결과를 많이 산출
- 생물학적 연산 원리를 이용한 로봇의 개발이 활발히 진행됨
- 스위스 로잔 연구소에서 개발한 뱀장어 등
- IBM 등에서는 병렬 연산 장치 BlueGene을 이용한 대규모 거시 두뇌신경계 수리 모델링을 시작

□ 기대효과

- 대규모 실제 신경계의 수리 모델링과 전기신경생리 실험을 병행함으로써 거시적 신경계의 기능을 밝히는 것이 보다 용이할 것임
- 대규모 두뇌 신경정보의 통합적 분석 시스템을 이용하여 뇌질환의 진단 등이 용이해질 것임
- 병렬계산에 의한 신개념 수치 연산, 정보처치 알고리즘이 개발

2) 뇌신경 정보기술 응용

□ 개요

- 뇌-기계인터페이스
 - 뇌신경계로부터의 신호를 측정, 분석하여 뇌기능을 진단하고 나아가 외부기기를 제어하거나 사용자의 의사, 의도를 외부에 전달
- 인공신경 (혹은 신경보철, 즉 neural prosthesis), 심부뇌자극, 미주 신경자극 등 신경변조장치 (neuromodulation device)를 포함

□ 중요성

- 신경계 손상환자들에게 기기 동작, 의사소통을 가능케 하며 인간과 기계와의 좀 더 자연스러운 인터페이스를 구현하게 함

□ 국내외 현황

- BMI를 위해서는 뇌파에 기반한 비침습적인 방법과 대뇌피질에 삽입되는 탐침형 전극으로 측정되는 단일신경신호에 기반한 방법이 널리 연구중
 - ※ 단일신경신호 : single neuron action potential
 - ※ 단일신경신호 기반 BMI는 매우 침습적인 방법으로 동작속도, 정확도 측면에 많은 장점을 지니고 있으나 장기간 전극이식에 따른 생체적합성 등의 문제점 해결이 필요
- 파킨슨병에 대한 DBS neuromodulation device는 2002년 FDA 승인 이후 임상적으로 널리 적용되고 있으며 국내에서도 활발히 시술중
- 인공와우는 청각기능 회복을 가능케 하였고 산업적인 측면에서도 거대한 시장창출에 성공하였으나 성능에 있어서 많은 개선의 여지가 있음
 - ※ 인공와우 : Cochlear implant

□ 기대효과

- 인공와우의 예에서 보듯이 매우 큰 사회적, 경제·산업적 가치를 창출할 것으로 기대됨

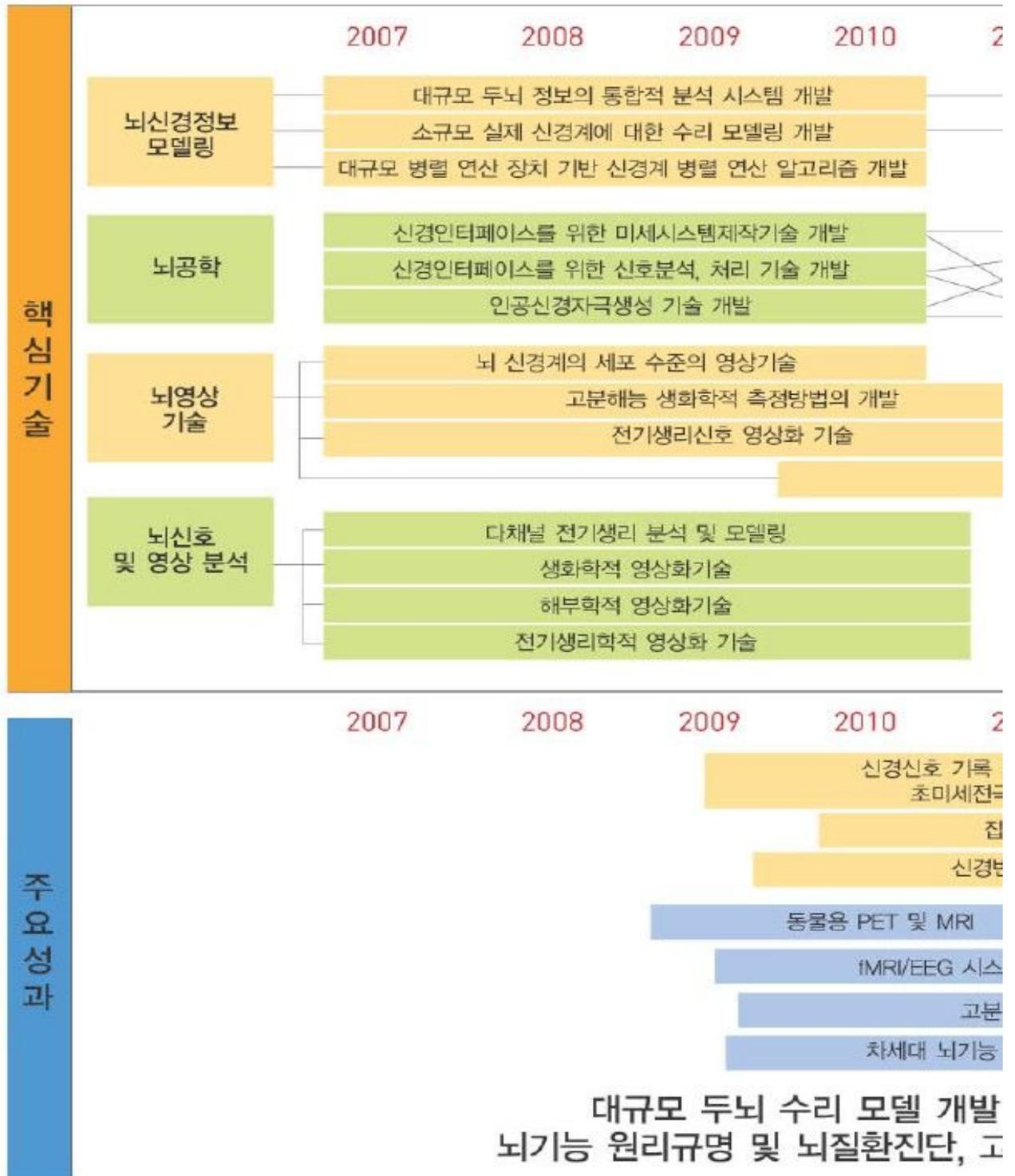
나. 중점추진 과제

구 분		중점 추진 과제
기 술	뇌신경정보 모델링	○ 뇌신경세포 수리계산 모델링
		○ 뇌신경회로 및 기능 네트워크 모델링
		○ 뇌기반 학습 및 추론 시스템 모델링
		○ 뇌신경 정신질환 수리계산 모델링
	뇌신경 정보기술 응용	○ 뉴럴 칩 및 인공신경 소자 기술
		○ 뇌신경-기계 인터페이스 기술
		○ 뇌신경계 조절 및 변조장치
	뇌영상기술	○ 뇌신경계의 분자 및 세포 수준의 영상 기술
		○ 고분해능 생화학적 측정방법의 개발
		○ 전기생리신호 실시간 영상화 기술
		○ 뇌영상기술의 신경과학 및 임상적 응용
		○ 생화학정보와 신경전류 동시측정 장비 개발
	뇌신호 및 영상분석	○ 다채널 전기생리신호 분석 및 모델링 기술
		○ 대용량 신경신호 분석 및 응용 시스템
		○ 해부학적 및 생화학적 동시 영상화 기술
		○ 해부학적 및 전기생리신호 동시 영상화 기술

다. 로드맵

<p>최종목표</p>	<p>뇌기능 원리규명 및 고성능 실시간 피침습적 진단장비 개발</p>	
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌신경정보 모델링을 통하여 실시간 뇌연구 ○ 뇌신경 정보기술을 응용하여 뇌신경-기계 인터페이스 개발 ○ 뇌영상 기술 및 뇌영상 분석 	
<p>연구성과 (2008~2016)</p>	<p>1단계 (2008~2012)</p>	<p>2단계 (2013~2017)</p>
<p>핵심기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌신경정보 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - 대규모 두뇌 정보의 통합적 분석 시스템 개발 - 실제 신경계에 대한 수리모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다중유전자 분석기술, 유전자와 환경분석 기술 ○ 뇌인지기능 향진 기술
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌공학 <ul style="list-style-type: none"> - 신경인터페이스를 위한 미세 시스템 제작 - 신경인터페이스를 위한 신호분석, 처리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌인지 기능 예측 기술 ○ 인간인지 뇌지도 완성
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌영상 기술 및 뇌신호 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 뇌신계의 세포수준의 영상기술 - 다채널 전기생리 분석 및 모델링 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대용량 신호분석 및 응용시스템 ○ 생화학정보와 신경전류 동시 측정장비 개발
<p>주요 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경신호 기록 및 신경자극용 초미세전극 어레이 ○ 신경변조기 ○ 동물용 PET 및 MRI ○ fMRI/EEG 시스템 ○ 인공와우 ○ 장기간 이식가능한 인공망막 ○ 분자 이미징 장비 ○ 차세대 뇌기능 측정 융합기술 	

라. 추진 로드맵





V. 뇌융합 분야

1. 범위와 특성 177
2. 환경변화 180
3. 추진방향 및 전략 185
4. 중점분야 및 로드맵 188

1. 범위와 특성

가. 적용범위

- 신경계 기능의 모방, 뇌와 인간의 공학적 접속 기술
- 기타 IT, BT 산업과의 융합 기술, 현재 및 미래의 생활양식
- 교육, 문화, 화학, 의약학, 공학, 국방을 포함한 제산업 분야와 직접적 연관성을 갖는 신경과학 연구 영역



나. 특성 및 파급효과

1) 기술의 특성

□ 뇌기능 측정

- 전기생리학적 정보를 제공하는 기술과 생화학적 정보를 제공하는 기술로 크게 구분되며, 이들 기술이 제공하는 정보는 상호 보완적임
- 각각의 뇌기능 측정기술은 장점과 단점을 가지고 있으며, 제한된 정보를 제공하므로, 이들을 융합하여야 통합적인 분석이 가능한 특징이 있음

□ 뇌 신호 및 영상 분석

- 뇌 신호 및 영상은 시간에 따른 변화가 크고, 다양한 변수가 작용하며, 측정 시간이 제한되어 있고, 잡음이 많은, 매우 복잡한 신호임
 - 뇌신호/영상 분석은 생체신호분석법 중 가장 어려운 기술임
- 현재 물리학자, 컴퓨터 공학자, 전기공학자, 수학자 등 다양한 분야의 전문가들이 뇌신호 및 영상 분석법을 연구중
 - 대뇌인지과정 시 신호 패턴 정량화, 신경정신질환 상태시 패턴 구분, 우울증 및 간질 발작 등 신경정신질환 발병 상태 예측 등에 대한 연구도 활발히 진행

2) 파급효과

□ 뇌기능 측정

- 뇌기능 이해를 위해 기반기술 제공
- 뇌질환진단 도구로 사용 및 상품화에 기여

□ 뇌 신호 및 영상 분석

- 뇌신호 및 영상분석 기술은 신경과학 연구 분야에서 가장 중요한 연구 주제 중 하나임
 - 지난 1990년대 비약적인 신경과학의 발달은 fMRI 및 PET 뇌영상 분석 기술의 발달에 힘입은 바 큼
- 고해상도 뇌신호 및 영상 측정 기술개발과 함께 이를 분석할 수 있는 기법의 발달은 21세기 신경과학 연구에 결정적인 기여 할 것으로 전망
- 뇌신호/영상은 가장 복잡한 생체신호이므로 뇌신호/영상분석법은 다른 생체신호(심장 박동)나 시스템에서 얻은 신호 분석에 유용
 - ※ 예 : 주가지수 등의 경제 데이터
 - ※ 뇌신호/영상은 복잡계 과학, 정보이론, 비선형 동역학, 비선형 신호처리법 등을 통해 얻을 수 있음
- 핸드폰이나 PDA, TV 등 다양한 디지털기기에 뇌신호 측정 및 실시간 분석장치가 내장될 전망
- 향후 20년 내, 뇌신호 및 영상은 병원이나 연구실에서만 활용되는 생체신호가 아닌 생활 속에서 쉽게 만날 수 있는 문화의 영역으로 편입될 것으로 예측
 - 자신의 뇌신호 및 영상을 조절하며 즐기는 문화가 만들어질 전망
 - 뇌신호 및 영상 분석법은 향후 모든 가전제품이나 일상용품에 활용될 것이며, 사회적 파급력 또한 커질 것으로 예측됨

2. 환경변화

가. 총괄 개요

융합기술 수요증대

**NT, IT 기술 기반 신경계 조절,
뇌공학 기술의 응용성 증대**

- 나노과학의 발전에 따른 뇌질환 제어 의약품의 안정적 전달 기술, 뇌기능의 향진 기술의 수요 증대
- IT 기술의 발전에 따른 신경계 기능의 모방, 뇌와 인간의 공학적 접속 기술의 실용화 가능성 증대

통합적 제어 응용 기술 활용

**인체 질병의 통합적 관리 및 제어
시스템**

- 뇌기반, 뇌기능정보 기술에 기반한 제 인체 질환의 통합적 조절 시스템의 구축
- 유비쿼터스-건강관리 시스템 응용 확산으로 관련 기술의 활용을 통한 산업적 파급효과가 예상

미래 신산업 창출의 필요

**스포츠, 레저, 문화, 교육, 의약학, 국방
산업 분야와 융합 연구의 수요 확대**

- 경제, 스포츠, 레저, 게임, 패션, 문화, 교육, 의약학 산업 등의 발전에 의한 새로운 기술의 유입 환경 도래
- 1단계 뇌연구 촉진 연구 사업의 시행에 따라 뇌 및 뇌기능정보 기술의 발전에 따른 융합적 연구의 최소 환경 확보
- 개인의 능력 및 집단의 능력 극대화를 위한 의사소통 기술의 응용 확대(뇌-기계, 기계-기계)
- 인간 편리를 최대의 가치로 두는 사업의 확산으로 새로운 산업이 창출될 것으로 전망

나. 주요 분야별 환경 변화

1) 뇌기능 측정

가) 세계 동향

- 공간분해능과 시간분해능을 향상시키는 기술개발이 진행 중이며, 해부학적 좌표에 기능정보를 중첩시키는 것이 보편화되고 있음
- MRI
 - 공간분해능 향상을 위해 MRI의 자기장 세기를 증가시켜 이미지 quality 향상
 - 조영제를 개발하여 공간분해능 및 대사과정 이미징의 정확성 향상 및 신경섬유 이미징을 위한 DTI 기법 개발 등이 진행
- EEG
 - 실제 머리모형 뇌도체 모델링 및 역문제 기법의 발달로 공간 분해능을 향상시키기 위한 노력이 진행 중
 - 계산부하의 증가에 비해 공간분해능의 향상은 미미한 편이어서 최근 MRI와 EEG를 동시에 측정하는 연구가 진행 중임
- MEG
 - 실시간 뇌신경활동을 측정하는 MEG와 해부학적 정보를 제공하는 MRI를 하나의 시스템으로 동시에 측정 가능한 기술 개발이 시작되었음
 - 냉매를 사용하지 않는 MEG 시스템 개발 중
- 해부학적 정보, 생화학적 정보, 전기생리학적 정보를 제공하는 각각의 영상을 통합하여 해석하는 추세로 진행

나) 국내 동향

- 뇌기능 측정기술에 관한 학회로서 대한뇌기능매핑학회가 창립
- 초고자장 MRI와 PET를 결합하는 기술 개발, MRI 조영제(Mn기반 및 나노자성입자)를 이용한 이미징 분해능 향상
- PET(PET-CT) 연구용으로 일부 사용 중, SPECT의 활용범위 확대 중
- 150채널 MEG 장치 개발, MEG 분석기술 개발, 냉매를 사용하지 않고 MEG 신호관측 성공
- fMRI/EEG 동시 측정시스템을 이용한 연구가 진행 중임

2) 뇌 신호 및 영상 분석

가) 세계 동향

- 뇌신호 분석법 개발은 독일(막스플랑크연구소를 중심으로)과 프랑스 등 유럽 국가의 여러 연구소 및 연구자들에 의해 활발히 진행
 - 현재 하나의 시계열 데이터 처리를 넘어, 다채널 시계열 데이터 사이의 정보 교환, 동기화 현상 등이 집중적으로 연구
 - 다채널 시계열 데이터 시뮬레이션으로 연구방향이 발전될 전망
 - 복잡계 과학과 비선형 동역학, 정보이론과 통계역학 등 다양한 이론들이 결합된 분석법이 연구중
 - 실제 임상데이터 혹은 인지심리 데이터에 적용하는 연구를 통해 정확도, 신뢰도 등을 높이는 연구를 수행중임

□ 뇌영상분석법 개발은 영국과 미국을 중심으로 활발히 진행

※ 영국 : University of College, London, 미국 : NIMH, 미국 국립보건원 산하
‘국립정신건강연구소’

○ 현재 전세계적으로 이 두 그룹에서 개발한 SMP와 AFNI 프로그램이
뇌영상분석 연구에 사용

- 앞으로 Diffusion tensor imaging (DTI)이나 뇌구조 영상 (MRI,
CT)과 결합된 multimodal data analysis 기법이 개발될 예정

○ 미국 주요대학 부설 병원에서 뇌영상 분석법을 환자의 질병 진단,
발병 예측, 수술 사전 계획 등에 적용하는 연구를 집중적으로 수행

※ 하버드, 스탠포드, 콜롬비아-코넬, 존스홉킨스 등

○ 매년 프랑스와 미국, 일본 등지에서는 뇌신호 및 영상분석법에
대한 교육을 진행하면서 후학들을 양성하고 있음

※ computational neuroscience summer school 또는 neuroimaging school을 통해 교육

나) 국내 동향

□ 뇌신호 처리의 경우 비선형동역학과 통계물리학 연구자들을 중심으로 집중적으로 연구

○ 대부분 뇌신경신호의 비선형적인 특징을 정량화하고 신경정신질병
진단 및 예측 등에 활용하는 방안을 연구중

※ 충북대 (물리학과 비선형/신경동역학 연구실), 포항공대 (물리학과 비선형 및
컴플렉스 시스템 연구실), 고려대 (물리학과, 신경망동역학 연구실), 표준과학
연구원 생체신호계측연구단, 카이스트 (바이오및뇌공학과 신경물리학 연구실),
인제대 (컴퓨터 응용과학부 카오스21) 등

□ 뇌영상 분석법 역시 세계적인 연구 성과를 얻고 있는 그룹이 다수 존재함

- 서울대 핵의학과 및 의공학과, 그리고 한양대 생체공학부, 연세대 진단방사선과 등에서는 fMRI, DTI, PET 데이터 분석에 대한 공학적 연구를 활발히 수행
- 서울대 신경정신과 및 연세대 정신과, 삼성의료원 신경과, 카이스트 뇌과학 연구센터 fMRI 연구실에서는 뇌기능 영상기법, DTI, 초고속영상기법, 뇌기능 및 DTI 영상도시법, fMRI/EEG 통합분석 시스템 등의 연구가 진행

다. 전반적 기술수준

주요 기술 분야	기술 격차 (년)	기술 수준 (%)	우리나라의 기술경쟁력		주요연구 분야	신기술유망 분야
			강점	약점		
1. 뇌기능 측정	3	70	우수한 IT 및 전자산업기술이 측정장치 개발에 매우 유리함	시스템 개발에 필요한 전반적인 요소기술의 저변이 취약함	고자장 MRI, 고분해능 PET, 다채널 MEG	고분해능 이미징, 고위 뇌기능연구, 치매노기진단
2 뇌신호 및 영상 분석	3	75	물리학/공학 기반 신호분석과 임상데이터 적용에 강함	신호 분석 및 뇌영상 분석 방법론 개발에 취약함	비선형다채널 생체신호분석 fMRI/DTI 데이터 분석	비선형다채널 생체신호모델링, DTI 데이터 분석, fMRI 데이터 모델링

3. 추진방향 및 전략

가. 추진 방향

- **NI, IT 기술과의 융합형 뇌연구 과제의 발굴 및 대형 국가 연구개발 프로그램 신설**
 - 나노기술 적용을 통한 뇌영상기술, 뇌질환 제어 의약품의 전달 시스템, 뇌기능 향진분야에서의 융합과제 발굴
 - 연구개발 초기단계에 있는 국내 BMI, DBS 기술의 혁신을 위해 국내 IT와의 융합연구 수행
 - 핸드폰이나 PDA, TV와 같은 각종 디지털기기 등 경제적 파급효과가 높은 가전제품 개발에서의 뇌신호 처리기술 및 뇌영상 분석기술의 적용분야 발굴
- **뇌과학 융합기술 확산을 촉진하기 위한 교육, 인력, 산업 기반 구축**
 - 대학 및 뇌관련 연구기관 내 뇌과학 융합기술관련 협동과정 및 연구프로그램 구축을 통한 인력 양성
 - 뇌과학 융합기술관련 학제 간 교류 활성화를 위해 국내 학회 설립 추진 및 관련 심포지엄 지원
 - 뇌연구와 교육 및 스포츠, 레저, 게임 등의 문화산업 그리고 국방산업 간의 연계 강화를 통한 뇌정보기술 및 뇌관련 콘텐츠의 산업적 활용 촉진
- **사회적 파급효과가 높은 분야에서의 뇌과학기술 개발 및 활용**
 - 절단장애 극복을 위한 보철술 관련 장치 개발에서 BMI, BCI기술의 응용 등 의약학산업에서의 뇌과학기술의 확산
 - 뇌질환을 포함한 중요 인체질환의 진단, 예측 및 조절의 통합적 관리 기술 개발
 - 유비쿼터스-헬스 시스템으로의 융합 기술의 확산

4. 중점분야 및 로드맵

가. 중점 분야

1) 뇌기능 측정

개요

- 뇌기능의 이해, 진단 및 치료과정 모니터링 기술
- 뇌의 전기생리학적 및 생화학적 정보를 획득하는 기술
- 세포 또는 분자수준의 미시적 정보를 얻는 기술

중요성

- 뇌기능의 총괄적인 이해를 위해서는 신경전류정보와 대사정보의 융합이 필요함
- fMRI, PET, EEG, MEG 등의 뇌기능 측정기술은 신경계 및 정신질환의 진단 및 치료과정 모니터링에 필수적인 도구가 되고 있음
- 뇌기능 측정기술은 뇌의 국소적인 영역에 치중된 연구에서 뇌의 여러 영역간의 연결성을 밝히는 분야로 발전

국내외 현황

- 초고자장 MRI와 PET의 결합기술 개발 중
- 조영제를 이용한 MRI 이미징 분해능 향상기술 개발하였음
- 헬멧형 150채널 MEG 장치 개발, MEG 분석기술 개발 중

기대효과

- 신경과학의 전반적인 연구수준 향상에 기여
- Functional connectivity 및 뇌의 통합적인 연구가능
- 고가의 뇌기능 측정장치 상품화

2) 뇌 신호 및 영상 분석

□ 개요

- 향후 10년은 새로운 측정방법 개발과 함께, 기존의 뇌신호/영상 측정 방법을 통합 분석하여 뇌에 대한 전일적인 이해를 추구하고자 함
- 기존 측정방법을 통합할 경우 생성되는 대용량 다채널 데이터를 분석하고 모델링하는 기술이 절실히 요구됨

□ 중요성

- 뇌신호 및 영상 측정 방법의 비약적인 발달을 신경과학 연구에 직접적인 영향으로 유도하기 위해서는 분석 기술의 발달이 필수적임
 - 따라서 다채널 뇌파 상호작용 분석 시스템과 대용량 신경신호 분석 시스템 개발이 크게 활용될 것임
- 다채널 비선형 뇌파데이터 분석 및 모델링 시스템 개발은 비선형 신호처리 분야의 핵심 연구 과제이므로 집중적인 연구가 필요
- 세포 영상법 바이오 및 신약 개발에서의 임상 monitoring, 줄기세포를 이용한 질병 진단 및 치료에 적용될 가능성이 아주 높음

□ 국내외 현황

- 유럽(EU)
 - 나라별 연구네트워크 구축을 통해 fMRI/EEG, MRI/fMRI/DTI 동시 측정 데이터 통합 분석시스템 개발에 매년 500억 원 지원
- 미국
 - 다양한 프로젝트를 통해 대용량 데이터를 공유하고 분석/모델링하는 통합시스템 개발에 약 200억 원을 투입

- 현재 우리나라에서는 이에 대한 연구 지원이 턱없이 부족해, 개인 연구자 차원에서만 진행되고 있음

□ 기대효과

- 본 기술이 개발될 경우, 뇌에 대한 이해에 획기적인 기여를 할 것이며, 신경생물학, 심리학, 인지과학 등 폭넓은 분야의 학문 발전에 크게 공헌할 것임
- 임상적인 효과도 클 것으로 예상됨
 - EEG/MEG 분석을 통한 간질 발작 조기 예측 시스템 개발을 통해 약 50만 명으로 추산되는 간질 환자의 발작을 조기에 예측
 - ※ 경제적 이득은 300억 원에 이를 것으로 추정
- EEG/MEG 분석을 통한 치매 조기진단 및 예측 시스템이 매년 30만 명씩 늘어나는 치매 환자들의 발병 시기를 10년 이상 늦출 수 있을 것으로 전망
 - ※ 경제적 효과는 약 3,000억 원으로 추정

4. 중점분야 및 로드맵

가. 중점추진 과제

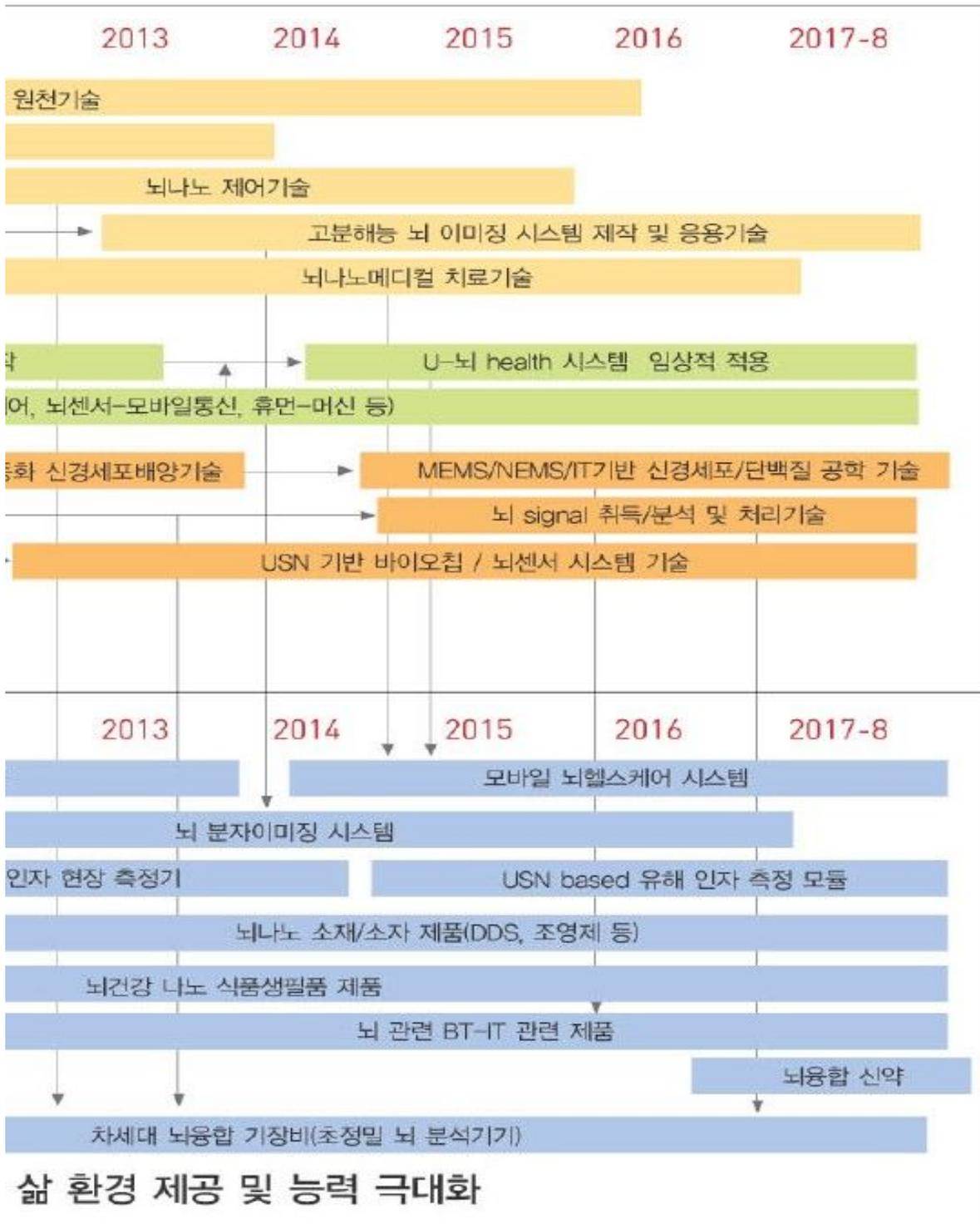
구 분		중점 추진 과제
R&D	뇌기능 측정	○ 단일세포의 신경전류 및 대사과정 측정기술 개발
		○ 고분해능 MRI 이미징 기술 개발
		○ 비냉각방식의 MEG 시스템 개발
	뇌신호 및 영상분석	○ 간질 (치매) 예측용 대체널 비선형 뇌파데이터 분석 시스템 개발
		○ fMRI, DTI, MRI 동시측정 데이터 통합분석 시스템 개발
		○ EEG/fMRI 동시측정 시스템 개발 및 신경과학적 응용

나. 로드맵

최종목표	뇌융합에 의한 인간을 위한 최적 삶 환경 제공 및 능력 극대화	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ NT, IT 기술 등의 응용을 통한 뇌과학 기술 혁신 가속화 ○ 교육, 문화, 국방, 의약분야와의 연계를 통한 미래 뇌과학 융합산업 육성 	
연구성과 (2008~2016)	1단계 (2008~2012)	2단계 (2013~2017)
핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-NT <ul style="list-style-type: none"> - 뇌 콘텐츠 및 뇌나노 소재/소자 원천기술 - 차세대 뇌칩/뇌센서 기술 - 뇌나노 분석기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-NT <ul style="list-style-type: none"> - 뇌나노 제어기술 - 고분해능 이미징 시스템 제작 - 뇌나노메디컬 치료기술
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-IT <ul style="list-style-type: none"> - 뇌전자 정보기술 - 유헬스시스템 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-IT <ul style="list-style-type: none"> - 유헬스 시스템 임상적 적용 - 뇌인터페이싱 기술
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-NT-IT <ul style="list-style-type: none"> - MEMS 기반 신경세포 배양기술 - USN 기반 바이오칩 시스템 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌-NT-IT <ul style="list-style-type: none"> - MEMS 기반 신경세포 공학 기술 - 뇌시그널 취득 분석 및 처리기술
주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차세대 뇌칩 기반 질병진단 시스템 ○ 다양한 뇌 유해인자 측정기 ○ 뇌건강 나노 식품 생필품 제품 ○ 뇌나노 소재/소자 제품 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일 뇌헬스케어 시스템 ○ 뇌분자 이미징 시스템 ○ USN 유해 인자 측정 모듈 ○ 뇌융합 신약

다. 추진 로드맵





참고 자료

목 차

1. 제2차 뇌연구촉진기본계획 위원회 명단	197
2. 연구실적	202
3. 인프라 현황	204
4. 뇌질환 시장 규모 및 전망	207
5. 인력 소요	208
6. 관련 법령	209
7. 주요 연구개발성과(추가)	215
8. 참고 문헌	221

참고자료 1

제2차 뇌연구촉진기본계획 위원회

□ **총괄추진위원회(19명)**

구 분	성 명	소속(직위)	비 고
학계 (8)	오 우 택	서울대 약대 교수	위 원 장
	고 재 영	울산대 의대 교수	뇌의약 분과위원장
	한 평 립	이화여대 의과대학 뇌신경과학교실 교수	총괄 분과위원장
	김 은 준	KAIST 생명과학부 교수	뇌신경생물 분과위원장
	오 영 준	연세대 이과대학 생물학교수	
	이 종 식	울산대 의대 교수	
	김 승 환	포항공대 물리학과 교수	뇌신경정보 분과위원장
	서 해 영	아주대 의대 교수	
연구계 (4)	신 희 섭	KIST 신경과학센터장	뇌인지 분과위원장
	안 상 미	질병관리본부 국립보건연구원 생명의과학센터 뇌질환팀장	
	이 재 란	한국생명공학연구원 단백질시스템연구센터	
	공 재 양	화학(연) 약리활성연구팀	
산업계 (5)	안 순 길	종근당 종합연구소 소장	
	정 원 태	한미약품 개발 상무	
	김 기 원	뉴로테크 부사장	
	김 상 용	삼성중기원 전무	
	이 희 연	LG 기술원 정보기술연구소 소장	
특허	이 종 승	남앤남 변리사	
인문사회계	현 병 환	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터장	간사

□ 기획실무위원회(12명)

성명	소속	비고	
오우택	서울대 약대 교수	총괄추진 위원장	
한평림	이화여대 의대 교수	분과 위원장 (총괄)	실무 작업반
김은준	KAIST 생명과학부 교수	분과 위원장 (뇌신경생물)	
고재영	울산대 의대 교수	분과 위원장 (뇌의약)	
김승환	포항공대 물리학과 교수	분과 위원장 (뇌신경정보)	
신희섭	KIST 신경과학센터장	분과위원장 (뇌인지)	
현병환	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터장	총괄추진 위원회 간사	실무 작업반
이천무	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터	총괄 분과	
선응	고려대 의대 교수	뇌신경생물	
김상정	서울대 의대 교수	뇌의약	
이용호	표준연구원 생체신호계측연구단	뇌신경정보	
한정수	건국대학교 생명과학부 교수	뇌인지	

□ 총괄분과(7명)

구 분	성 명	소 속	비 고
학 계	한 평 립	이화여대 의대 교수	위원장
	이 동 수	서울대 의대 교수	
	최 승 진	포항공대 컴퓨터공학과 교수	
연 구 계	김 영 보	가천의과학대 뇌과학연구소	
	이 천 무	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터	간사
	유 경 만	기초(연) 정책부장	
산 업 계	서 동 욱	LG 생명과학 의약평가그룹 부장	

□ 뇌신경생물 분과(8명)

구 분	성 명	소 속	비 고
위 원 장	김 은 준	KAIST 생명과학부 교수	위원장
학 계	하 정 실	세종대 교수	
	선 응	고려대 의대 교수	간사
	오 세 관	이화여대 의대 교수	
	황 선 욱	고려대	
연 구 계	이 창 준	KIST 신경과학연구센터	
산 업 계	김 진	종근당 개발본부 이사	
전문기관	최 용 경	과학재단 생명공학전문위원	

□ 뇌의약 분과(7명)

구 분	성 명	소 속	비 고
위 원 장	고 재 영	울산대 의대 교수	위원장
학 계	김 재 진	연세대 의대 교수	
	김 상 정	서울대 의대 교수	간사
	김 대 진	카톨릭 의대 성가병원 교수	
연 구 계	고 영 호	질병관리본부 뇌질환팀	
산 업 계	박 양 혜	SK 케미칼 생명과학연구소 선임연구원	
전문기관	김 기 태	보건산업진흥원 의과학팀장	

□ 뇌인지 분과(6명)

구 분	성 명	소 속	비 고
위 원 장	신 희 섭	KIST 신경과학센터장	위원장
학 계	정 천 기	서울대 의대 교수	
	강 은 주	강원대 심리학과 교수	
	이 상 훈	서울대 심리학과 교수	
	한 정 수	건국대학교 생명과학부 교수	간사
연 구 계	홍 관 수	기초지원(연) 자기공명영상팀	

□ 뇌신경정보 분과(10명)

구 분	성 명	소 속	비 고
위 원 장	김 승 환	포항공대 물리학과 교수	위원장
학 계	박 현 욱	KAIST 전자전산학과 교수	
	조 성 배	연세대 컴퓨터공학과 교수	
	신 형 철	한림대 의대 교수	
	나 홍 식	고려대 의대 생리학 교실	
	김 경 환	연세대 보건과학대학	
	정 재 승	KAIST 바이오시스템학과	
연 구 계	이 용 호	표준연구원 생체신호계측연구단	간사
산 업 계	박 민 규	삼성중기원 전문위원	
전문기관	임 교 빈	산기평 바이오 전문위원	

□ 실무작업반(8명)

성 명	소 속	비 고
한 평 립	이화여대 의대 교수	총괄 분과 위원장
현 병 환	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터장	총괄 간사
이 천 무	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터	총괄(실무 간사)
김 수 길	한국생명공학연구원 생명공학정책연구센터	총괄 지원
선 응	고려대 의대 교수	뇌신경생물
김 상 정	서울대 의대 교수	뇌의약
이 용 호	표준연구원 생체신호계측연구단	뇌신경정보
한 정 수	건국대학교 생명과학부 교수	뇌인지

참고자료 2 연구실적(논문)

<뇌분야 피인용지수 상위 2000등 이내 논문의 각나라 비율>

(단위: %)

연도	한국	중국	일본	프랑스	미국
2005	0.8 (19)	1.6 (15)	5.5 (4)	4.2 (7)	59.6 (1)
2004	0.7 (22)	1.8 (16)	9.0 (4)	7.6 (5)	64.6 (1)
2003	0.8 (20)	1.1 (18)	7.8 (4)	6.2 (6)	66.5 (1)
2002	0.7 (21)	0.9 (19)	8.6 (4)	6.2 (6)	65.9 (1)
2001	0.4 (23)	0.7 (20)	8.1 (4)	7.2 (5)	65.1 (1)
2000	0.4 (21)	0.4 (20)	7.0 (5)	7.3 (4)	66.5 (1)
1999	0.4 (21)	0.5 (19)	6.7 (5)	6.2 (6)	67.0 (1)
1998	0.1 (38)	0.2 (29)	6.7 (6)	7.0 (4)	68.7 (1)

※ 괄호안은 그해의 나라별 순위. *2005년의 경우 7월까지의 자료

※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05)

<한국에서 발표된 뇌신경/의학 논문의 각분야별 비율>

연도	신경/임상 신경과학	분자생물/ 생화학	미생물학	약리/약학	종양학	면역학
2005	8.8	14.6	6.9	10.0	5.1	4.7
2004	9.6	17.5	6.9	9.8	5.1	4.9
2003	8.0	19.9	5.9	9.2	5.3	4.0
2002	9.4	18.2	5.1	9.2	5.5	3.1
2001	7.4	20.5	6.2	8.8	4.5	4.4
2000	7.7	21.1	6.3	9.4	5.1	4.6
1999	6.7	21.6	7.9	8.6	4.8	5.2
1998	7.4	25.1	7.1	9.9	4.2	4.2

* 2005년의 경우 7월까지의 자료

※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05)

(2004년 연구분야별 논문 비율)



※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05)

<뇌분야 논문 국가별 인용도 순위>

(단위 : %)

연도	한국	중국	일본	프랑스	미국
2005	13	8	2	7	1
2004	13	8	2	6	1
2003	18	11	2	5	1
2002	13	14	2	6	1
2001	17	9	2	5	1
2000	24	12	2	5	1
1999	22	17	2	8	1
1998	15	17	3	5	1

※ 괄호 안은 그해의 나라별 순위, 2005년의 경우 7월까지의 자료

※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05)

○ 국내 뇌연구 관련 학회 : 20개 학회

No.	학 회 명	창립 년도	홈페이지
1	한국뇌신경과학회	1992	www.ksbns.org
2	한국뇌학회	1998	“신경과학협의회”로 전환 (2007년 7월 이후) www.brainsociety.org
3	대한신경과학회	1982	www.neuro.or.kr
4	대한임상신경생리학회	1996	www.kscn.or.kr
5	대한통증학회		
6	대한한방신경정신과학회	1970	www.onp.or.kr
7	대한수면연구회	2002	www.sleepnet.or.kr
8	한국심리학회		
9	대한소아신경학회	1993	www.cns.or.kr
10	대한치매학회	1996	www.thedementia.co.kr
11	대한두통학회		www.headache.or.kr
12	대한척추신경외과학회	1987	www.neurospine.or.kr
13	대한뇌혈관외과학회	1986	www.kcvs.org
14	분자영상의학회		
15	한국인지과학회	1987	www.cogsci.or.kr
16	대한신경외과학회	1961	www.neurosurgery.or.kr
17	대한뇌졸중학회	1998	www.stroke.or.kr
18	대한신경정신의학회	1945	www.knpa.or.kr
19	대한뇌기능매핑학회	2002	
20	대한신경중재치료의학회	1994	www.ksin.or.kr
21	대한스트레스학회		
22	대한퇴행성뇌질환학회		

※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05), 일부내용 업데이트

○ 국내 대학부설 연구소 현황 :

- 국내 대학에 최소 28개 뇌과학 관련 연구소가 활동

No.	소속	연구소명	분야
1	가천의과학대학교	뇌과학연구소	뇌과학 및 뇌영상 연구
2	가톨릭대학교	뇌신경센터	중추 신경계 질환 연구
3	가톨릭대학교	뇌질환 유전체센터	뇌질환의 유전적 연구
4	국제평화대학교	뇌연구소	뇌호흡
5	고려대학교	인간행동과 유전자연구소	행동과 유전자 연구
6	고려대학교	정신건강연구소	정신질환 연구
7	고려대학교	행동과학연구소	행동 연구
8	고려대학교	신경과학연구소	신경계 연구
9	경북대학교	동통과 신경손상 연구소	신경손상억제 및 재생 연구
10	경희대학교	노인성 및 뇌질환 연구소	뇌인성 및 뇌질환 연구
11	계명대학교	뇌연구소	뇌 신경 연구
12	동아대학교	뇌종양연구소	뇌종양 연구
13	동아대학교	서운 청각연구소	내이와 청신경 연구
14	서울대학교	신경과학연구소	뇌 신경계 질환 연구
15	서울대학교	인지과학연구소	인지과학 연구
16	서울산업대학교	바이오센서연구소	바이오센서
17	연세대학교	뇌연구소	신경과학 연구
18	연세대학교	인지과학연구소	인지과학 연구
19	연세대학교	의학행동과학연구소	정신 및 행동 뇌영상 연구
20	울산대학교	뇌신경연구센터	뇌신경계 질환 연구
21	이화여자대학교	뇌질환기술연구소	뇌질환 기전 연구 및 약물 개발
22	인제대학교	뇌과학기술연구소	뇌질환 기전 연구
23	인하대학교	뇌과학 및 신경과학 연구회	뇌과학 및 신경과학 연구
24	포항공과대학교	뇌연구센터	뇌신경정보 연구
25	한림대학교	뇌인지신경정보과학기술연구소	뇌 신경정보 연구
26	한양대학교	정신건강연구소	정신건강 연구
27	KAIST	뇌과학연구센터	뇌영상 연구
28	KIST	신경과학센터	인지기능의 융합연구

※ 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사” (’05), 일부 내용 재구성

○ 국내 뇌관련 기업 현황 : 13개 기업

No.	학 회 명	비 고
1	뉴로테크	뇌질환 제어 신약 개발, 신약후보물질 확보, 1개 후보 물질 임상2상
2	뉴로넥스	
3	뉴로제넥스	
4	바이오시너젠	
5	싸이제닉	
6	크리스탈지노믹스	
7	CTI	
8	메디너스	
9	리시스템	
10	동보 시스템	
11	아이슬 테크놀러지	
12	디지털바이오텍	
13	코스바이오텍	

※ 출처 : 생명공학정책연구센터, “뇌연구 및 활용기술” (’07.7)

참고자료 4

뇌질환 시장 규모 및 전망

□ **뇌질환 관련 산업의 세포치료 및 신경·소화기계 의약품의 세계 시장 규모 및 전망**

<질환별 세포치료 세계 시장규모 및 전망(2005~2015)>

(단위 : 억 달러)

치료질환	2005	2010	2015	CAGR
근골격계 질환	28	49	78	10.8%
암	18	67	85	16.8%
심혈관계 질환	21	38	59	10.9%
당뇨	17	32	53	12.0%
혈액질환	25	53	74	11.5%
간질환	15	20	29	6.8%
신경질환	57	101	218	14.4%
피부, 상처 치료	13	28	55	15.5%
비뇨기 질환	7	15	33	16.8%
기타질환	45	92	181	14.9%
총계	246	495	865	13.4%

※ 출처 : Jain PharmaBiotech Report(2005)

<신경 및 소화기계 의약품 세계시장 규모 및 예측(1995~2012)>

(단위 : 억 달러)

구분/연도	1995	1997	1999	2000	2006	2012
항우울제	31	59	97	110	141	200
간질치료제	13	27	38	46	75	117
항정신병	25	37	40	50	86	172
치매치료제	18	20	22	25	31	120
항궤양제	106	117	131	143	152	250
합계	193	328	374	485	607	859

※ 출처 : Health World Review(1999), IMS

참고자료 5

인력소요

□ 소요인력의 추정

- 제1차 기본계획 기간의 뇌연구분야 인력배출의 증가추세('98~'06)를 고려하여 제2차 뇌연구촉진 기본계획의 소요인력을 추정
- '08~'17년 소요인력의 연평균성장률은 15%로 전망

※ 제1차 기본계획('98~'06)에 배출된 연평균 성장률 15%를 '17년까지 일괄적용

$$\begin{aligned} & \text{[산출식] '08~'17년 소요인력} \\ & = \text{전년도 소요인력} \times 1.15 \end{aligned}$$

※ 전년도 소요인력의 초기값('07년도)은 2,300명

〈제2차 기본계획 기간의 소요인력〉

(단위 : 명)

년도	소요인력	년도	소요인력
'08년	2,645	'13년	5,316
'09년	3,040	'14년	6,113
'10년	3,496	'15년	7,030
'11년	4,020	'16년	8,084
'12년	4,623	'17년	9,296

※ 뇌과학 분야 총 누적 소요인력은 '06년 2,000명에서 '17년 9,296명(연평균 15%)으로 증가

※ '98년(650명) ~ '06년(2,000명)까지의 연평균성장률은 15%

※ '07년은 2,300명으로 추정

※ 소요인력은 인력배출 추세를 예측한 자료이며 본 계획에서는 인력의 질적제고에 중점을 두고 있음

○ **뇌연구 촉진법 :**

- 제정 1998.06.03 법률 제5547호
- 개정 2001.01.29 법률 제6400호, 개정 2002.12.26 법률 제6811호

뇌연구촉진법

제1조 (목적) 이 법은 뇌연구 촉진의 기반을 조성하여 뇌연구를 보다 효율적으로 육성·발전시키고 그 개발기술의 산업화를 촉진하여 국민복지의 향상 및 국민경제의 건전한 발전에 기여함을 목적으로 한다.

제2조 (정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "뇌연구"라 함은 뇌과학, 뇌의약학, 뇌공학 및 이와 관련된 모든 분야에 대한 연구를 말한다.
2. "뇌과학"이라 함은 뇌의 신경생물학적 구조 및 인지, 사고, 언어심리 및 행동 등의 고등신경 정 신활동에 대한 포괄적인 이해를 위한 기초 학문을 말한다.
3. "뇌의약학"이라 함은 뇌의 구조 및 기능상의 결함과 뇌의 노화등에 기인한 신체적·정신적 질환 및 장애에 대한 원인 규명과 이의 치료, 예방 등에 관한 학문을 말한다.
4. "뇌공학"이라 함은 뇌의 고도의 지적 정보처리 구조와 기능을 이해하고 이의 공학적 응용을 위한 이론 및 기술에 관한 학문을 말한다.
5. "관계중앙행정기관"이라 함은 교육인적자원부, 과학기술부, 산업자원부, 정보통신부, 보건복지부를 말한다.

제3조 (적용범위) 뇌연구에 관하여는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 법에 의한다.

제4조 (정부 등의 책무) ①정부는 뇌연구 촉진을 지원하기 위한 시책을 강구하고, 이를 적극적으로 추진하여야 한다.

②대학·연구기관·기업 및 개인 등 뇌연구를 수행하는 자는 제1항의 규정에 의한 시책에 적극 협력하여야 한다.

제5조 (뇌연구촉진기본계획의 수립) ①관계중앙행정기관의 장은 소관별로 뇌연구 촉진을 위한 계획과 전년도 추진실적을 과학기술부장관에게 제출하여야 한다.

②과학기술부장관은 제1항의 규정에 의하여 관계중앙행정기관의 장이 제출한 소관사항에 관한 뇌연구 촉진을 위한 계획을 종합·조정한 후 제7조의 규정에 의한 뇌연구촉진심의회회의 심의를 거쳐 뇌연구촉진기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립하고, 이를 관계중앙행정기관의 장에게 통보

하여야 한다. 기본계획을 변경하는 경우에도 또한 같다.

③제2항의 규정에 의한 기본계획에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.

1. 뇌연구의 중장기적 목표 및 내용
2. 뇌연구에 필요한 투자재원의 확대방안 및 추진계획
3. 교육·산업·보건복지·정보통신·과학기술 등 각 분야의 뇌연구에 관한 계획
4. 뇌연구에 필요한 인력자원의 개발 및 효율적인 활용에 관한 종합계획
5. 뇌연구 결과의 이용과 보전에 관한 계획
6. 기타 뇌연구 촉진을 위하여 필요한 중요사항

제6조 (뇌연구촉진시행계획의 수립) ①관계중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 매년 뇌연구촉진시행계획(이하 "시행계획"이라 한다)을 수립하고 이를 시행하여야 한다.

②관계중앙행정기관의 장은 시행계획을 수립하고자 할 때에는 미리 과학기술부장관과 협의하여야 한다.

③과학기술부장관은 필요한 때에는 시행계획의 수립에 필요한 기본지침을 작성하여 관계중앙행정기관의 장에게 통보할 수 있다.

④시행계획의 수립 및 그 시행에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제7조 (뇌연구촉진심의회) ①뇌연구에 관한 중요사항을 심의하기 위하여 과학기술부장관소속하에 뇌연구촉진심의회(이하 "심의회"라 한다)를 둔다.

②심의회는 다음 각호의 사항을 심의한다.

1. 기본계획의 수립·변경과 이에 따른 중요정책의 수립 및 그 집행의 조정
2. 뇌연구관련 예산의 확대방안에 관한 사항
3. 뇌연구 분야 인력개발 및 교류에 관한 종합계획과 이에 따른 중요정책, 인력활용지침의 수립 및 그 집행의 조정
4. 뇌연구 결과의 이용과 보전을 위한 계획의 수립 및 그 집행의 조정
5. 기타 뇌연구에 관하여 위원장이 필요하다고 인정하는 사항

③심의회는 위원장 1인을 포함한 20인 이내의 위원으로 구성한다.

④위원장은 과학기술부차관이 되고 위원은 위원장이 임명하는 관계중앙행정기관의 공무원과 학계, 연구기관, 산업계에 종사하는 뇌연구 전문가로서 위원장이 위촉하는 자(이하 "위촉위원"이라 한다)가 된다.

⑤삭제

⑥심의회는 구성 및 운영 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제8조 (뇌연구실무추진위원회) ①심의회에 상정할 안건의 작성 및 심의회에서 위임한 업무를 처리하게 하기 위하여 과학기술부장관소속하에 뇌연구실무추진위원회(이하 "추진위원회"라 한다)를 둔다.

②추진위원회는 관계중앙행정기관의 공무원 및 학계, 연구기관, 산업계에 종사하는 뇌연구 전문가로 구성한다.

③추진위원회의 구성 및 운영에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제9조 (뇌연구 투자의 확대) ①정부는 제5조제3항제2호의 투자재원의 확대방안 및 추진계획에 따라 예산의 범위안에서 뇌연구투자의 확대를 위하여 최대한 노력하여야 한다.

②과학기술부장관은 매년 뇌연구투자확대계획을 작성하여 심의회를 거쳐 심의를 거친 후, 이를 국가과학기술자문회의법에 의한 국가과학기술자문회의에 보고하여야 한다.

제10조 (연구 및 기술협력) 정부는 뇌연구 및 그 기술개발에 관한 국제협력의 증진에 노력하고 선진 기술의 도입을 위한 전문인력 파견, 해외 전문인력 유치 등의 방안을 강구하여야 한다.

제11조 (공동연구 및 학술활동 촉진) 정부는 뇌연구 및 그 기술개발의 효율적 육성을 위하여 학계, 연구기관 및 산업계간의 공동연구를 촉진하고 관련 학회 및 학회의 학술활동을 적극 지원하여야 한다.

제12조 (관계산업체에 대한 지원) 정부는 뇌연구 결과의 산업화를 촉진하기 위하여 신기술제품의 생산을 지원할 수 있다.

제13조 (기술정보의 수집과 보급) 정부는 뇌연구에 관한 정보를 수집하여 이를 관련기관에 보급하도록 노력하여야 한다.

제14조 (뇌연구추진시책강구) 관계중앙행정기관의 장은 뇌연구를 효율적으로 촉진하기 위하여 다음과 같은 시책을 강구한다.

1. 교육인적자원부장관 : 뇌분야의 연구를 촉진시키기 위한 전문인력의 양성과 뇌과학 기초분야의 연구지원
2. 과학기술부장관 : 기본계획의 수립과 시행계획 수립의 지원 및 조정, 뇌 관련 기초기술 및 첨단 기술의 개발, 유용한 연구결과의 이용 및 보전을 위한 연구의 지원, 공공적 성격의 뇌연구 지원체제의 육성
3. 산업자원부장관 : 뇌연구 결과를 생산 및 산업공정에 효율적으로 응용하기 위한 응용기술의 개발과 개발기술의 산업화 촉진
4. 정보통신부장관 : 뇌연구 결과의 정보·통신 등 분야에의 응용기술의 개발 및 개발기술의 산업화 촉진
5. 보건복지부장관 : 보건·의료 등에 관련되는 뇌의약연구와 그 결과의 응용기술 개발 및 개발기술의 산업화 촉진

제15조 (임상 및 검정) ①정부는 뇌연구 관련 제품에 대한 임상 및 검정체제를 확립한다.

②제1항의 임상 및 검정체제확립에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제16조 (실험지침의 작성·시행 등) ①정부는 뇌연구 및 그 산업화의 촉진을 위한 실험지침을 작성·시행하여야 한다.

②제1항의 실험지침에서는 뇌연구와 그 산업화 과정에서 예견될 수 있는 생물학적 위험성, 인간에 미치는 악영향 및 윤리적 문제 발생의 사전방지에 필요한 조치 및 안전기준이 마련되어야 한다.

제17조 (연구소의 설립) ①뇌분야에 관한 연구 및 그 이용과 지원에 관한 기능을 수행하고 뇌분야에서의 학계, 연구기관 및 산업계간의 상호유기적 협조체제를 유지·발전시키기 위하여 정부가 출연하는 연구소를 설립할 수 있다.

②제1항의 규정에 의한 연구소는 특정연구기관육성법의 적용을 받는 특정연구기관으로 한다.

○ 뇌연구촉진법 시행령

- 제정 1998.11.06 대통령령 제15924호
- 개정 1999.05.25 대통령령 제16326호 (기획예산처직제)
- 개정 2001.01.29 대통령령 제17115호 (교육인적자원부와그소속직제)

뇌연구촉진법시행령

[일부개정 2006.6.12 대통령령 제19513호]

제1조 (목적) 이 영은 뇌연구촉진법에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (추진실적의 보고) ①교육인적자원부장관·산업자원부장관·정보통신부장관 및 보건복지부장관(이하 "관계중앙행정기관의 장"이라 한다)은 뇌연구촉진법(이하 "법"이라 한다) 제5조제1항의 규정에 의하여 뇌연구촉진을 위한 소관별 전년도 추진실적을 매년 2월말일까지 과학기술부장관에게 제출하여야 한다.

②과학기술부장관은 제1항의 규정에 의하여 추진실적을 제출받은 때에는 이를 과학기술부의 전년도 추진실적 등과 종합하여 법 제7조의 규정에 의한 뇌연구촉진심의회(이하 "심의회"라 한다)에 보고하여야 한다.

제3조 (뇌연구촉진기본계획의 수립) ①관계중앙행정기관의 장은 법 제5조제1항의 규정에 의하여 뇌연구촉진을 위한 소관별 계획을 법 제5조제2항의 규정에 의한 뇌연구촉진기본계획(이하 "기본계획"이라 한다) 개시연도의 전년도 2월말일까지 과학기술부장관에게 제출하여야 한다.

②과학기술부장관은 기본계획을 5년 단위로 수립하여야 한다.

제4조 (뇌연구촉진시행계획의 수립) 관계중앙행정기관의 장은 법 제6조제2항의 규정에 의하여 뇌연구촉진시행계획(이하 "시행계획"이라 한다)의 수립에 관하여 과학기술부장관과 협의를 하고자 하는 때에는 매년 2월말일까지 당해 중앙행정기관의 시행계획안을 과학기술부장관에게 제출하여야 한다.

제5조 (자료제공의 요청) 과학기술부장관은 법 제6조제3항의 규정에 의하여 시행계획의 수립에 필요한 기본지침을 작성하는 때에는 관계중앙행정기관의 장에게 필요한 자료의 제공을 요청할 수 있다.

제6조 (심의회 위원의 임기) 심의회 위원의 임기는 2년으로 하되, 보궐위원의 임기는 전임자의 잔임기간으로 하며, 공무원인 위원은 그 직위에 있는 동안 재임한다.

제7조 (위원장의 직무) ①심의회 위원장은 심의회를 대표하며, 심의회 업무를 통할한다.

②심의회 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없는 때에는 위원장이 미리 지명한 위원이 그 직무를 대행한다.

제8조 (회의) ①심의회의 위원장은 심의회의 회의를 소집하며, 그 의장이 된다.

②심의회의 회의는 정기회의와 임시회의로 구분한다.

③정기회의는 매년 1회 소집하고, 임시회의는 위원장이 필요하다고 인정하는 때에 소집한다.

④심의회의 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

제9조 (간사) 심의회의 사무를 처리하기 위하여 심의회에 간사 1인을 두되, 간사는 과학기술부장관이 소속공무원중에서 임명하는 자가 된다.

제10조 (뇌연구실무추진위원회의 구성 및 운영) ①법 제8조의 규정에 의한 뇌연구실무추진위원회(이하 "추진위원회"라 한다)는 위원장 1인을 포함한 20인이내의 위원으로 구성한다.

②추진위원회의 위원장은 과학기술부 연구개발정책실장이 되고, 위원은 다음 각호의 자가 된다.

1. 재정경제부·교육인적자원부·과학기술부·산업자원부·정보통신부·보건복지부 및 기획예산처의 3급 공무원(이에 상당하는 별정직 공무원을 포함한다), 고위공무원단에 속하는 일반직 공무원 또는 별정직 공무원중에서 해당 소속기관의 장이 지명하는 자 각 1인

2. 학계·연구기관 및 산업계에 종사하는 뇌연구 전문가로서 뇌연구에 관한 학식과 경험이 풍부한 자중에서 과학기술부장관이 위촉하는 자

③제6조 내지 제8조의 규정은 추진위원회의 구성 및 운영에 관하여 이를 각각 준용한다. 이 경우 "심의회"는 "추진위원회"로 본다.

④추진위원회는 뇌과학·뇌의약학·뇌공학 등의 분야에 관한 안건을 전문적으로 검토하기 위하여 그 소속하에 분야별 소위원회를 구성·운영할 수 있다.

⑤제4항의 규정에 의한 소위원회의 구성 및 운영에 관하여 필요한 사항은 추진위원회의 의결을 거쳐 추진위원회의 위원장이 정한다.

제11조 (의견청취) 심의회 및 추진위원회는 그 심의사항 등과 관련하여 필요하다고 인정하는 때에는 뇌연구에 관한 전문적인 지식과 경험이 있는 관계공무원 또는 관계전문가를 심의회 또는 추진위원회에 출석하게 하여 그 의견을 들을 수 있다.

제12조 (수당) 심의회 및 추진위원회에 출석한 위원과 관계공무원 또는 관계전문가에 대하여는 예산의 범위안에서 수당 또는 실비를 지급할 수 있다. 다만, 공무원인 위원 또는 관계공무원이 소관업무와 직접 관련하여 출석한 경우에는 그러하지 아니하다.

제13조 (심의회 등의 운영세칙) 이 영에 규정한 것외에 심의회 및 추진위원회의 운영에 관하여 필요한 사항은 심의회 또는 추진위원회의 의결을 거쳐 심의회 또는 추진위원회의 위원장이 각각 정한다.

제14조 (공동연구의 지원) 과학기술부장관은 법 제11조의 규정에 의하여 학계·연구기관 및 산업계간의 뇌연구 및 그 기술개발에 관한 공동연구를 촉진하기 위하여 공동연구에 필요한 연구기자재·시약의 공동구입 및 연구시설의 공동활용을 권고하고 이에 필요한 지원을 할 수 있다.

제15조 (신기술제품의 생산지원) ①과학기술부장관과 관계중앙행정기관의 장은 법 제12조의 규정에 의하여 뇌연구에 관한 소관분야별 연구결과의 산업화를 촉진하기 위한 신기술제품의 생산을 지원하기 위하여 심의회의 심의를 거쳐 관계 행정기관의 장에게 자금의 지원과 제품의 우선 구매 등

필요한 조치를 요청할 수 있다.

②제1항의 규정에 의한 요청을 받은 관계 행정기관의 장은 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.

제16조 (임상시험 및 검정 지침의 작성) ①과학기술부장관과 관계중앙행정기관의 장은 법 제15조의 규정에 의한 뇌연구관련 제품의 임상 및 검정체제를 확립하기 위하여 임상시험 및 검정에 관한 지침을 심의회의 심의를 거쳐 작성·시행하여야 한다. 다만, 다른 법령에서 달리 정한 경우에는 그러하지 아니하다.

②제1항의 임상시험 및 검정에 관한 지침에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다. 다만, 뇌연구관련 제품의 성질이 특수하여 이를 정할 수 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 뇌연구에 의하여 생산·제조되는 제품의 동물시험 및 임상시험
2. 뇌연구에 의하여 생산·제조되는 제품의 성분 및 순도 등의 분석에 관한 사항
3. 기타 뇌연구관련 제품에 대한 임상시험 및 검정에 관하여 필요한 사항

제17조 (실험지침의 작성) 과학기술부장관과 관계중앙행정기관의 장은 법 제16조의 규정에 의한 소관별 실험지침을 심의회의 심의를 거쳐 작성·시행하여야 한다.

참고자료 7

주요 연구개발성과(추가)

뇌연구 주요성과

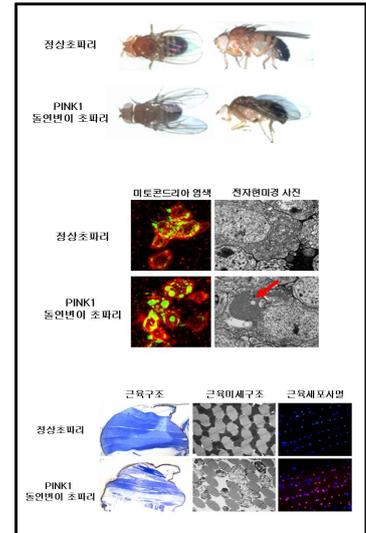
구분	성과명	비고
논문	파킨슨병의 핵심 발병원인 유전자 기능 규명	Nature
	신경세포에서의 소기관 분포와 병리적 기능규명	CDD
	시냅스 형성 단백질 NGL 발견	Nature Neuroscience
	HSP 발현을 통한 뇌출혈에서의 뇌세포 보호효과	Brain Research
	Agmatine의 신호전달 조절 및 뇌혈관장벽 보존기전규명	Neurological research
	DNA 서열을 통한 순회 판매원 문제 해결	Biosystems
	A Reconfigurable FIR filter design for Dynamic Partial Reconfiguration	IEEE
	DNA Inspired Digital Signal Pattern Matching Algorithm	FBIT
특허	DNA 컴퓨팅에 관한 Know How	한국 등록
	재구성능력 및 확장능력을 가진 신경회로망 하드웨어	한국 등록
	신경회로망을 이용한 선택적 주의집중	한국 등록 미국 등록
	독립요소분석을 이용한 잡음제거 기법	한국 등록 미국 등록
	청각모델에 기반하여 잡음에 둔감한 음성특징추출 기법	한국 등록 미국 등록
	인간시각계에 기반한 시각칩	한국 등록

※ 출처 : 생명공학정책연구센터에서 관계부처 성과자료를 취합하여 재정리

파킨슨병의 핵심 발병원인 유전자 기능 규명

- PINK1의 기능이 상실될 경우 세포 미토콘드리아의 구조가 비정상적으로 변하여 기능이 상실됨을 증명
- PINK1과 파킨슨 간의 유전학적인 연관관계를 최초로 규명하여 파킨슨병 관련 치료기술 개발이 가능

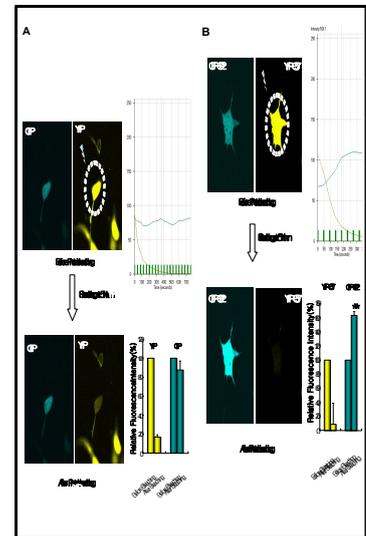
※ 'Nature'지 게재('06)



신경세포에서의 소기관 분포와 병리적 기능 규명

- APLP 2의 ICD가 핵에서 CP2 인자와 상호작용하여 GSK-3 β 발현을 증가시켜 알츠하이머병인에 기여할 수 있음을 증명
- C단 단백질 생성을 억제하는 약물이나 GSK-3 β 효소 억제제가 치매를 예방 혹은 지연시킬 수 있다는 연구 가능성을 제시

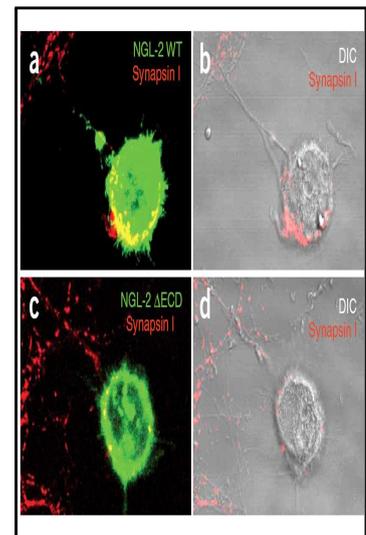
※ 'CDD'저널 게재



시냅스 형성 단백질 NGL 발견

- 후시냅스의 접착단백질(NGL)과 전시냅스 접착 단백질(netrin-G)이 접촉하여 시냅스 형성 및 유지에 관여한다는 사실 증명
- 시냅스 형성에 관여하는 접착단백질쌍의 두번째 예를 보고함으로써 뇌질환 원인 규명에 기여

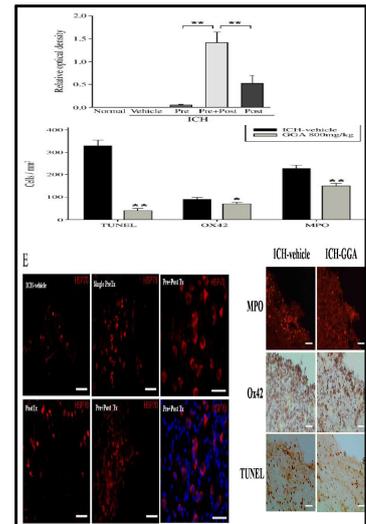
※ 'Nature Neuroscience' 논문 게재('06)



HSP 발현을 통한 뇌출혈에서의 뇌세포 보호효과

- 세포 보호효과가 있는 Heat Shock Protein을 화학적으로 유도하여 뇌출혈에서의 뇌세포 보호효과를 입증
- GGA 처리시 뇌에서의 항염증 효과와 Antiapoptosis 효과를 입증하여 임상적용의 가능성 확보

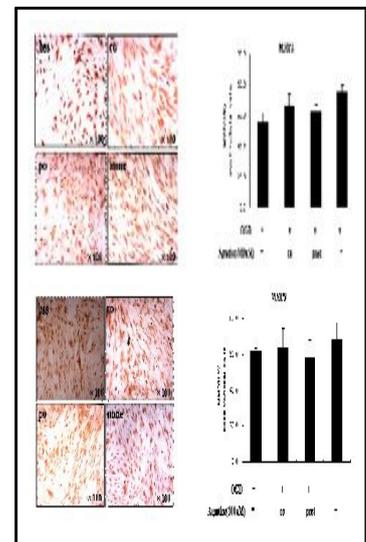
※ SCI 등재 저널인 'Brain Research' 논문 게재('07)



Agmatine의 신호전달 조절과 뇌혈관장벽 보존 기전규명

- 내재성 조절물질인 아그마틴의 신호전달 조절 및 뇌혈관장벽 보존 기전을 규명
- 뇌손상시 신경 손상으로부터 조직을 회복시키는 새로운 치료기술 개발에 기초 자료를 제공

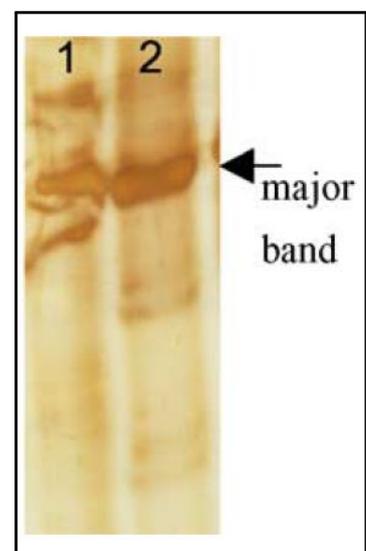
※ 'Neurological research' 논문 게재('07)



DNA 서열을 통한 순회 판매원 문제 해결

- DNA 간의 자발적이고 병렬적인 상보 결합 반응을 이용하여 순회 판매원 문제 해결에 성공
- 컴퓨팅 방법의 직렬 정보 처리의 한계를 극복할 수 있는 병렬 컴퓨팅 방법 개발을 위한 기초 확보

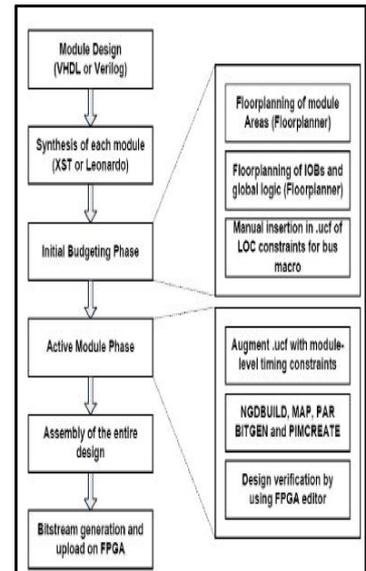
※ 바이오시스템즈(Biosystems)' 논문 게재('04)



A Reconfigurable FIR filter design for Dynamic Partial Reconfiguration

- Dynamic partial reconfiguration 기술을 적용한 FIR 필터를 설계
- 디지털 신호처리를 위한 스스로 재구성 가능한 FIR 필터를 설계하였으며 다양한 분야에 적용가능

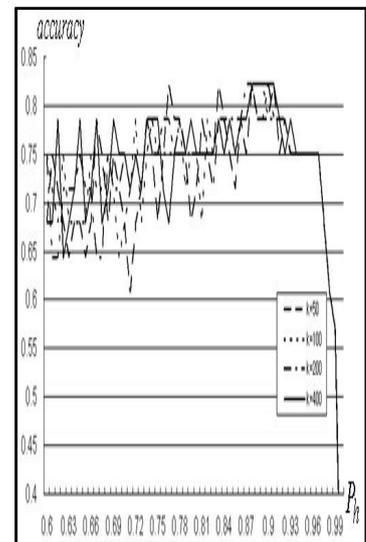
※ IEEE 논문 게재



DNA Inspired Digital Signal Pattern Matching Algorithm

- DNA computing의 처리과정을 응용하여 디지털 패턴 분석용 알고리즘을 개발
- 방대한 양의 디지털 패턴 비교 알고리즘을 개발하여 빠른 결과 및 노이즈에 강한 패턴 분석 체계 구축

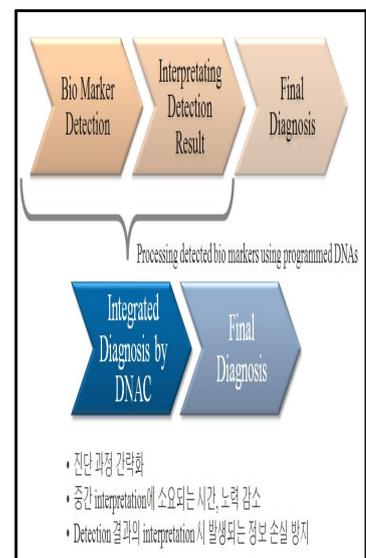
※ FBIT 학회 게재('07)



DNA 컴퓨팅에 관한 Know How

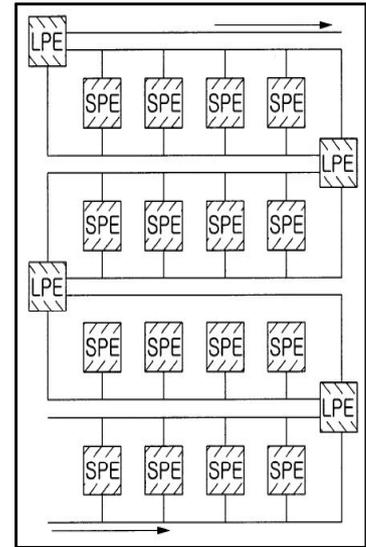
- DNA 가닥의 녹는점 차이를 이용한 실수 정보 부여 방법 및 가중치 그래프 문제 해결 방법 개발
- 시료에서 검출된 표지 물질을 별도의 처리 없이 바로 진단에 이용할 수 있어 파급효과가 기대

※ '정리증명 문제의 해법을 제공하는 DNA 컴퓨팅 방법' 한국특허 등록



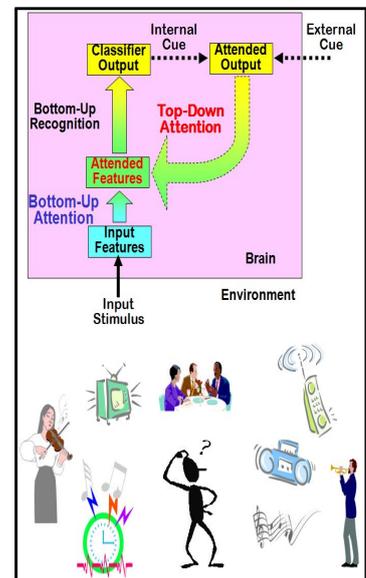
재구성과 확장능력을 가진 신경회로망 하드웨어

- 진화하드웨어의 응용을 위하여 범용으로 사용 가능한 신경회로망 하드웨어를 개발
- 범용 신경망 연산기를 디지털로 구현함에 있어 문제를 해결하기 위한 새로운 하드웨어를 개발하여 확장성을 검증
 - ※ '재구성능력 및 확장능력을 가진 신경회로망 하드웨어' 한국특허 등록



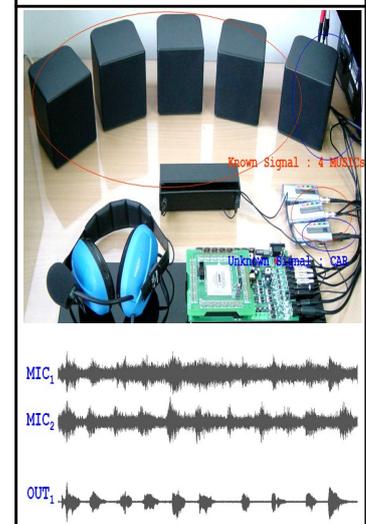
신경회로망을 이용한 선택적 주의집중

- 인간의 시청각계에서 나타나는 하향식 주의집중을 공학적 모델로 개발하여 인공시각과 청각 기술에 활용
- 복잡한 실세계 배경과 잡음 하에서 지능시스템이 우수한 시각과 청각 기능을 제공함으로써 실세계 응용에 기여
 - ※ '신경회로망을 이용한 선택적 주의집중 방법' 한국 특허 등록



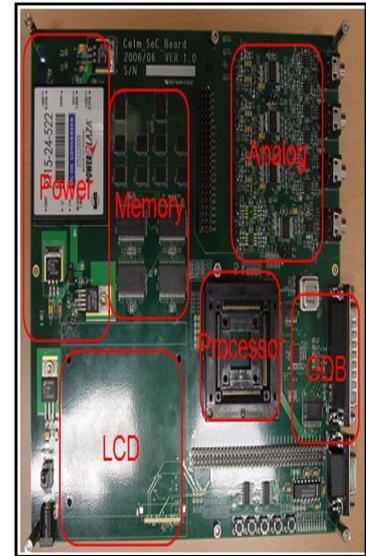
독립요소분석을 이용한 잡음제거 기법

- 귀로 들어오는 신호의 시간 및 크기 차이를 이용하여 음원의 위치를 파악하고 잡음을 제거하는 방법 개발
- 잡음 하에서 지능시스템이 우수한 음성인식 기능을 갖도록 미리 잡음을 제거하여 줌으로서 실세계 응용 가능성을 증대
 - ※ '독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법' 한국특허 등록



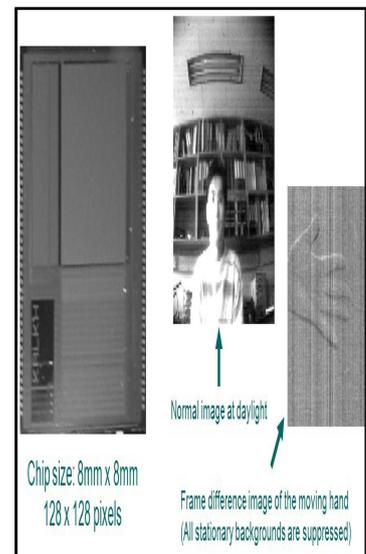
청각모델에 기반하여 잡음에 둔감한 음성특징추출 기법

- 청각모델을 이용하여 잡음에 강인한 음성특징의 추출 기법 개발
- 잡음 하에서 지능시스템이 우수한 음성인식 기능을 갖도록 미리 잡음을 제거하여 줌으로서 실세계 응용 가능성을 증대
 - ※ '인간 청각 모델을 이용한 효율적인 음성인식장치' 한국특허 등록



인간시각계에 기반한 시각칩

- 시각계에서 나타나는 영상처리 기법을 모방하여 밝기에 따라 스스로 민감도를 조정하고, 영상 차이를 이용하여 움직임 검출하는 시각칩 개발
- 실세계 배경과 불균일 조명, 높은 밝기의 변화 하에서 지능시스템이 우수한 시각 기능을 갖도록 함으로서 지능시스템의 실세계 응용 가능성을 증대
 - ※ 'CMOS 이미지 센서' 한국특허 등록



- Drug & Market Development Publications사 보고서
- 노인철 등 보건사회연구원, 음주의 사회적 비용과 정책 과제, 한국사회, 1997년
- 국민건강보험공단, 건강보험 진료실태 보고서, 2000년
- 국립서울병원, 서울대 정신질환 실태조사, 2001년
- 보건복지부, 정신질환실태 역학조사, 2001년
- NSF, Converting Technologies for Improving Human Performance, 2002년
- KISTI, 기술동향분석보고서 ‘뇌질환치료제 개발동향’, 2002년
- Kluwer Academic Publishers, “Converging Technologies for Improving Human Performance”, 2004년
- IMS, 전 세계 치료분야별 의약품 도매 시장 동향, 2004년 10월
- 통계청, 사망원인 통계결과, 2005년
- 과학기술부 & KISTEP, 과학기술예측조사(2005~2030), 2005년
- IMS, 전 세계 치료분야별 의약품 도매 시장 동향, 2004년 10월
- 국민건강보험공단, 「치매환자의 사회경제적 비용 분석」, 2005년
- 뇌기능활용및뇌질환사업단, “국내 뇌연구 기술 및 시장동향 조사”, 2005년
- Business Insights, The CNS(central nervous system) Market Outlook to 2010 - Healthcare, 2005년 10월
- 과학기술부, “연도별 뇌연구촉진시행계획”, 2006년
- ACER, Kim et al, 2006년
- 통계청, 장래인구추계 결과, 2006년

- HJ. Edenberg et al. The genetics of alcoholism: identifying specific genes through family studies. *Addiction biology* 2006년
- Combined Pharmacotherapies and Behavioral Interventions for Alcohol Dependence, R.F. Anton et al. *JAMA* 2006년
- 정우진 등, 음주의 사회경제적 비용 추계, 2006년
- 생명공학정책연구센터, “바이오신약·장기 제품군별/주요 질환별 세계 및 국내 시장현황과 전망분석”, 2007년
- 생명공학정책연구센터, “뇌연구 및 활용기술”, 2007년
- IMS(Intercontinental Marketing Services) 헬스 데이터, 2007년
- 과학기술부, “한국뇌연구원 설립·운영에 관한 기획연구”, 2007년
- 과학기술부, 뇌연구촉진 시행계획, 2007년
- Business Insights, CNS Disorders - Current market landscape & Dynamics, 2007년 4월
- UCLA News, 2007년 9월 15일
- WrongDiagnosis, (<http://www.wrongdiagnosis.com>)
- Clinicaltrials.gov, (<http://www.clinicaltrials.gov/ct>)

◇ 본 자료에 관해 문의하실 사항이 있으시면
과학기술부 원천기술개발과로 연락하여 주시기 바랍니다.

- 주소 : (431-060) 경기도 안양시 동안구 중앙공원로 43(관양동)
대고빌딩 9층 과학기술부
- Tel : (02)509-7762, 7757
- Fax : (02)509-7759
- 홈페이지 : <http://www.most.go.kr>