

요 약 문

I. 제목

「외상 후 스트레스에 따른 뇌인지 장애 극복 사업」 기획연구

II. 기획의 정의와 범위

1. 기획의 정의

가. 연구 제목

외상 후 스트레스에 따른 뇌인지 장애 극복 사업 기획연구

나. 연구 기관, 연구 책임자 및 연구 기간

☐ 연구 기관: 한국과학기술연구원

☐ 연구 책임자: 조제원

☐ 연구 기간: 2014.6 ~ 2014.12

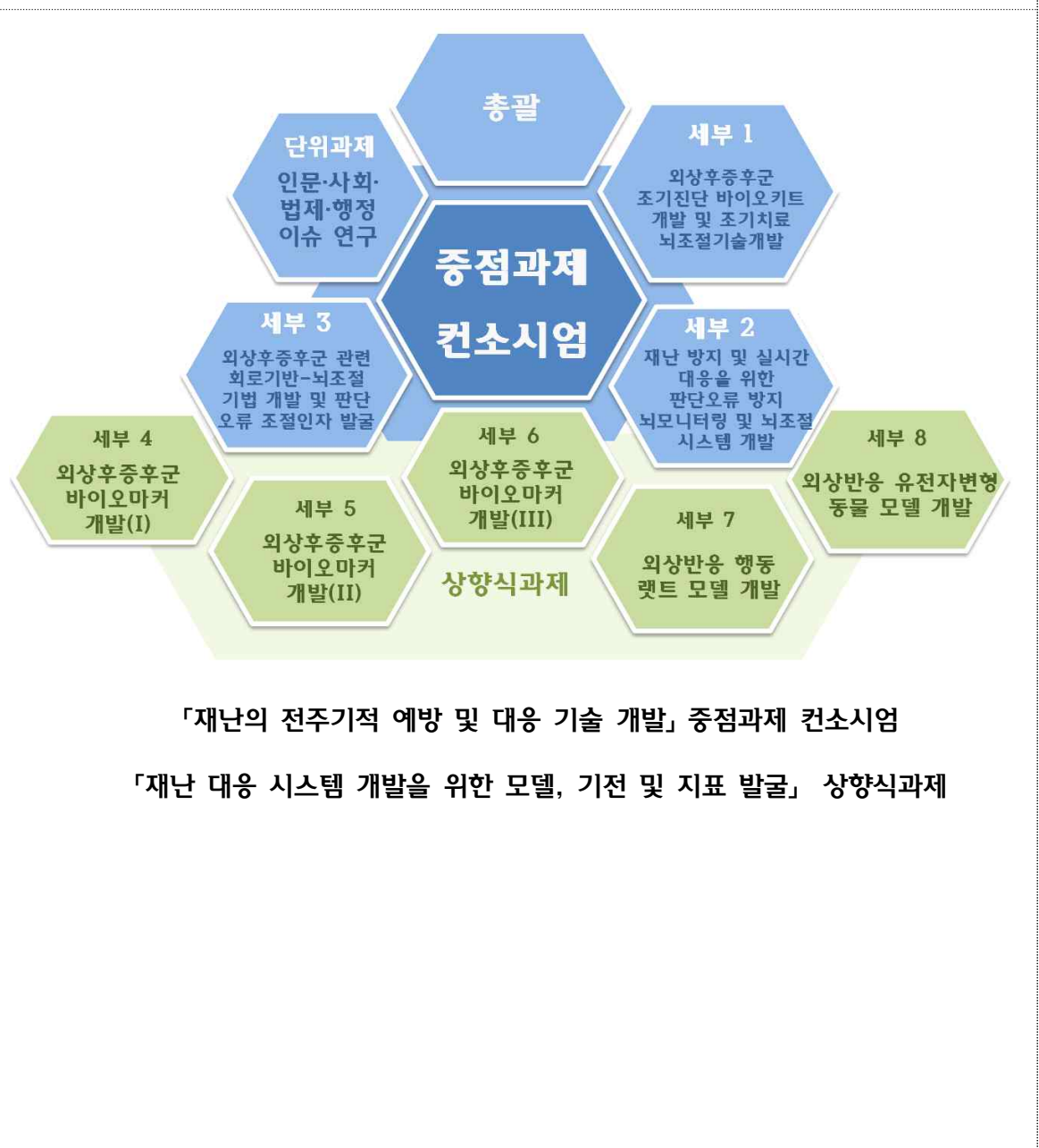
2. 기획의 범위

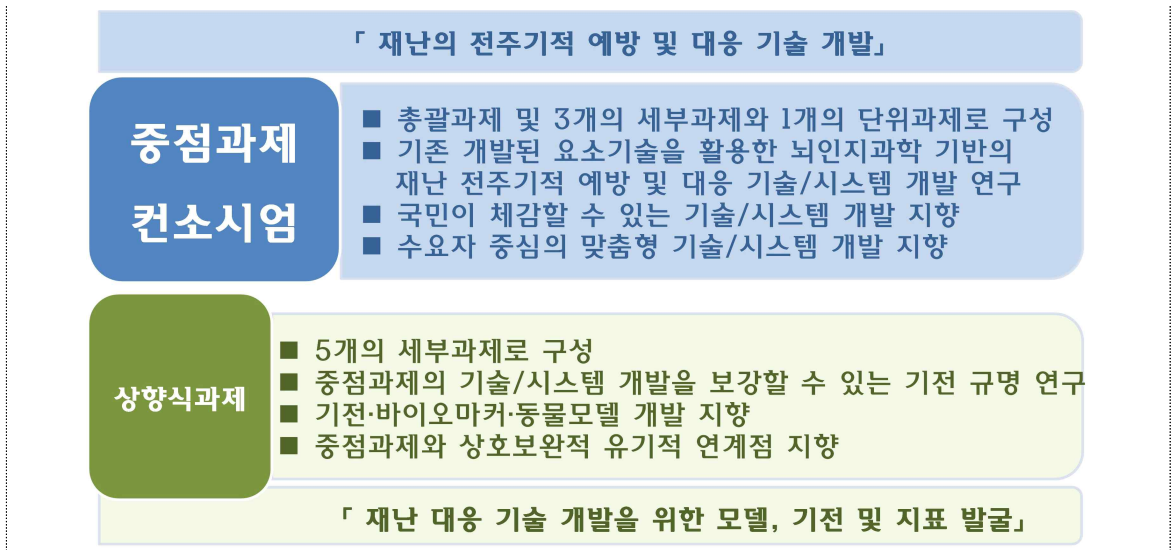
☐ 뇌인지과학 기반의 첨단 기술 및 시스템 개발을 통해 재난(disaster)·외상

(trauma) 발생을 예방하고, 재난·외상 이후의 외상후 증후군(post traumatic syndrome, PTS)을 예방함으로써 국가적 재난 대응 능력 및 위기관리 능력을 강화시킬 수 있는 연구 과제를 도출하고, 이에 대한 추진 전략을 제시함.

- 재난 발생 이전(pre-disaster)부터 재난 발생 이후(post-disaster)의 재난의 전주기의 단계에 단계별 대응시스템을 구축하고, 각각 단계별 대응시스템에 필요한 핵심기술에 대한 첨단 뇌연구 개발 포트폴리오를 확립함.

[그림 1] 중점 과제 컨소시엄 중심의 혼합식 과제 구성 전략





- 「국가적 재난 대응 시스템」 구축이라는 통합된 목표를 효과적으로 달성할 수 있도록 「재난의 전주기적 예방 및 대응 기술 개발」을 총괄하는 중점 과제 컨소시엄(총괄과제, 세부과제 1-3 및 단위과제)과 중점과제 컨소시엄과 유기적으로 연계된 모델, 기전, 지표 발굴 및 규명을 수행하는 5개의 세부과제로 구성된 상향식과제(세부과제 4-8)으로의 구성 방식을 제시함(그림 1).

[중점과제 컨소시엄] 총괄: 외상 후 스트레스에 따른 뇌인지 장애 극복 사업

[중점과제 컨소시엄] 세부 1: 외상후증후군 조기진단 바이오키트 개발 및 조기치료 뇌조절기술 개발

[중점과제 컨소시엄] 세부 2: 재난 방지 및 실시간 대응을 위한 판단오류 방지 뇌모니터링 및 뇌조절시스템 개발

[중점과제 컨소시엄] 세부 3: 외상후증후군 관련 회로기반-뇌조절기법 개발 및 판단오류 조절 인자발굴

[중점과제 컨소시엄] 단위: 인문·사회·법제·행정 이슈 연구

[상향식과제] 세부 4-6: 외상후증후군 바이오마커 개발

[상향식과제] 세부 7: 외상반응 행동 랫트 모델 개발

[상향식과제] 세부 8: 외상반응 유전자 변형 동물모델 개발

- 「재난의 전주기적 예방 및 대응 기술 개발」 중점과제 컨소시엄 사업은 총괄과제, 세부과제 1-3 및 단위과제의 유기적 구성으로 재난의 전주기 단계별 대응 시스템을 구성하는 핵심 뇌과학원천기술의 개발을 총괄함.

[총괄과제] 중점 과제 컨소시엄 사업의 **총괄 과제**는 세부과제 1-3의 유기적 구성과 재난의 전주기 단계별 대응 시스템을 구성하는 핵심 뇌과학원천기술의 개발을 총괄하며 구축된 데이터베이스의 취합 및 관리를 담당함.

[세부과제 1, 2] ‘재난·외상·사고 발생 이후 PTS 대응’과 ‘판단오류로 인한 대형 인적사고(안전사고) 예방’을 목표로 하는 뇌인지과학 기반의 첨단 기술 및 시스템을 개발함.

[세부과제 3] 세부과제 1과 2를 통해 기존의 개발되어 있는 요소 기술을 활용한 재난 대응 시스템 구축 뿐 아니라 **공백기술로서 가시적인 성과 창출이 가능한 뇌자극 기기 신기술 분야를 공략하는 하이 리스크, 하이 리턴(high-risk, high-return) 연구를 포함하도록 구성함.**

[단위과제] 실용화 및 수요처 이전 사업 단계의 강화를 위하여, ‘재난대응 관련 법·윤리적 이슈 분석’ ‘재난대응 뇌과학 기술성과 확산을 위한 행정시스템 개발’ 등 인문·사회·법제·행정 분야의 이슈 연구를 포함하여 시스템 이전과 실용화 추진을 위한 전략적 접근을 추진함.

- 「**재난 대응 시스템 개발을 위한 모델, 기전 및 지표 발굴**」 상향식과제는 세부과제 4-8로 구성되며 **재난 대응 시스템 응용이 가능한 외상 반응 및 재난 관련 새로운 기전 발굴 및 동물모델 개발**을 함으로써 「재난의 전주기적 예방 및 대응 기술 개발」 중점 과제 컨소시엄 사업과 상호보완적인 유기적 역할을 할 수 있도록 구성함.

III. 사업의 목적과 개요

1. 비전 및 목표

비 전

뇌인지과학 기반 재난 대응을 통한 안전 강국 구현

최종 목표

국민 행복 및 국가 위기 관리 능력 강화

「뇌인지과학 기반 재난 대응을 통한 안전강국 구현」의 비전하에 ‘판단오류로 인한 대형 인적사고(안전사고) 예방’ 및 ‘재난, 외상, 사고 발생 이후 PTS 예방’을 위한 첨단 뇌·인지과학 기반의 시스템을 개발하여 궁극적으로 국민의 행복 및 국가 위기관리 능력 강화를 목표로 함.

2. 사업의 요약

가. 사업의 구성

- (1) 본 기획과제를 통해 도출된 사업은 재난·사고 발생의 예방 및 효율적 재난 대응을 위한 뇌인지과학 기반의 시스템 개발을 목표로 함.
- (2) 「재난뇌인지과학」사업은 최종 목표 성과 달성에 대한 뚜렷한 지향점을 가지고, 총괄과제 및 3개의 세부과제와 1개의 단위과제로 구성된 중점과제 컨소시엄을 중심으로 한 핵심원천 뇌인지과학기술 개발과 중점과제와 유기적으로 연계된 모델, 기전 및 지표 발굴 및 규명을 수행하는 5개의 세부과제로 구성된 상향식과제로 구성된 혼합식 추진 방식을 취함.

이러한 추진 전략은 사업의 사전 기획수준이 높고 “국가적 재난 대응 뇌인지과학 시스템 개발”과 같은 뚜렷한 사업 목표가 있는 경우 유리한 전략으로, 사업 목표 성과 창출 가능성을 높일 수 있음. 또한, 상향식과제의 성과물들은 중점 과제의 「기술/시스템 개발 단계」의 주요 신기술 발굴 영역에 적용되어 상호보완적인 유기적 역할을 할 수 있을 것으로 기대함.

나. 사업의 특·장점

- (1) 산-학-연-수요처 연합의 융복합 유형 뇌인지과학 기술 개발 과제로 구성되어 수요자 중심의 맞춤형 시스템 개발 성과 도출.
- (2) 재난 발생 이전(pre-disaster track)과 재난 발생 이후(post-disaster track)의 재난 전주기 단계의 각각의 상황에 대한 포괄적이고 효율적인 대응시스템 개발을 목표 성과로 하는 뚜렷한 사업목표를 지향.
- (3) 상향식과제 구성을 통한 다양한 뇌인지과학 분야의 창의적 신개념 아이디어 및 기술의 유입을 지향하는 유기적 과제 구성.
- (4) 실용화 촉진을 위해 법·제도, 서비스 전달과 연계한 단위 과제 구성
- (5) 개발 기술들은 첨단 뇌질환 조기개입, 현실 증강 등 향후 기술개발로 확장 가능.

다. 사업의 핵심기술 분야

- (1) 본 사업은 조기 감지, 뇌자극 힐링, 웹기반 관리, 실시간 모니터링, 뇌기능 향상기술 분야별 핵심기술 개발을 통해 재난·사고 발생의 예방 및 효율적 재난 대응 시스템 구축을 목표로 함.
- (2) 분야별 핵심기술(그림 2)
 - [조기감진] PTS 예측 바이오키트
 - [뇌자극힐링] PTS 대응 뇌자극 시스템(고정형·휴대형)
 - [웹기반관리] 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템
 - [실시간모니터링] 운항자 판단오류 모니터링 시스템(고정형·휴대형)
 - [뇌기능 향상] 판단기능 향상 시스템(고정형·휴대형)

[그림 2] 사업의 핵심 뇌인지과학기술 분야



IV. 추진 배경

1. 국정핵심과제로서의 개발 필요성

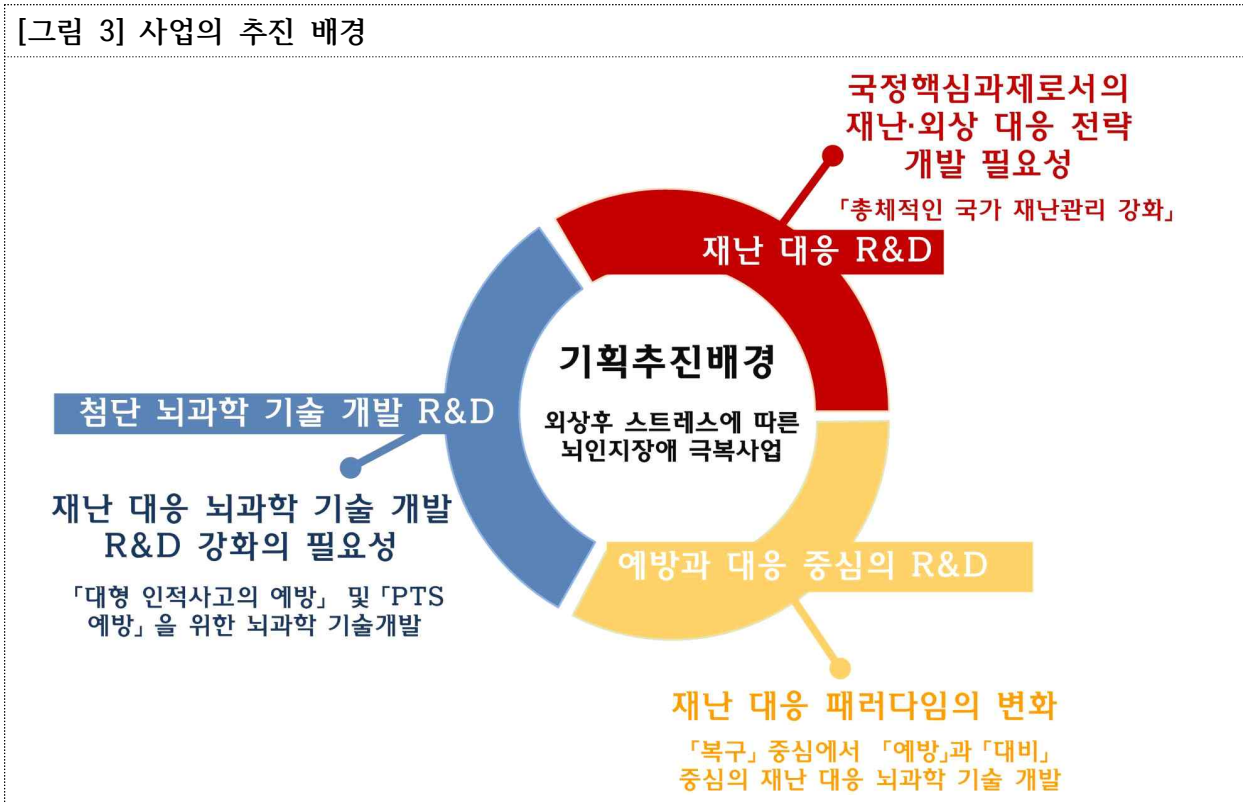
정부 국정핵심과제인 ‘총체적인 국가 재난관리 강화’의 일환으로, 「재난·외상 발생의 예방」과 「재난·외상 발생 이후 스트레스성 뇌질환 발생의 예방」을 위한 체계적인 대응 전략 개발에 대한 국민적 요구도가 증가함.

2. 재난 대응 패러다임의 변화

「복구」 중심의 재난 대응에서 「예방」과 「대비」 중심의 재난·외상의 선제적 관리를 위한 R&D 강화의 필요성이 증가하고 있으며, 이에 대한 뇌인지과학 기술 활용의 중요성이 커짐.

3. 뇌인지과학 기술 활용의 중요성

‘판단오류로 인한 대형 인적사고의 예방’ 및 ‘재난, 외상, 사고 발생 이후 PTS 예방’을 위한 뇌인지과학 R&D 강화의 필요성이 커짐.

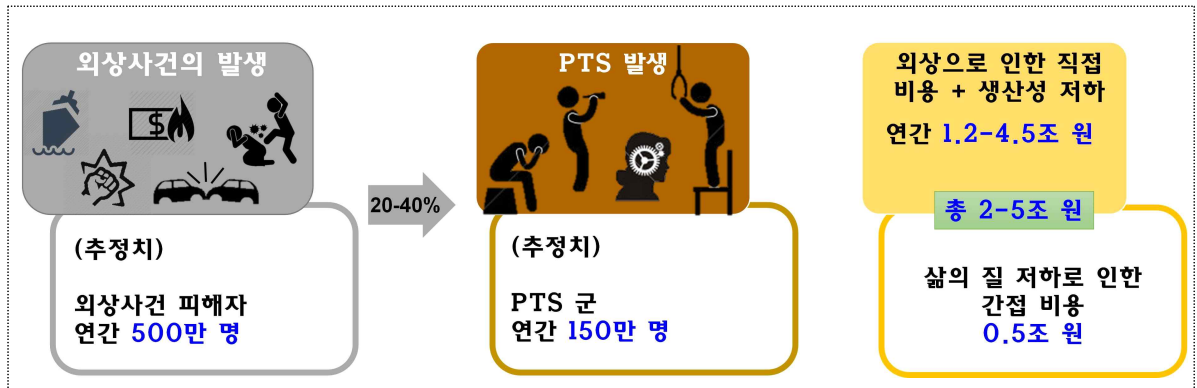


V. 사업의 필요성

1. 외상후 증후군(PTS) 예방의 필요성

가. 외상으로 인한 직·간접 피해

[그림 4] 연간 PTS 발생 및 이로 인한 손실액 추정



(1) 연간 외상사건 피해자 추정

- 범죄, 교통사고는 국가 정보 통계에 공식적으로 집계된 숫자로, 이에 포함되지 않는 각종 인적·사회적 재난에 따른 외상사건도 상당히 많을 것으로 생각됨. 이러한 통계적 수치에 따르면 국내에서 연간 외상사건 피해자는 직·간접 노출을 포함하여 약 500만 명에 이를 것으로 추정됨(그림 4).

(2) 연간 PTSD 발생 추정

- 현재까지 가장 정확한 연구가 많이 이루어져 있는 미국 참전용사 PTSD 발생 자료를 바탕으로 한 국내 연간 PTSD 발생 추정치를 보면 연간 225만 명에 이르며, 한가지 이상의 PTSD 문제를 가지고 있는 복합 PTSD의 경우에도 약 115만 명에 이름(그림 5).

[그림 5] 미국 자료 대비 국내 연간 PTSD 발생 추정치

미국 참전용사 PTS 발생 자료 ¹

이라크/ 아프가니스탄 참전 용사	전체 PTS군*	PTS (외상 후 증후군)					복합 PTS
		외상 후 스트레스 장애**	불안 장애**	우울 장애**	물질 사용 장애**	사회적, 직업적 기능저하	여러 문제(+)
약 29만 명	45%	20 %	6%	17%	10%	40%	> 23%

(참고문헌: Sayer et al., 2010, Milliken et al. 2007, Seal et al. 2009)

국내 연간 PTS 발생 추정 자료

연간 외상 사건 노출	전체 PTS군	PTS (외상 후 증후군)					복합 PTS
		외상 후 스트레스 장애	불안 장애	우울 장애	물질 사용 장애*	사회적, 직업적 기능저하	여러 문제(+)
약 500만 명	225만 명	100만 명	30만 명	85만 명	50만 명	200만 명	115만 명

1 미국 참전용사 PTS 발생 자료의 경우 전투에 참여한 참전용사 뿐 아니라, 지상 근무 및 행정요원을 모두 포함한 자료이므로, 외상 노출의 정도가 다양한 군으로 대표 될 수 있어 국내 PTS 발생 추정을 위한 기본 자료로서 사용될 수 있음.

* 전체 PTS 군은 참전 이후 돌아와 처음 검진을 받은 시점의 수치임. 표에 제시된 내용 뿐 아니라 기타 참전용사 코호트 중 56%에서 대인관계 문제 및 49%에서 및 삶의 질 저하 등을 각종 문제를 호소하는 것으로 보고됨.

** PTS 중 병원에서 진단 이후 약물 치료 및 심리 치료를 받고 있는 비율. 물질사용 장애의 경우 알코올 및 마약 의존 등이 포함됨.

(3) 외상으로 인한 직·간접 비용 손실

- 국내 연간 PTS로 인한 DALY는 외상 노출 후 외상후 스트레스 장애, 불안장애, 우울장애, 알코올 사용 장애 발생으로 인한 손실로 인구 10만 명당 2,105 DALY로 추정됨. 이는 뇌졸중의 572 DALY 보다 높은 수치로, 암의 2,736 DALY에 육박하는 수치임(그림 6).
- 세월호 참사 이후, 사망자의 유가족 및 생존자 뿐 아니라 전 국민에게 미친 영향을 염두에 둔다면, PTS로 인한 직·간접 피해는 단순히 수치로 판단할 수 있는 문제가 아닐 수 있음. 특히 이번 사고 이후 체계적인 국가적 재난 대응 시스템의 부재는 전 국민의 불안감을 크게 증가시켰음(그림 7).

[그림 6] 국내 연간 PTS 발생으로 인한 인구 10만 명당 질병 부담

국내 연간 PTS 발생 추정치로 산정한 DALY 자료

전체 PTS군	PTS (외상 후 증후군) ¹				암 ²	뇌졸중 ²
	외상 후 스트레스 장애	불안 장애	우울 장애	물질 사용 장애		
인구 10만 명당 DALY						
2105	380	390	1079	256	2736	572

1 Global Burden of Diseases 2010(<http://www.healthdata.org/>)의 자료를 참고로 국내 연간 PTS 발생 추정치로 산정한 DALY 자료임.

2 Global Burden of Diseases 2010(<http://www.healthdata.org/>)의 보고 자료임.

[그림 7] 세월호 침몰사고의 직간접 피해 규모 추정

세월호 침몰사고

직간접 피해규모 추정치 (단위: 원)

* 한국교통연구원의 2011년 해양사고 비용 추정 산정식 적용

직접 피해	9553억	간접 피해	1조2009억
수색·구조·인양 등	6000억	소비 위축 등 경제적 손실	1조1054억
사고 수습 비용		피해 가족 및 학부모 등	955억
피해자의 생산손실비용	1390억	심리적 비용	
기름 유출 피해액	1000억	직간접 피해 합계	2조1562억
심리적 비용	977억	자료: 한국교통연구원 및 전문가들 분석	
물적 피해	160억		
의료비용	26억		

정부와 한국교통연구원(KOTI)에서 세월호 사고 관련 직간접 피해 규모를 추정하여 발표함. 2011년 해양 사고비용 추정 연구보고서 산정식을 적용하여 비용을 추산함. 생산손실비용이 1290억 원, 피해자 심리적 피해에 대한 치료비용이 977억 원, 의료비용이 26억 원, 기름 유출 피해액과 사고수습비용을 포함하면 직접 피해 비용만 약 1조원에 달한다고 분석함. 이외 세월호 탑승 피해자 가족과 간접 경험으로 인한 충격 등을 추정한 간접적인 심리적 비용을 955억 원으로 평가함.

출처: <http://www.segye.com/content/html/2014/05/18/20140518002453.html>.

2. 정책적 필요성

가. 국내 정책 동향

- ‘재난·외상 발생의 예방’ 및 ‘재난·외상 후 PTS의 예방 및 관리’에 대한 국가적 관심과 정책의 우선 순위는 매우 높음.
- 미래의 국가성장동력으로서 뇌인지과학의 중요성에 대한 국가적 관심과 정책의 우선 순위는 매우 높음.

나. 국가 정책 우선순위 측면에서의 재난·외상 발생 동향

- 「재난 대응」에 대한 국가적 정책 마련과 효율적인 대처는 국가의 위기관리능력을 평가하는 지표가 될 뿐 아니라 국가의 위상에 영향을 미침.
- 최근 「재난 대응」에 있어 국가 정책은 사후 ‘복구’ 중심에서 ‘예방과 대비’로 패러다임이 변화함.

다. 정책방향과의 일치성

- 본 기획에서 도출하고자 하는 사업은 정부의 국민들의 안전한 생활 구현을 목표로 하는 ‘총체적 국가 재난관리체계 강화’라는 국정과제 및 뇌연구 촉진을 위한 ‘뇌연구촉진 기본계획’의 국가적 R&D 중장기 추진 전략과 부합하는 것으로 판단됨.
- 본 사업의 전략이 국가적 「재난 대응」에 있어 복구 중심의 관리가 아닌 예방 및 대비를 중시하는 ‘판단오류로 인한 대형 인적사고(안전사고)의 예방’ 및 ‘재난, 외상, 사고 발생 이후 PTS 예방’을 목표 성과로 제시한다는 측면에서 국가의 재난 관리 정책 방향의 최근 경향에 부합하는 것으로

판단됨. 또한, 본 사업을 통해 개발되는 첨단 뇌인지과학 기술은 뇌융합연구를 지향하는 제2차 뇌연구촉진 2단계 기본계획의 비전 및 목표에 부합함.

3. 기술적 필요성

가. 재난·재해·안전 분야 전략 기술수준

- 국가중점과학기술 기술수준평가(미래창조과학부, KISTEP, 2012)에서 기술수준 하위 20개에 “사회적 복합재난 예측, 대응기술(66.7%, -5.5년)”, “뇌신경계 기능 분석기술(69.2%, -5.4년)이 포함되어 있음을 고려하면 인적재난방지분야와 뇌인지과학 기능 분석 모두에 적극적인 투자를 통한 기술수준 향상이 필요함.
- 재난·재해·안전 분야는 한국의 기술수준이 최고기술국 대비 72%로 상대적으로 약하지만 10대 기술 중 유일하게 최고기술국으로의 도입기에 해당하므로 적극적으로 학계/연구계에 투자하고 인프라를 증진한다면 성장기에 기술을 선점할 가능성이 높음.

나. 재난 대응 뇌인지과학 기반 기술수준

- 국가과학기술원에서 시행한 과학기술예측조사를 통해 사업 대상 기술과 관련성이 높은 분야는 ‘고해상 뇌지도 영상화 기술을 이용한 뇌 인지, 기억, 지각, 학습, 감각기능 규명 기술’, ‘기계와 인체 간 쌍방향 뇌파인식 인터페이스 기술’, ‘운전자의 상태(졸음운전, 심장마비 등)를 체크하여 경고하거나 필요시 스스로 비상 주차하는 자동차’, ‘정신적 스트레스에 대한 비침습적 정량 계측 기술’, ‘타액 또는 피부로부터 침출하는 체액 등으로부터 항체를 선택적으로 뽑아 동정, 정량하는 예측칩’, ‘비침습적 분자진단표지인자

개발'임.

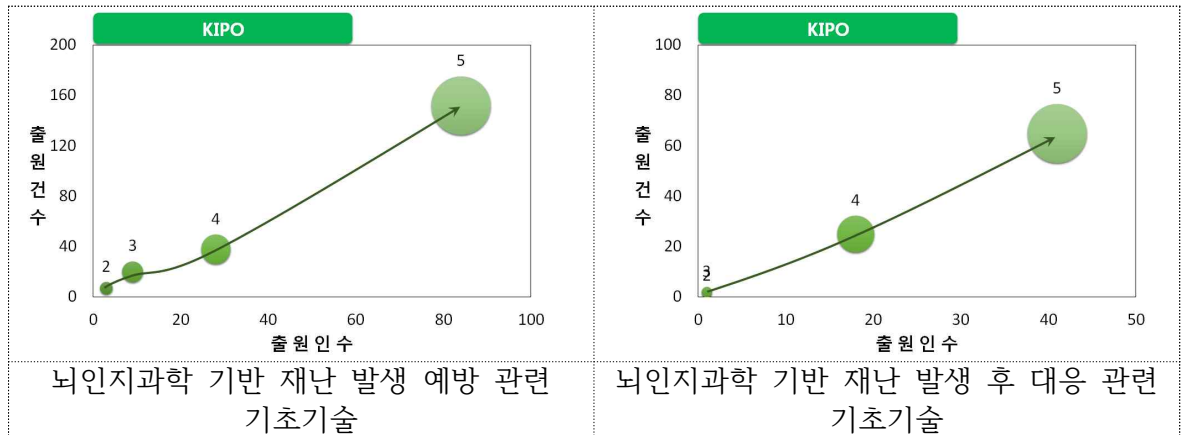
- 관련 기술들의 실현 방안으로, 정부투자의 필요성이 높음에서 매우 높음으로 조사되었으며, 연구주도 주체로서 학계·연구계를 중심으로 한 연구개발이 기술실현을 위해 중요하며, 수요처 중심의 연구 개발을 통해 실용화를 추구하는 것이 중요할 것으로 평가됨.

다. 특허분석 보고: [주] 테** 시행

- 뇌인지과학 기반 재난 발생 예방 기술 분야에서는 호주와 미국 국적의 출원인이 출원한 특허가 기술의 질적 수준이 높고, 타 국가로의 특허 출원 활동을 통한 시장 확보력이 큰 것으로 나타났으며, 재난 발생 후 대응 기술 분야에서는 호주, 독일 국적의 출원인의 특허가 타 국가에 비해 상대적으로 기술의 질적 수준이 높고 시장 확보력이 큰 것으로 나타났음. 우리나라의 경우 해당 기술 분야에서는 아직 선진 기술과 시장성을 확보하지 못한 것으로 판단됨(그림 8).
- 전반적으로 뇌 모니터링을 위한 자기공명영상 장치, 뇌 변화를 추적하기 위한 기술 등 뇌 영상 기술에 대한 연구개발은 타 분야에 비해 활발히 이루어지고 있는 것으로 나타났고, 재난 후 PTS 조기에측 및 조기개입 기술에 대한 연구 개발 및 특허 출원 활동이 미약하여 향후 역점을 둘 분야로 판단됨.

[그림 8] 한국의 기술 성장단계

--	--

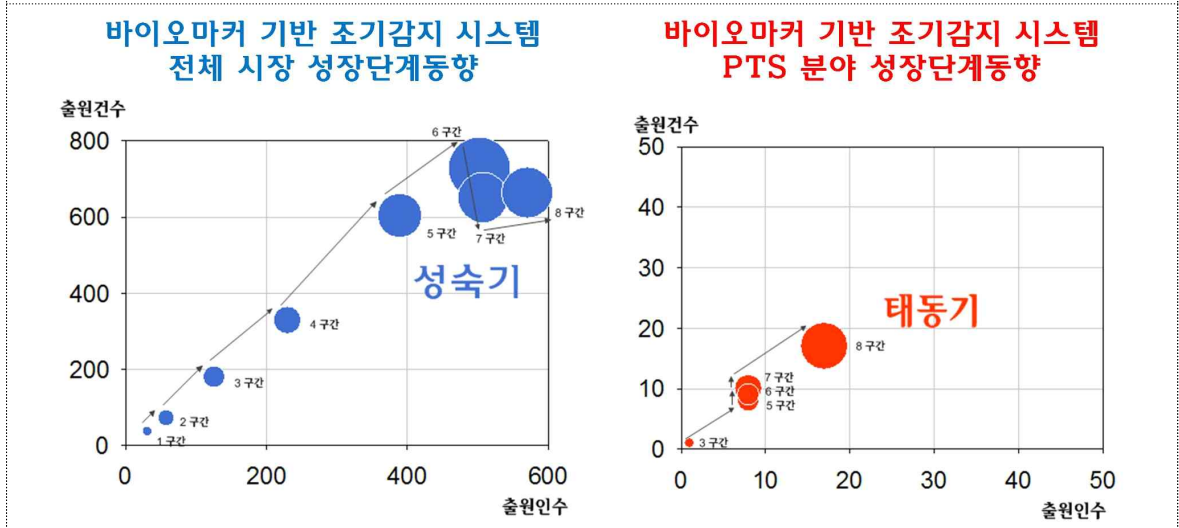


라. 기타 특허 동향

(1) 생체 시료 기반의 PTS 조기 감지 기술 분야 특허 동향

- 2001년 이후 뇌신경계 질환의 바이오마커를 이용한 조기 예측 시스템에 대한 특허 출원 수와 특허인 수는 폭발적으로 증가하는 등 기술 시장의 성숙기 단계에 진입하였음. 이에 반해 PTS 분야의 경우 다른 뇌신경계 질환 분야에 비해서 바이오마커를 이용한 조기 예측 시스템에 대한 특허 출원 수 및 특허인 수가 소수에 머물러 있는 등 기술 시장 성장단계에서 태동기에 머무르고 있어 기술 진입 장벽이 높지 않을 것으로 분석됨(그림 9).
- 또한 본 사업에서 개발하고자 하는 원천 기술인 「PTS 예측 바이오키트」분야는 세부 기술 점유율 측면에서 세계적으로도 공백기술 영역으로 분석됨.
- 「PTS 예측 바이오키트」 분야의 특허는 소수 출원되어 있어 현재 주 경쟁 그룹(특허 출원 세계 상위 5%군)이 형성되어 있지 않음. 또한, 특허의 정성분석 결과, 특허의 내용이 단편적인 연구 결과에 대한 출원이 대다수를 차지하고 있어, 기술력과 시장 확보력이 낮아 실용화 단계에 이르고 있지 못하고 있는 것으로 분석됨.

[그림 9] 바이오마커기반 조기감지 시스템 기술 성장단계



(2) 정신·신경계 뇌질환 예방 및 조기개입 기술 개발 관련 분야 특허 동향

- 정신·신경계 질환의 예방 쪽 특허 활동이 아직 많지 않고 최근 들어 급부상하는 분야로 볼 수 있음. 한국에서는 예방 분야의 특허 점유율이 상대적으로 높으며 선진국 대비 기술격차가 가장 적은 분야로 향후 가시적인 성과 도출이 예상되는 분야임. 따라서, 뇌기전에 기반한 정신·신경계 질환 예방 기술 개발 분야에 집중적으로 투자함으로써 선두권 진입이 가능할 것으로 분석됨.

(3) 뇌자극 및 제어 기술 관련 분야

- 알츠하이머 치매, 파킨슨병, 우울증 등 뇌신경계 질환에서의 뇌자극술 분야의 특허는 2000년대 초반 이후 출원되기 시작하여 꾸준한 증가를 보이는 발전기로 분석됨. 반면, PTS 분야의 경우는 2000년대 중반 이후 비로소 소수의 특허가 출원되기 시작되는 태동기로 분석됨.
- 우울증이나 파킨슨병에 대한 뇌자극 시스템 개발 분야가 현재까지 기존의

역점 분야인 것으로 분석됨. 그러나 PTS에 대한 뇌자극 시스템 분야의 경우 특히 출원이 소수로 상대적으로 많이 취약함. 따라서 이 분야는 공백 기술로 분석되며 이를 전략적 역점 분야로 삼는다면 세계적 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 분석됨.

3. 경제적 필요성

가. 재난 대응 관련 국가 R&D 예산 편성 동향

- 재난 대응에 뇌인지과학적인 접근을 접목하는 연구 사업은 1) 재난 대응이라는 사회문제 해결을 통한 국민 삶의 질을 향상시키는 것과 동시에 2) 지속적인 경제 성장을 견인할 수 있는 미래 유망 신산업을 창출할 수 있어 국가 과학기술의 목표에도 부합함. 그러나 이러한 뇌인지과학 기반의 재난 대응시스템 연구개발에 대한 정부 주도의 투자는 상대적으로 부족한 실정임.

나. 뇌과학 관련 국가 R&D 예산 편성 동향

- 뇌과학 분야에 대한 정부의 투자는 지속적으로 증가하고 있으나, 국민이 체감하는 분야에서의 창의적·도전적 융합연구에 대한 지원은 부족하여 향후 지속적으로 확대되어야 할 분야로 분석됨.
- 특히 재난 대응과 같은 사회문제 해결형 분야에 있어서는 개별 요소 기술 개발에 그치지 않고, 목적 지향적인 사전 기획을 통한 뇌과학 기반 시스템 개발 등 미래수요에 대비한 융복합적인 기술 실용화를 추진해야 할 것임.

다. 재난, 외상, 사고 발생 이후 PTS 관련 비용 부담

- 재난, 외상, 사고의 경우 각종 손상 및 질환으로 인한 의료비 등의 직접적 비용 뿐 아니라 소득 상실이나 인적 손실 등의 간접적 비용 부담이 매우 큼. 따라서 재난으로 인한 PTS의 발생을 줄이는 종합적인 뇌인지과학 기반의 재난 대응 시스템의 구축은 막대한 사회비용 절감 효과를 가져 올 것으로 기대됨.

라. 인적·사회적 재난으로 인한 비용 부담

- 작업자나 관리자의 인지적 판단 오류 및 현장에서 최적화된 뇌기능 발휘의 실패는 대형 인적 재난을 포함한 다양한 안전사고로 이어질 수 있음. 국가 통계 자료를 살펴보면 인적 재난으로 인한 사회경제적 피해 규모는 지속적으로 증가하는 추세이며, 세월호 침몰 사고와 같은 단 한 번의 초대형 재난으로 인한 사회경제적 피해 규모는 재난 대응 및 뇌인지과학 전체 R&D 예산을 훌쩍 상회하는 천문학적인 액수를 보이는 등, **첨단뇌인지과학 기술을 이용한 과학적 방지 시스템 마련이 시급함**을 알 수 있음.

마. 신경조절 기술 분야의 시장성

- 뇌과학에 기반한 뇌자극술은 **첨단의료기술 중 하나로 최근 시장규모가 급격히 확대되고 있음**. 이러한 뇌자극술 분야의 개발을 통해 향후 시장에서 상용화 가능한 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대됨.

4. 사업의 필요성에 따른 SWOT 분석

가. SWOT분석

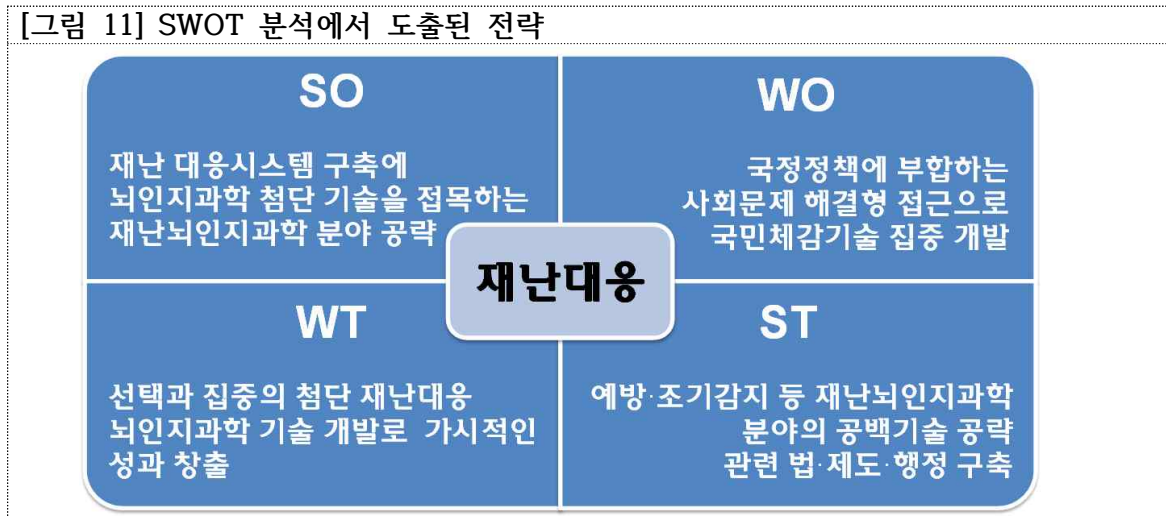
[그림 10] SWOT 분석

--



나. SWOT 분석에서 도출된 전략

[그림 11] SWOT 분석에서 도출된 전략



VI. 추진 체계

1. 과제 기획 경과

추진 경과		2014년							
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
안전 강국 구현을 위한 뇌인지과학 기반의 재난 대응 R&D 사업 사전 기획									
「외상후 스트레스에 따른 뇌인지 장애 극복 사업」 R&D 기획 과제 협약									
대학, 연구소, 의료계, 산업계 등 뇌인지과학 R&D 및 재난과학 전문가로 구성된 기획위원회 구성									
기획계획 수립	과제 도출을 위한 연구 및 기술 동향 파악 계획 수립								
	주요 이슈별 워킹그룹 구성								
	수요처 협력 계획 수립								
국내외 환경 분석	국정 방향성 및 관련 뇌인지과학 기술 국내 동향 분석								
	해외 선진국의 정책 방향성 및 관련 뇌인지과학 기술 해외 동향 분석								
Mission 정립	사업의 비전과 미션 정립								
과제 도출[I]	주요 이슈별 워킹 그룹 활동								
	중점 과제 도출								
	과제 성과 목표간 연계성 확보 방안 수립								
	수요처 협력 확대 및 활성화 방안 확보 [I]								
	상향식과제 도출을 위한 기술 동향 분석								
중간보고									
수요조사	뇌인지과학 전문가 의견 수렴 [1차]								
	기술수요조사 [연구재단 기획마루]								

	뇌인지과학 전문가 의견 수렴 [2차]								
	관계부처실무협의								
과제 도출[III]	우선 추진 상향식과제 도출								
	중점과제와 상향식과제의 연계성 확보 방안 수립								
	수요처 협력 확대 및 활성화 방안 확보 [II]								
과제적합성 조사	중점과제 컨소시엄의 사업 타당성 조사: [주] 테크란								
	향후 추진단계 도출								
최종보고서 일차 작성									
결과발표									
보고서 수정 및 최종 중점과제·상향식과제 도출									
최종보고서 제출									

2. 과제 도출

가. 과제 도출 전략

(1) 높은 기획 수준의 중점과제 중심의 사업단 구성

[그림 12] 중점과제 중심의 전략적 사업단 구성



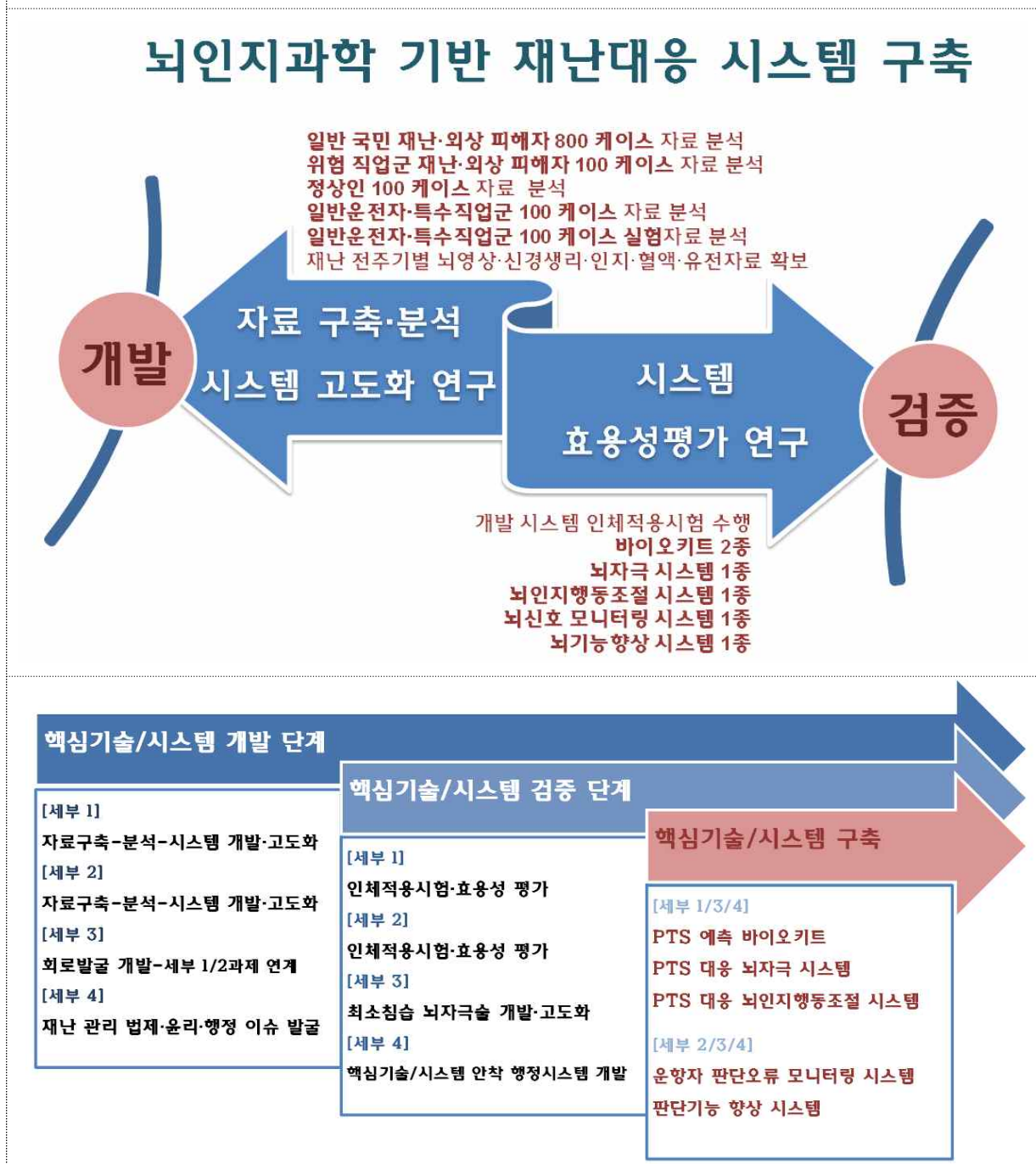
- 국가적 재난 대응 능력 및 위기관리 능력 강화시키는 최종 목표 성과를 달성을 위한 최적의 사업단 구성을 기획함.
- 최종 목표 달성을 위하여 다음의 2가지 측면을 강화하는 사업단 구성을 기획함.
 - 재난 전(pre-disaster)·후(post-disaster)의 재난 전주기적 접근
 - 뇌인지과학 기반의 실용화를 지향하는 재난대응 新기술 개발
- 이러한 사업 기획 전략에 따라, 본 사업은 뚜렷한 최종 목표 달성을 지향하는 중

점과제와 이와 유기적으로 연계된 新기전 발굴을 지향하는 상향식과제로 구성됨.

(2) 목표 지향적 사업 단계 구성

- 재난대응 기술 개발과 시스템 구축이 성공적으로 수요처에서 활용될 수 있도록 하기 위해 본 사업은 「핵심기술/시스템 개발 단계」와 「핵심기술/시스템 검증 단계」로 사업 구성을 기획함.

[그림 13] 사업의 단계: 핵심기술/시스템 개발과 검증 단계



- 「핵심기술/시스템 개발 단계」은 자료구축·분석 연구와 시스템 개발·고도화 단계로 구성

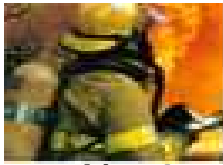
자료 구축·분석 연구 단계를 통해 일반 국민 재난·외상 피해자, 위험직업군 재난·외상 피해자를 대상으로 재난 전주기별 뇌영상·신경생리·인지·혈액·유전 자료를 확보하여 **핵심기술/시스템 개발을 위한 정보 프로파일링, 타깃 발굴을 수행함**. 또한 국민 재난·외상 피해자, 위험직업군 재난·외상 피해자 뿐 아니라 재난·외상 노출 위험 특수직업군의 자료 구축을 통해 **판단오류 모니터링 및 뇌기능 향상 시스템 개발 실험**을 수행함(표 1).

재난 전주기별 뇌영상·신경생리·인지·혈액·유전 자료 구축은 각각 단계별 대응 시스템 개발을 위한 필수적인 핵심 정보를 제공할 수 있을 뿐 아니라 시스템 고도화 및 효용성 평가 단계에서도 일차결과(outcome) 비교 평가에 활용될 수 있음. 또한, 향후 뇌인지과학 분야의 제반 연구에 기초 자료로서 활용이 가능함.

시스템 개발·고도화 연구 단계를 통해 각 목표 기술/시스템의 프로토콜 개발 및 시제품을 제작함. 일차적으로 자료 구축·분석 연구 단계에서 확보된 광범위한 제반 정보를 바탕으로 각 시스템에 최적화된 후보 프로토콜을 개발함. 각 후보 프로토콜 중 실용화에 가장 적합한 프로토콜을 기반으로 시스템 시제품을 제작함.

[표 1] 자료구축 대상군

 ‘일반 외상 노출’ 이후 재난대응 시스템	[일반국민 재난·외상 피해자군: 교통사고 피해자] 교통사고 피해자는 연간 약 40만 명 이상 되는 것으로 추정됨. 교통사고는 누구나 노출될 수 있는 매우 흔한 외상 사건의 하나로 교통사고 피해자군의 자료는 일반국민을 대상으로 한 ‘일반 외상 노출’ 이후 재난대응 시스템 개발에 있어 중요한 제반 정보를 제공할 수 있음.
 ‘심각한 외상 노출’ 이후 재난대응 시스템	[일반국민 재난·외상 피해자군: 범죄피해자] 강력범죄 피해자는 연간 약 70만 명 이상 되는 것으로 추정됨. 특히 범죄피해의 경우 노출된 외상사건의 강도가 심각하기 때문에 자연재해 혹은 일반 사고 등 다른 외상에 노출된 피해자에 비해 PTS 발생의 위험성이 약 3-9배 더 높은 것으로 알려짐. 따라서, 범죄피해자군의 자료는 일반국민을 대상으로 한 ‘심각한 외상 노출’ 이후 재난대응 시스템 개발에 있어 중요한 제반 정보를 제공할 수 있음.
‘반복된 외상	[위험직업군 재난·외상 피해자군] 타인에게 발생한 외상사건을 접하는 반복된 외상 노출 또한 PTS 발생에 중요한 원인 인자가 되고 있음. 반복된 외상 노출은 관련된 고위

 ‘노출’ 이후 재난대응 시스템	험직업군(소방관, 군인, 응급구조대원, 일반구조인력)의 PTS 발생 뿐 아니라 직업기능 감소 등의 제반 어려움을 초래함. 또한 ‘반복된 외상 노출’은 학교폭력, 가정폭력, 사이버 폭력 등 최근 사회 전반에서 문제가 되고 있는 현상에서도 자주 관찰됨. 따라서 재난·외상 사건에 반복 노출된 위험직업군군의 자료는 ‘반복된 외상 노출’ 이후 재난대응 시스템 개발에 있어 중요한 제반 정보를 제공할 수 있음.
 ‘판단오류’ 예방 시스템	[판단오류 상황 노출 특수직업군] 운항자·기관사·조종사 등의 직업군은 판단오류가 대형 인적재난으로 이어질 수 있는 판단오류 상황 노출 특수직업군임. 따라서 기관사와 같은 특수직업군 대한 기초 자료(뇌영상·신경생리·인지·혈액·유전 자료) 및 판단오류 행동실험 분석 자료의 확보는 판단오류 저감을 위한 뇌신호 모니터링 및 판단오류 예방 뇌기능 향진시스템 개발에 있어 매우 중요함.
[활 용 도]	
재난 전주기 단계별 대응 시스템 개발 위한 바이오마커 프로파일링/ 뇌자극 타깃 발굴에 필수적인 핵심 정보 제공 시스템 고도화 및 효용성 평가 단계의 객관적인 일차결과(outcome) 지표 정보 제공 제반 뇌인지 과학 분야의 뇌영상-신경생리-유전-혈액-체액-행동 융합 패러다임 활용에 있어 기초 자료로 활용 가능	

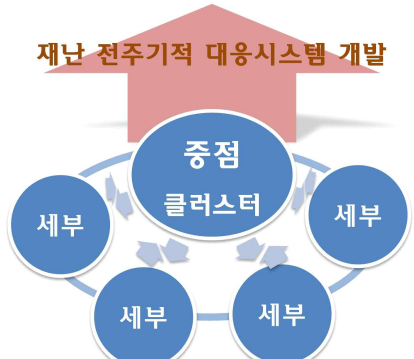
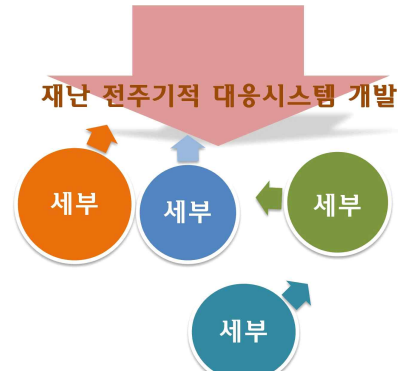
- 「핵심기술/시스템 검증 단계」는 시스템 효용성 평가 단계로 구성

시스템 효용성 평가 단계를 통해 개발된 각 재난대응 시스템의 해당 수요군에 적용시키는 인체적용시험을 통해 객관적인 시스템 효용성에 대한 평가를 시행함.

시스템 효용성에 대한 평가에는 수요군이 호소하는 증상의 변화 뿐 아니라, 재난 대응·예방 시스템을 적용함으로써 뇌영상-신경생리-인지-유전-혈액-체액 지표가 정상화되는지에 대한 평가를 함께 진행함으로써 객관적인 지표 기반의 검증을 시행함.

(3) 유기적 사업과제 구성

- 중점과제를 중심으로 과제 목표 달성을 위한 사업을 추진하며 「동물모델개발」, 「바이오마커 프로파일링」 분야에서 ‘연구자의 우수성’과 ‘주제의 창의성’을 기반으로 한 상향식과제를 발굴함.
- 상향식과제의 성과물들은 중점과제에서의 「핵기술/시스템 개발 단계」의 주요 신기술 발굴 영역에 적용되어 상호보완적인 유기적 역할을 할 수 있을 것으로 기대함.

중점과제 주도 혼합식 구성 [본 사업이 추구하는 전략]	각 과제의 상향식 구성
	
□ 국가적 “재난 전주기적 대응시스템 개발”과 같은 뚜렷한 사업 목표가 있는 장기적 연구에 유리한 전략임. □ 중점과제 컨소시엄 사업의 기획 수준이 높으며, 연구자의 자율성이 낮고 최종 사업 목표 달성 지향적인 계획으로 추진됨. □ 중점과제를 중심으로 사업 목표에 부합되는 상호 의존성이 높은 연구 주제를 총괄 계획 하에 수행함. 사업 목표에 가장 효율적인 과제 구성이 가능함. □ 총괄 계획 하에 필요 기술에 선택적 투자가 가능하므로 연구비 중복 투자의 가능성이 적음.	□ 연구개발 역량 배양, 연구 수준 향상 등을 목표로 하는 사업에 적합한 구조임. □ 사업의 기획 수준이 낮으며 연구자의 자율성이 높아 연구자 위주의 과제 목표를 지향함. □ 사업을 구성하는 개별 과제의 목표가 상호 이질적이며, 한 과제의 성과가 다른 과제에 영향을 주지 않아 서로 독립적인 경향이 강함. □ 과제 간 독립적인 경향으로 같은 기술에 대한 중복적인 연구비 투자의 가능성이 있음. □ 연구자의 탁월성에 따라 과제의 목표

- 사업목표에 부합하고 중점과제 컨소시엄 사업과의 유기적 연관성이 있으나, 연구 분야가 상호 독립적인 상향식과제를 추가 구성함으로써 창의적 과제 발굴을 보완함.
- 기획 단계에서 설정된 사업 목표를 가장 잘 달성할 수 있는 연구자의 탁월성을 중점 평가하여 선정하기 때문에 최종 사업목표 달성 가능성이 높음.

달성 정도에 차이가 있을 수 있으며, 단기적 연구에 더 적합한 구조임.

(4) 타 부처 과제와의 차별성(과제 중복성 이슈)

본 사업의 접근 방식



사업의 성격
 국가적 재난 대응 체계에 포함되어 실제적으로 활용될 수 있는 **콘텐츠로서의 구체적 기술개발사업**



사업의 범위
 판단오류예방 (先 재난예방) 부터 PTS 대응 (後 재난대응)까지 재난의 **전주기적 접근 방식**



사업의 대상
 재난에 노출될 수 있거나 재난에 노출된 **전 국민을 대상으로 한 사업**



사업의 활용도
사회문제 해결형 첨단 뇌인지과학 기술 개발의 모델 사업으로 다양한 뇌과학 분야에 활용가능

- ‘일반국민’을 대상으로 한 재난의 ‘방지와 예방’이 사업의 목표임.
- 안전성이 확보된 요소기술을 기반으로 재난 대응 시스템을 개발하고, 이에 대한 효용성의 생물학적 증거를 검증하는 사업계획으로 구성됨.
- 약물이 아닌 **비화학적 접근 방식**을 위주로 기술을 개발함. 개발된 기술은 제반 뇌과학

보건복지부 과제



사업의 성격
 시설 및 관리체계 구축 위주의 사업
 국가 재난의료지원물품 구축 등



사업의 범위
 응급 구조 및 대응 위주의 현장 재난 혹은 질환 중심의 접근 방식



사업의 대상
 재난 노출 후 발생된 환자를 대상으로 한 상담 위주의 치료 사업

- ‘환자’를 대상으로 한 ‘질병 퇴치’가 사업의 목표임.
- ‘한국형 임상진료지침’ 개발이 가장 중요한 목적임.
- 치료기술 개발의 경우 신약 개발 등 약물 위주의 **화학적 접근 방식**을 주로 함. 또한 신약 개발의 경우 후보물질 발굴 단계부터 허가 임상 단계를 모두

분야에 활용될 수 있음.

- 재난 대응관리 체계에 포함되어 실질적으로 활용될 수 있는 콘텐츠로서의 구체적인 '원천기술 개발'을 위한 R&D 사업.
- 재난 발생 이전부터 재난 발생 이후까지의 재난의 전 주기를 대상으로 하여 「복구」중심의 재난 대응에서 「예방」과 「대비」중심의 재난·외상에 대한 선제적 관리를 위한 전략 발굴을 위한 사업.
- 재난에 노출될 수 있거나 재난에 노출된 전 국민을 대상으로 한 사업.
- 「사회문제 해결형 뇌인지과학 사업」의 모델이 될 수 있으며, 본 사업을 통해 개발된 첨단 뇌인지과학 기술은 다양한 뇌과학 분야에 활용이 가능함.

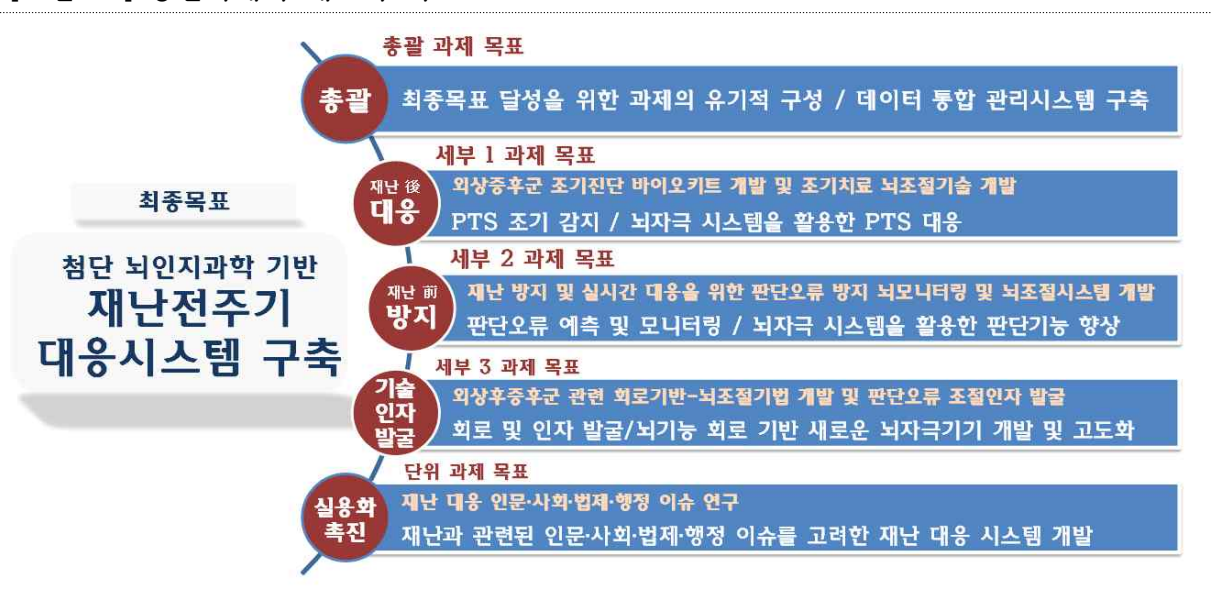
포함한 사업계획으로 구성됨.

- 재난거점병원 및 응급의료 시설의 설치, 이동식 현장 재난 의료시설 구축 등 재난 복구를 위한 제반 시설 구축에 중점을 둠.
- 응급 구조 및 현장 대응 등의 의료 시설 구축 및 의료진이 재난 현장에서 사용할 수 있는 응급 매뉴얼 작업을 중점적으로 한 질환 중심의 접근 방식임.
- 재난 이후 내외과계, 신경·정신계 질환이 발생한 환자들을 대상으로 약물 치료 및 상담 치료 방법에 대한 임상지침서 개발을 위주로 한 치료 사업.

3. 중점과제의 구성 및 역할

가. 목표

[그림 14] 중점과제의 개요와 목표



- 중점과제 컨소시엄은 총괄과제, 3개의 세부과제 및 단위과제로 구성되며 「재난 後 대응」과 「재난 前 예방」의 재난 전주기적 접근을 통한 통합적인 재난 전주기 대응 시스템 구축을 최종 목표로 함.
- 특히 「재난 대응 뇌자극 新기술 개발」과 「재난 대응 인문·사회·법제·행정 이슈 연구」를 통해 시스템의 실용화와 수요처 이전을 촉진함.

[표 2] 한 눈에 보는 중점과제 컨소시엄



핵심기술 개발·실용화

모바일기반 보급형
뇌인지행동조절 시스템



PTS 예측 바이오마크



운전자 뇌신호 모니터링 시스템
(고정형/휴대형)

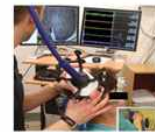
총 8개 재난대응 핵심기술 실용화

PTS대응 뇌자극 시스템(고정형/휴대형)



세부과제 1

세부과제 2



판단기능 향상 시스템
(고정형/휴대형)

심부뇌자극 기술 개발 판단오류 조절인자 발굴



세부과제 3

재난대응 핵심기술 안착
행정시스템 개발

단위과제



핵심기술 검증을 위한 인체적용시험



프로파일링 바이오마커 적용시험

PTS 예측 바이오칩 시제품 적용시험

최적 뇌자극 프로토콜 적용시험

모바일 뇌인지행동조절 모듈 적용시험

세부과제 1

핵심기술 효용성 검증 적용시험 6개 수행

세부과제 2

판단오류 모니터링 시스템 적용시험

판단기능 향상 시스템 적용시험



사업 재원

[총괄]

- 연간 약 8천만 원/ 5년간 약 4억 원/ 전체 연구비의 약 2%
- 과제 관리· 데이터관리 시스템 구축

[인건비: 세부 1-3 과제]

- 연간 약 9억 5천만 원/ 5년 약 47억 7천만 원/ 전체 연구비의 약 29%

[자료구축/기술개발비: 세부 1-2 과제]

- 연간 약 5억 8천만 원/ 5년 약 29억 원 / 전체 연구비의 약 18%
- 총 1100 케이스의 뇌영상·신경생리·인지·혈액·유전 자료 구축·분석
- 총 100 케이스의 판단오류 저감 훈련 실험 자료 구축·분석
- 핵심기술 고도화 분석 비용

[기술검증 적용시험: 세부 1-2 과제]

- 연간 약 2억 7천만 원/ 5년 약 13억 2천만 원/ 전체 연구비의 약 8%
- 총 260명 인체 적용시험(4개)
- 총 120명 뇌자극/뇌자극향상 적용시험(2개)

[뇌자극 신기술 개발: 세부 3 과제]

- 연간 약 4억 3천만 원/ 5년간 약 17억 5천만 원/ 전체 연구비의 약 11%
- 동물모델을 이용한 뇌자극 신기술 개발 비용/ 판단오류 조절인자 발굴

[인문·사회·법제·행정 이슈연구: 단위 과제]

- 연간 약 8천만 원/ 5년간 약 4억 원/ 전체 연구비의 2%
- 인문·사회·법제·행정 이슈연구 비용

[프로토타입(시제품) 개발: 세부 1-2 과제]

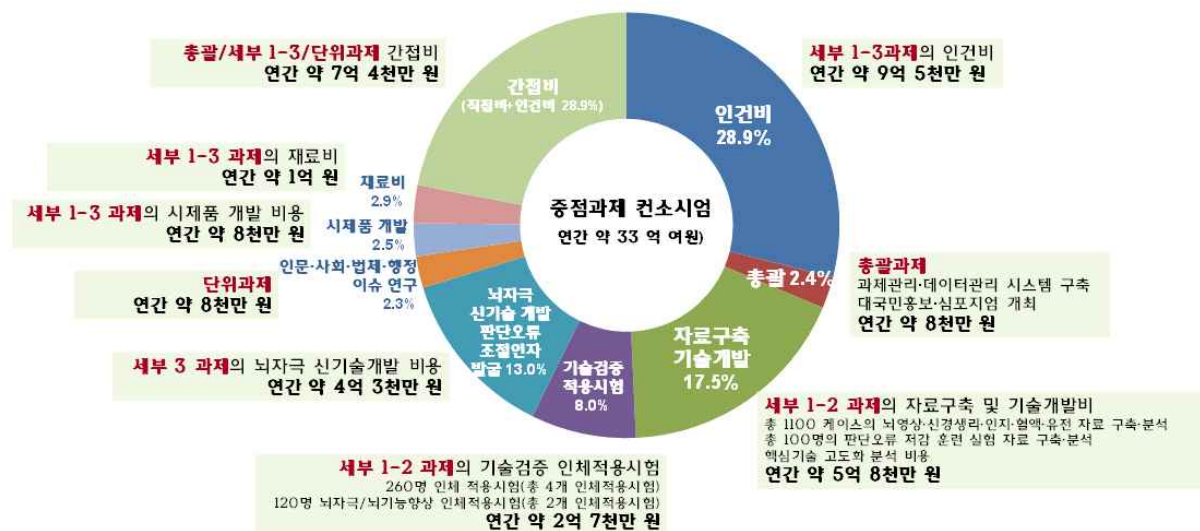
- 연간 약 8천만 원/ 5년간 약 4억 1천만 원/ 전체 연구비의 3%
- 핵심기술 시제품 개발

[재료비: 세부 1-3과제]

- 연간 약 1억 원/ 5년간 약 5억 1천만 원/ 전체 연구비의 3%
- 소모품, 재료비, 연구활동비, 기타

[간접비: 세부 1-3과제/ 단위과제]

- 연간 약 7억 4천만 원/ 5년간 약 37억 원/ 전체 연구비의 22%



나. 과제 내용

(1) 개요

- 중점과제 컨소시엄은 「핵심기술/시스템 개발」과 「핵심기술/시스템 검증」 단계로 구성되어 재난대응 시스템 개발에서 실용화를 위한 검증까지의 사업의 범위로 함 (그림 15).

특히, 뇌자극 신기술 개발을 통한 새로운 시스템 도입을 시도하고, 인문·사회·법제·행정 이슈 연구를 포함하여 수요자 중심의 맞춤형 시스템 개발을 위한 전략적 접근을 추진함.

[그림 15] 중점과제 내용의 개요



(2) 세부 1 과제

[과제명] 외상후증후군 조기진단 바이오키트 개발 및 조기치료 뇌조절기술 개발

[개발 핵심기술]

- 혈액·체액 기반 PTS 예측 바이오키트(응용기술)
- [자기 자극] rTMS 기반 PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템(응용기술)
- [전기 자극] tDCS 기반 PTS 대응 휴대용 뇌자극 시스템(응용기술)
- [초음파 자극] tFUS 기반 PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템(신기술)
- 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템(응용기술)
- 개인 맞춤형 뇌인지행동조절 시스템(응용기술)

[과제목적]

- 재난 後 뇌과학적 대응을 목표로 함.
- 재난·외상 노출 후 골든타임 내에 실제적인 개입이 가능할 수 있도록 바이오마커 기반의 '활용성(availability)' 기반의 PTS 예측 시스템 개발.
- PTS 발생의 예방을 위해 뇌회로를 직접 타깃으로 하는 '효능성(efficacy)'에 기반의 PTS 대응 뇌자극 시스템 개발.

■ 과제 내용 요약

① 핵심기술/시스템 개발을 위한 자료 구축·분석

[그림 16] 재난 전주기 외상별 재난대응 시스템 개발을 위한 자료구축 분석 방법



바이오마커 프로파일링을 통한 PTS 조기 감지 지표 설정

- 외상심각도별 탄력회복성 예측 바이오마커
- 외상심각도별 골든타임 PTS 예측 바이오마커

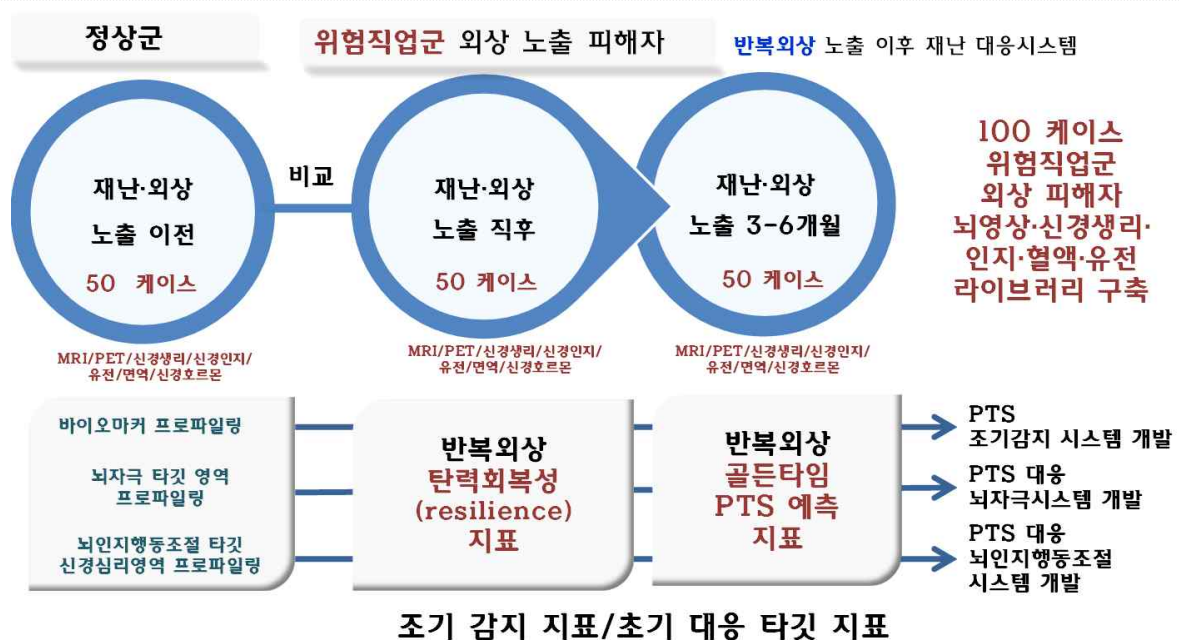
뇌자극 타깃 영역 프로파일링을 통한 PTS 대응 타깃 지표 설정

- 외상심각도별 초기 PTS 대응(예방) 뇌자극 영역
- 외상심각도별 PTS 대응 뇌자극 영역 선정

뇌인지행동 조절 타깃 신경심리영역 프로파일링을 통한 PTS 대응 타깃 지표 설정

- 외상심각도별 초기 PTS 대응(예방) 뇌인지행동조절 영역
- 외상심각도별 PTS 대응 뇌인지행동조절 영역

[그림 17] 반복 외상 노출 후 재난대응 시스템 개발을 위한 자료구축 분석 방법



바이오마커 프로파일링을 통한 PTS 조기 감지 지표 설정

- 반복외상 후 탄력회복성 예측 바이오마커
- 반복외상 후 골든타임 PTS 예측 바이오마커

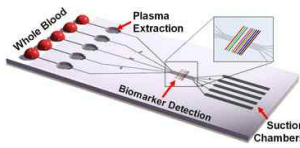
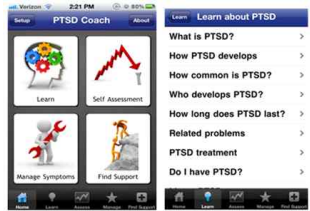
뇌자극 타깃 영역 프로파일링을 통한 PTS 대응 타깃 지표 설정

- 반복외상 후 초기 PTS 대응(예방) 뇌자극 영역

뇌인지행동 조절 타깃 신경심리영역 프로파일링을 통한 PTS 대응 타깃 지표 설정

- 반복외상 후 초기 PTS 대응(예방) 뇌인지행동조절 영역

② 핵심기술/시스템 개발 고도화 전략

핵심기술 예시*	핵심기술 개발 및 고도화 전략
	[PTS 예측 바이오키트] 현재 암, 치매, 우울증 분야의 유전·혈액·체액 내 바이오마커 기반의 조기 예측 바이오키트 개발이 활발히 이루어지고 있음. 재난·외상 노출 후 유전·혈액·체액 기반의 바이오마커 프로파일링 자료 분석에 기반하여, PTS 조기 감지에 중점을 둔 최적의 예측 바이오마커 조합을 추출하여 키트화 함.
	[휴대형 PTS 대응 뇌자극 시스템] 소형화가 가능한 tDCS 기반의 뇌자극 시스템으로 구성함. 재난·외상 노출 후 뇌자극 타깃 영역 프로파일링 자료 분석을 기반하여 탄력회복성(resilience) 및 회복(recovery)에 관여하는 뇌 피질(cortex) 영역 자극 프로토콜을 개발함. 소형화된 시스템 구성으로 시스템 단가를 낮추어 다양한 현장에 보급이 가능할 수 있도록 계획함.
	[고정형 PTS 대응 뇌자극 시스템] 뇌의 피질 뿐 아니라 피질하 구조물의 정교한 타깃팅이 가능한 rTMS 혹은 tFUS 기반의 뇌자극 시스템으로 구성함. 재난·외상 노출 후 뇌자극 타깃 영역 프로파일링 자료 분석을 기반하여 탄력회복성(resilience) 및 회복(recovery)에 관여하는 뇌영역 중 피질(cortex) 뿐 아니라 피질하구조물(subcortex) 영역에 대한 복합적인 타깃팅이 가능한 자극 프로토콜을 개발함. PTS 고위험군을 대상으로 한 PTS 대응 시스템으로 계획함.
	[모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템] 선진국을 중심으로 공포증 및 공황장애를 대상으로 한 인지행동치료기반의 모바일 앱의 개발이 이루어지고 있음. 뇌인지행동 조절 타깃 신경심리영역 프로파일링 자료 분석에 기반하여 고위 뇌기능 중심의 인지영역 훈련을 중심으로 한 전산화된 PTS 대응 프로그램을 개발함. 모바일 기반의 보급형으로 개발하여 접근성을 극대화함. 또한 모듈에 따라서, 신체 신호 기반의 피드백이 가능할 수 있도록 웨어러블 디바이스를 활용할 수 있도록 계획함.

*현재 타 분야에서 개발 중이거나 적용 중인 유사 핵심기술의 예시 사진

③ 핵심기술/시스템 검증

○ 「PTS 예측 바이오키트 기술」 검증을 위한 인체적용시험

- 바이오마커 프로파일링 분석을 통해 추출된 후보 바이오마커의 최적 조합에 대한 PTS 예측 효용성을 탐색하는 적용시험
- PTS 예측 바이오칩 시제품에 대한 효용성 탐색 적용시험

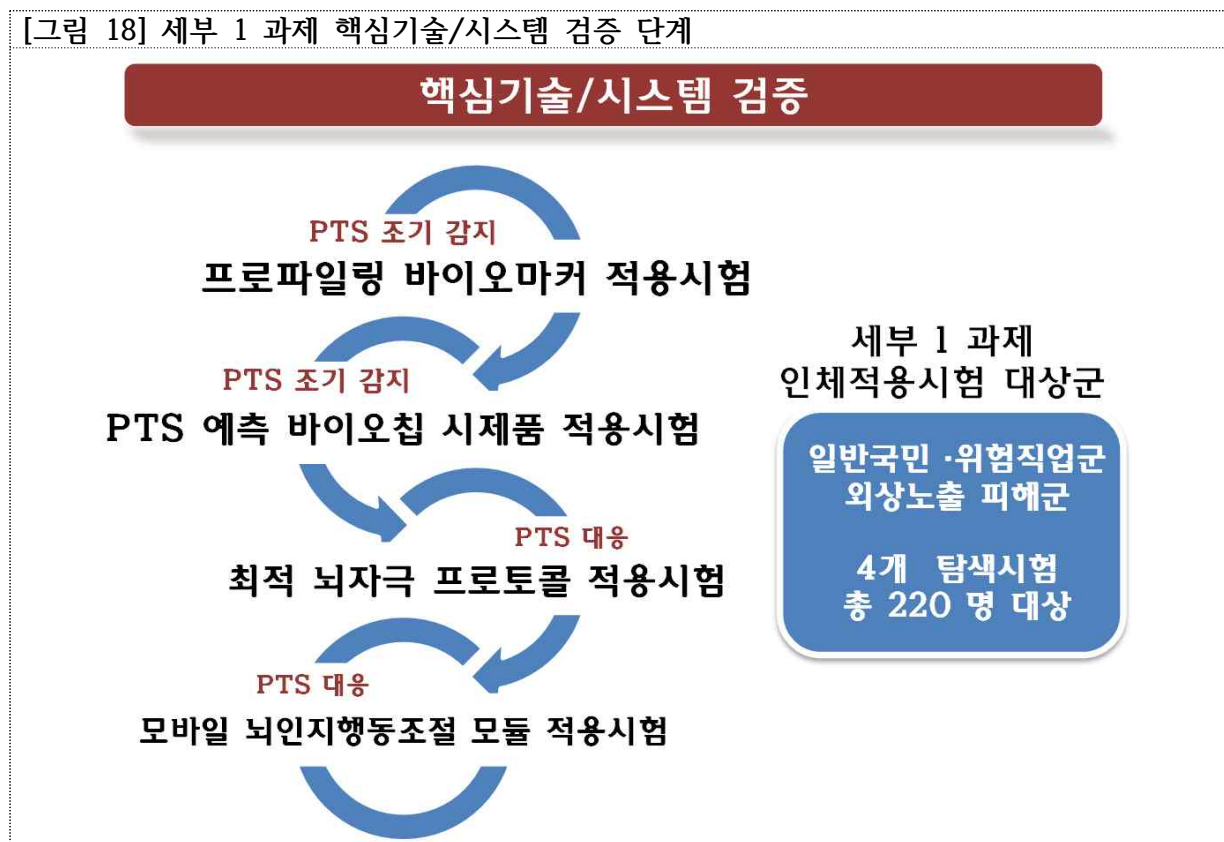
○ 「PTS 대응 뇌자극 시스템」 기술 검증을 위한 인체적용시험

- 타깃 뇌영역을 대상으로 가장 광범위하게 사용될 rTMS 기반의 뇌자극의 효용성을 탐색하는 인체적용시험을 시행함

○ 「모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템」 기술 검증을 위한 인체적용시험

- PTS 고위험군을 대상으로 한 모듈 C를 대상으로 조기개입 효용성 탐색 인체적용시험을 시행함

[그림 18] 세부 1 과제 핵심기술/시스템 검증 단계



(2) 세부 2 과제

[과제명] 재난방지 및 실시간 대응을 위한 판단오류 방지 및 뇌모니터링 및 뇌조절시스템 개발

[개발 핵심기술]

- 온라인 판단오류 예측 및 저감 뇌모니터링기술
- 판단기능향진 뇌훈련 기술
- 최적판단 예측 뇌분류
- 경험적 판단 효율성 증진을 위한 뇌신호 분석 및 자극' 기술
- 교통사고 저감 뇌과학기술 개발

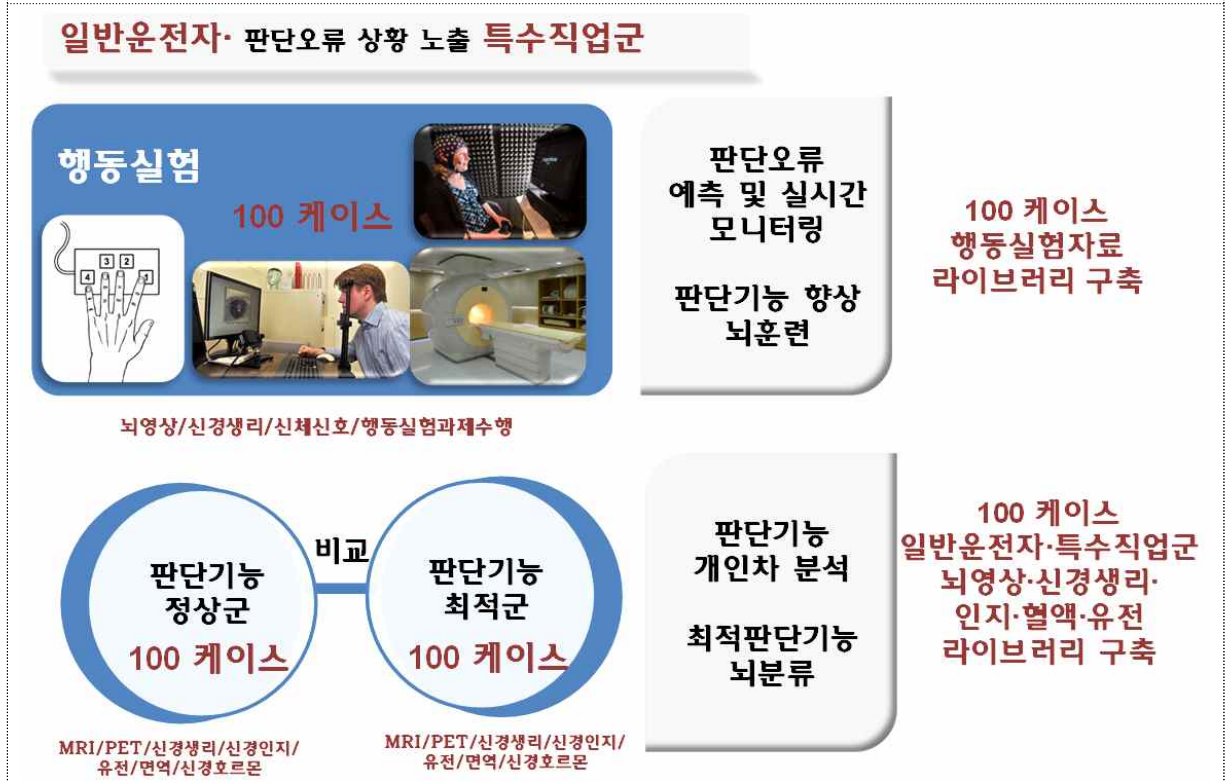
[과제목적]

- 재난 前 뇌과학적 대응을 목표로 함.
- 본 과제는 대규모 인명피해를 초래할 수 있는 철도, 선박, 항공 등 대형교통운송수단의 운전 및 운항 상황에서 안전사고를 유발하는 뇌판단오류의 발생을 저감하는 시스템을 개발하기 위해 (i)뇌모니터링(Brain Monitoring)기술, (ii)뇌활성유도(Brain Excitation)기술, (iii)뇌향진(Brain Function Enhancement) 기술, (iv)뇌시뮬레이션(Brain Simulation) 기술, (v)뇌기반-적성예측기술 (Brain-based Aptitude Prediction), (vi)행동모니터링(Behavior Monitoring)기술 등 요소뇌기술(Component Brain Technologies)을 개발/결합/적용함.
- 이를 통하여, (1) 운전/운항 현장(초, 분, 시간위)에서 뇌판단시스템의 순간적인 기능저하를 온라인 탐지하는 브레인랩스 예측 및 주의집중 유지 기술, (2) 운전/운항에 중요한 뇌판단시스템의 최적판단을 유도하는 훈련효율증대기술, (3) 뇌구조 및 뇌기능에 기반하여 운전/운항에서 최적판단의 개인차를 예측 및 변별하는 등 목표 뇌기술(Target Brain Technologies)의 개발을 목표로 함.

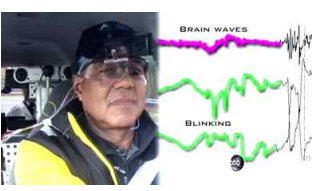
■ 과제 내용 요약

① 핵심기술/시스템 개발을 위한 자료 구축·분석

[그림 19] 판단오류 예측 및 판단 뇌기능 향진 시스템 개발을 위한 자료구축 분석 방법



② 핵심기술/시스템 개발 고도화 전략

핵심기술 예시*	핵심기술 개발 및 고도화 전략
	[운항자 뇌신호 모니터링 시스템-고정형·휴대형] 실시간 뇌파 및 아이트래킹(eyetracking)을 통해 뇌판단시스템의 기능적 저하를 사전에 감지하고 유사 신호 발생시 국소부위 뇌자극을 통해 시스템을 최적의 상태로 유도하는 기술을 개발함. 뇌파 및 아이트래킹 신호 정보의 조합으로 판단오류 예측도를 높이는 기술력이 필요하며 tDCS 기반의 뇌자극기기와의 all in one 패키지 시스템으로 판단오류를 모니터링 및 저감할 수 있도록 계획함.
	[판단 뇌기능 향진 시스템-고정형·휴대형]



안전관련 훈련·교육 전에 tDCS 기반의 뇌자극을 통해 학습효율을 최적상태로 유도하고 훈련·교육 이후 수면 조절을 통해 훈련·교육 효과를 극대화 시키는 기술을 개발함. tDCS 뇌기능 향진 기전 및 수면 효과의 기전을 활용한 각 요소기술의 결합을 통한 최적의 프로토콜 개발이 중요함.

*현재 타 분야에서 개발 중이거나 적용 중인 유사 핵심기술의 예시 사진

③ 핵심기술/시스템 검증

- 「운항자 뇌신호 모니터링 시스템」 기술 검증을 위한 인체적용시험
 - 판단오류 예측 all in one 패키지 시스템에 대한 효용성 탐색
- 「판단기능 향진 시스템」 기술 검증을 위한 인체적용시험
 - tDCS 뇌기능 향진 및 수면 조절 프로토콜을 통한 판단 기능 향진 효용성 탐색

[그림 20] 세부 2 과제 핵심기술/시스템 검증 단계



(3) 세부 3 과제

[과제명] 회로기반 뇌자극술 개발연구

[개발 핵심기술]

- 동물모델개발 및 행동증상 분석 기술(기초기술)
- 국소 뇌부위별 신경신호 측정분석 기술(기초기술)
- 뇌기능회로 기반 뇌자극의 신경생물학적 분석 기술(기초기술)
- 새로운 심부뇌자극 기기 개발(신기술)
- 전자기파, 전기자극 시스템 평가 및 고도화 기술 개발(기초기술)

[과제목적]

- 본 연구는 1) 동물 모델 개발 및 행동 증상 분석 기술, 2) 국소 뇌 부위별 신경신호 측정분석 기술, 3) 뇌기능회로 기반 뇌자극의 신경생물학적 분석 기술, 4) 새로운 심부뇌자극 기기 개발, 5) 전자기파, 전기 자극 시스템 평가 및 고도화 기술을 개발하는 것을 목표로 함.
- 학습에 의해 기억된 경험을 바탕으로 뇌에서 행동 선택이 일어나는 생리학적 기전을 동물모델을 사용하고 자세히 규명하고 더 나아가 신경망의 미세한 자극으로 이를 조절할 수 있는 원천기술을 개발함. 행동선택을 예측하고 잘못된 행동선택을 방지하는데 효과적인 신경망 타깅팅과 자극법을 발굴하여 뇌자극 기반 인지적 기능향상을 더 효율적으로 할 수 있는데 기여하는 것을 목표로 함.

■ 과제 내용 요약

- 동물 모델 기반 연구: 외상 노출 전후 단계별 타깃 뇌 부위 후보 및 뇌 신경신호 마커 발굴
- 동물 모델 기반 뇌자극 프로토콜 개발 연구: 행동-신경신호 패턴에 대한 데이터베이스 구축, 자극용 전극 및 전자파 조향 시스템 개발
- 동물 모델 기반 뇌자극 시스템 평가 및 고도화 연구: 실시간 성능 평가 및 뇌 자극 최적화 기술 개발 및 양방향 정보 교환을 통한 고도화 시스템 개발

(4) 단위 과제

[과제명] 재난 관련 인문·사회·법제·행정 이슈 연구

[과제 개요]

- 인문, 사회, 심리, 법, 윤리, 행정, 제도 분야에서의 「재난 대응」과 관련된 주요 이슈를 연구함.
- 예시로서, 재난 발생과 관련된 법적·윤리적 이슈 연구, 재난 대응과 관련된 법적·윤리적 이슈 연구, 첨단 뇌과학 기술 실용화를 위한 법적·윤리적 이슈 연구, 첨단 뇌과학 기술 실용화를 위한 행정 시스템 개발연구, 첨단 뇌과학 기술 실용화를 위한 제도 개선 연구, 대형 재난 발생이 공동체에 미치는 심리·사회적 영향 분석 연구 등의 주제를 선정할 수 있음.

다. 목표 성과: 핵심기술 개발

[그림 21] 본 사업의 목표 핵심기술



중점과제 컨소시엄은 8개의 재난대응 핵심기술 개발 및 실용화를 목표 성과로 함.

[세부 1/3/4 과제]

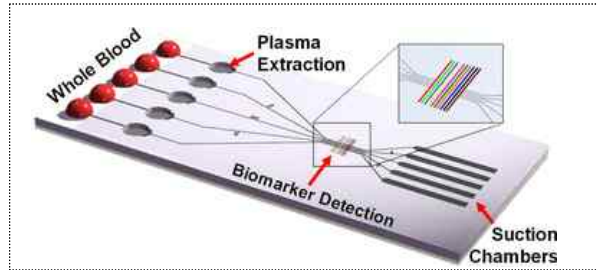
- 조기 감지: PTS 예측 바이오키트 개발
- 뇌자극 힐링: PTS 대응 뇌자극 시스템 개발
- 웹기반 관리: 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템 개발

[세부 2/3/4 과제]

- 실시간 모니터링: 운항자 판단오류 모니터링 시스템 개발
- 뇌기능 향진: 판단기능 향상 시스템 개발

(1) [조기감지] PTS 예측 바이오키트

기술분류	조기감지 기술
개발기술	혈액·체액 기반 PTS 예측 바이오키트(응용기술)
기술동향	□ 진단적 예측 바이오마커에 대한 세계 시장 규모는 2020년에 306억 달러(31조 정도)이며, 그 중 질환의 예측에 적용되는 것이 핵심 분야로 2020년에 61억 달러(6조)에 이를 것으로 예상되고 있음 □ 현재의 바이오마커를 이용한 예측 기술은 암과 심혈관계 질환에 집중되어 있으며, 알츠하이머 병, 파킨슨병 등과 같은 뇌질환 분야에서도 시작되고 있는 단계로 분석됨. 그러나, 현재까지 PTS에 대한 바이오마커 기반의 예측 시스템 개발은 기술시장 성장단계 중 태동기 단계에 머무르고 있음. □ 외상후 스트레스장애 등 PTS에 해당되는 각종 신경·정신계 뇌질환에 대한 바이오마커 기반의 조기선별·예측과 관련된 바이오칩(biochip) 혹은 바이오센서(biosensor) 연구 또한 최근까지도 매우 초보적인 단계임. □ 반면에, PTS 발생을 예측할 수 있는 특정 유전학적, 면역학적, 대사적, 뇌영상학적 지표에 대한 연구 논문은 연구자 중심의 상향식(bottom-up) 방식으로 이루어져 관련된 지식이 축적되고 있음(Schmidt et al., 2013; Zhang et al., 2009). 그러나 이를 통합적 관점에서 적용하여 실제 상황에 적용할 수 있도록 실용화하는 부분의 연구는 전 세계적으로도 매우 초기 단계임. 즉, 중요성에 대한 인식은 점점 높아지고 있으나, 실용적 단계에는 이르지 못한 상황으로 신속한 R&D 진입이 이루어질 경우 암과 심혈관계 질환 바이오센서 등에 비해 우리 기술이 선도적인 위치를 점할 수 있을 것으로 판단됨.
기술소개	□ PTS의 취약성마커 및 질환마커로 밝혀진 바이오마커에 대해 대한 바이오칩(biochip) 및 마이크로어레이 (microarray)의 제작 및 상용화.



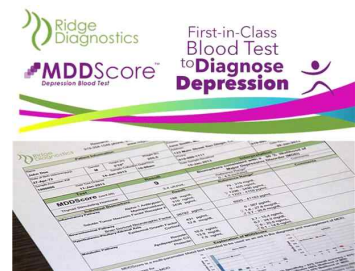
바이오칩 예시

[Bioanalysiszone Inc]

□ 이와 같은 과학적 검사 방식을 통해 조기에 신속하고 정확하게 PTS를 예측할 수 있도록 진단의 민감도(sensitivity)를 높일 수 있음.

우울증 진단: 혈청 바이오마커 활용

미국의 Ridge Diagnostics Inc.사는 우울증 진단에 특이적인 염증, 대사, 호르몬 계열의 바이오마커를 이용하여, 우울증을 진단할 수 있는 키트를 개발함. MDDScore™(주요우울장애점수)를 이용하여 점수가 50점 이상을 우울증으로 진단하였을 때 민감도 91%와 특이도 81%의 결과를 보고함(Papakostas et al., 2011).



Ridge Diagnostics 사의 MDDScore™

알츠하이머 치매 조기 선별: 혈장 인지질(phospholipid) 바이오마커 활용

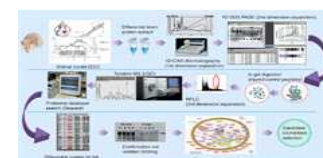
미국 조지타운 대학 연구팀은 정상 노인군에서 혈장(plasma)내 10가지 인지질(phospholipid) 검사를 통해, 3년 이내에 알츠하이머 치매가 발병할지 여부를 90% 정도 정확하게 예측할 수 있는 혈액 검사 기술을 개발하여 최근 Nature Medicine에 연구 결과를 발표함(Mapstone et al., 2014).



조지타운대학 연구팀

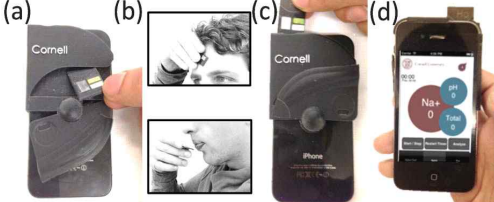
뇌손상(traumatic brain injury) 예후 예측: 혈액 바이오마커 활용

미국의 Banyan Biomarkers, Inc. 사는 뇌손상 이후 24시간 이내, 35일 째에 각각 혈액을 채취하여 뇌손상의 진단 및 예후를 예측할 수 있는 프로테오믹스(proteomics) 기반의 바이오마커 발굴을 시도함(Mondello et al., 2011, Clinical Trial Registration No. NCT01295346).



Proteomics 기반의 바이오마커 발굴 (Banyan Biomarkers, Inc)

모바일폰을 이용한 체액의 pH 측정

	침과 땀에서 pH를 측정하여, 나트륨 농도를 추정하고 이를 기준으로 탈수 정도를 측정하는 모바일 앱의 예시임. 또한 수면, 운동량 등 생체 정보도 취합하여 신체 상태를 모니터링하는 역할을 함. 출처: Oncescu et al., 2013. 
재난 주기별 타깃군	□ 본 기술은 재난 전주기중 외상 노출된 전 국민을 대상으로 적용될 수 있음. 연간 전 국민의 약 3%가 교통사고 피해자이며 약 2%가 범죄피해자임을 고려하고, 기타 각종 재해·사고 피해자 및 목격자 등의 2차 피해자를 고려하면 <u>연간 전 국민의 10%가 PTS 예측 바이오키트 기술의 타깃군이 될 수 있을 것으로 예상함.</u> □ 또한 직업의 특성상 반복적으로 외상사건에 노출되는 군인, 소방공무원, 응급구조대원, 경찰공무원 등의 직업군은 외상 사건 노출에 대한 고위험 직업군이라고 볼 수 있음. 특히 반복적인 외상 노출의 경우 PTS의 발병률이 의미 있게 높아지기 때문에, 중요하게 다루어져야 함(Breslau et al., 1991). 따라서 <u>군인, 소방공무원, 응급구조대원, 경찰공무원 등의 위험 직업군은 PTS 예측 바이오키트 기술의 타깃군이 될 수 있을 것으로 예상됨.</u>

(2) [뇌자극 힐링] PTS 대응 뇌자극 시스템

기술분류	뇌자극 힐링
개발 기술	- [자기 자극] rTMS 기반 PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템(응용기술) - [전기 자극] tDCS 기반 PTS 대응 휴대용 뇌자극 시스템(응용기술) - [초음파 자극] tFUS 기반 PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템(신기술)
기술동향	□ 최근 외상후 스트레스성 뇌질환의 직접적인 병태생리에 밀접한 연관을 가지는 뇌회로를 직접적으로 자극(neurostimulation 혹은 neuromodulation)하는 기술이 PTS에 대한 뇌기전 기반의 예방 및 조기개입 전략으로 새롭게 주목을 받고 있음. □ 이러한 비침습적 뇌자극법 중 rTMS와 tDCS는 대표적인 방식으로 소개되고 있으며, 뇌신경계 질환에서의 활용도가 증가하고 있는 추세임(Fregni and Pascual-Leone, 2007). 특히, 파킨슨병, 우울증

등에서의 활용도가 매우 높음.

최근에는 조금 더 깊은 부위의 뇌자극을 더 효율적으로 할 수 있는 저주파 초음파를 이용한 **tFUS**도 뇌신경계 질환에서의 뇌자극에 활용되기 시작하고 있음(Legon et al., 2014).

□ 뇌자극 시스템 분야에서는 알츠하이머형 치매, 우울증과 파킨슨병에서 가장 활발하게 연구되어 왔음. 이 질환들에서의 뇌자극 시스템과 관련 특허에 대한 출원건수와 출원인수는 꾸준히 증가되는 경향으로 현재 기술시장 성장단계상 발전기에 해당 되는 것으로 분석됨. 반면에, **외상후 스트레스성 뇌질환 분야의 뇌자극 시스템 분야**는 조금씩 특허 출원이 시작되는 단계로 기술시장 성장단계상 출원수와 출원인수가 늘어나고 있는 **발전기**로 분석됨.

□ 뇌자극시스템 개발 관련 특허는 꾸준히 증가하고 있으며 특히 우울증이나 파킨슨병 분야에서 비교적 활발히 이루어지고 있는 것으로 파악됨. 우울증이나 파킨슨병에 대한 뇌자극 시스템 개발 분야가 현재까지 기존의 역점 분야인 것으로 분석됨. 반면에, **PTS 분야의 뇌자극 시스템의 경우 특허 출원이 소수로 상대적으로 많이 취약함**. 따라서 이 분야는 공백 기술로 분석되며 이를 전략적 역점 분야로 삼는다면 세계적 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 분석됨.

□ 비침습적 뇌자극법으로 안전성이 확보되어 있고 기존 신경·정신계 분야에서 광범위하게 현재 적용되어 있는 대표적인 방식은 **rTMS와 tDCS 방법이 있음**.

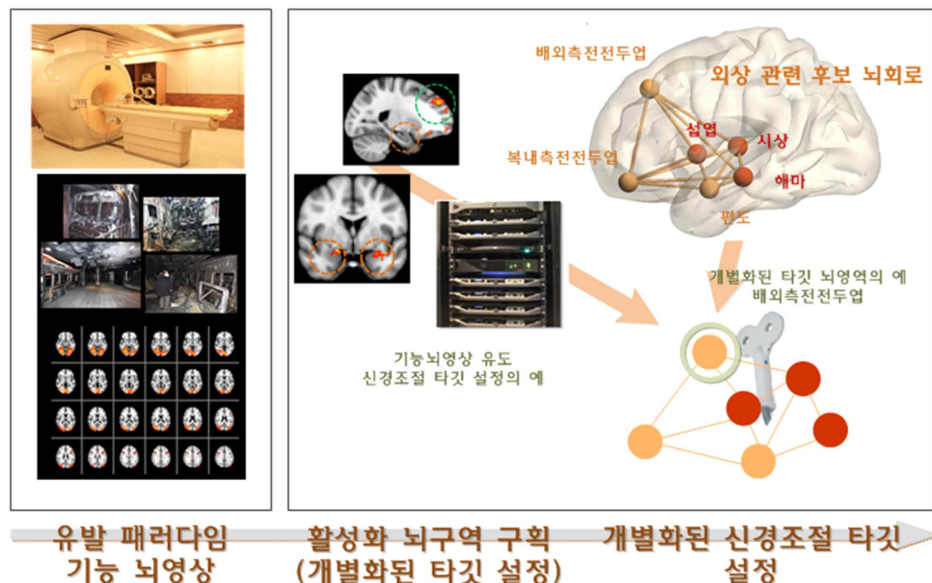
□ 본 사업에서는 **rTMS를 응용한 「PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템」**과 **tDCS를 응용한 「PTS 대응 휴대형 뇌자극 시스템」** 개발을 목표로 함. 이를 위하여 PTS 예방을 위한 보다 정교한 타깃 뇌영역을 설정하여 정확히 의도한 타깃 뇌영역을 자극하는 세부 기술을 개발하여 PTS 분야에서 실제 비침습적 뇌자극술의 실용화가 가능 할 수 있도록 함.

□ 또한 본 사업에서는 심부 뇌자극을 가능하게 해주는 새로운 뇌자극술로 각광받고 있는 **tFUS의 경우 세계적으로는 전문가그룹이 매우 드문 신기술 분야임**. 본 사업에서는 심부 뇌자극에 유리한 **tFUS기반의 PTS 대응 고정형 뇌자극 시스템을 개발할 예정임**.

개인별 맞춤 PTS 유발 뇌회로 검색 기술

현재까지 비침습적 뇌자극법을 시행할 때 개인의 차이를 고려한 맞춤형 타겟 뇌영역의 설정 및 각 타겟 영역에 대한 프로토콜 개발은 이루어지고 있지 않음. 그러나, 최근 보다 정확한 기전 기반의 뇌자극에 대한 요구도가 커지면서, 우울증, 불안 장애 등 질환 영역에서 유발 패러다임 기능 뇌영상 촬영 후 활성화된 뇌 영역에 대한 결과를 반영한 신경조절 타겟 뇌 영역의 설정하려는 시도가 있음. 그러나 이러한 기술이 현장에서 활용되기 위해서는, 뇌 활성화 정도를 지표화 하여 영역 타겟에 반영할 수 있는 프로세싱 및 프로토콜에 대한 질환별 시스템 개발이 선행되어야 함.

개인별 맞춤 PTS 유발 뇌회로 검색 기술



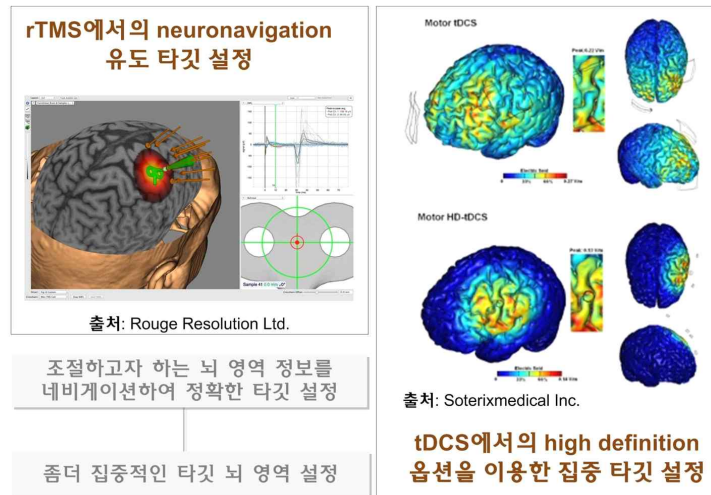
개인별 맞춤 PTS 뇌회로 타겟팅 기술

신경 네비게이션 및 신경타겟 기술은 현재까지는 뇌수술 혹은 침습적 (invasive) 뇌자극술(예: 심부 뇌 자극술, deep brain stimulation) 적용시 주로 활용되어 왔음. 최근 비침습적 뇌자극법 분야에서도 다양한 신경네비게이션, 혹은 집중 타겟을 위한 기술들에 대한 소개가 증가하고 있음. 그러나, 이러한 기술들이 현장에서 활용되기 위해서는 뇌영상 정합(registration)을 포함한 보다 자동화된 프로세싱 기술 시스템 개발이 필요함.

또한 현재 많이 쓰이고 있는 rTMS 및 tDCS가 주로 뇌피질 자극만이 가능함에 비하여 tFUS의 경우 보다 심부 뇌 영역에 대한 자극이 가능한 기술임. 따라서, 이러한 기기 간의 특성을 활용하여, 타겟 하는

뇌 영역에 적합한 신경조절법을 선택하고 타깃 영역에 따른 파라미터 변화를 반영한 프로토콜 개발도 필요할 것임.

개인별 맞춤 PTS 뇌회로 타깃팅기술



재난 주기별 타깃군

- 본 기술은 재난 전주기중 외상 노출된 전 국민(연간 전 국민의 10%)를 대상으로 적용될 수 있음. 특히 PTS 고위험군(PTS 발생의 위험성이 높은 군, 외상 노출된 국민의 약 40%/ 전 국민의 4% 추정)의 경우 고정형 뇌자극 시스템 기술의 타깃군이 될 수 있을 것으로 예상함. 또한 PTS 위험군(PTS 발생이 위험성이 있는 군 외상 노출된 국민의 약 30%/전 국민의 3% 추정)의 경우 휴대형 뇌자극의 시스템 기술의 타깃군이 될 수 있을 것으로 예상함
- 또한 직업의 특성상 반복적으로 외상사건에 노출되는 군인, 소방공무원, 응급구조대원, 경찰공무원 등의 위험직업군의 경우에도 외상 노출 후 PTS 발생의 예방을 위해 고정형 혹은 휴대형 뇌자극 시스템 기술이 적용될 수 있을 것으로 예상함.

(3) [웹기반 관리] 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템

기술분류

웹기반 관리

개발기술

- 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템(응용기술)
- 개인 맞춤형 뇌인지행동조절 시스템(응용기술)

기술동향

- 외상후 스트레스성 뇌질환 분야에서는 전통적인 지지요법(supportive psychotherapy)을 포함한 인지행동 조절(cognitive behavioral modification)등의 비화학적 예방 및 조기개입 전략이 비교적 좋은 효과(efficacy)를 내고 있는 것으로 알려져 있음(Jonas et al., 2013).
- 특히 외상후 스트레스성 뇌질환의 경우 '노출(exposure)' 기법이 증상의 예방 및 치료에 효과적이기 때문에 노출기법 기반의 인지행동 조절, 가상현실(virtual reality) 치료, 안구운동 민감소실 및 재처리 기법(eye movement desensitization and reprocessing, EMDR), 이미지 트레이닝(image rehearsal) 치료 등의 적용이 최근 증가하고 있음(미국 보훈처 2010년 보고서 Clinical Practice Guideline for the Management of Post-Traumatic Stress, Jonas et al., 2013).
- 그러나, 이러한 인지조절 기법들의 경우, 전문적인 치료 인력이 필요하고 표준화가 어려우며, 시간과 비용의 리소스가 많이 필요한 단점이 있어 특히 국내에서는 광범위하게 적용되지 못하고 있는 것이 현실임.
- 최근 이러한 단점을 극복하기 위하여 컴퓨터 프로그램과 보조적 디바이스를 활용한 전산화된 인지조절(computerized cognitive modulation)에 대한 관심이 증가함. 특히 미국 등 선진국에서는 이러한 전산화 인지조절에 대한 프로그램 개발이 증가하고 있는 실정임.
- 그러나, 많은 경우 동영상 교육 위주의 프로그램으로 주로 구성되고 개인의 차이에 따른 개별화된 프로그램 개발이나 피드백 정보를 반영하여 개별화할 수 있는 세부 영역들의 기술 개발은 부족하여 기대에 비하여 실용화 측면에서는 사용이 광범위하게 이루어지고 있지 못함.
- 특히, 외상후 스트레스성 뇌질환의 경우 '노출' 기법이 중요한 치료 인자이며, 개별화된 노출 자극이 치료 효능의 향상에 필수적이라고 할 수 있음. 따라서, 이러한 전산화된 인지조절법의 실용화를 위하여 각 외상 경험이나 개인사를 반영할 수 있고, 각각의 반응에 대한 뇌신호 기반의 피드백 정보 프로세싱이 가능한 프로그램 개발이 선행되어야 할 것임.

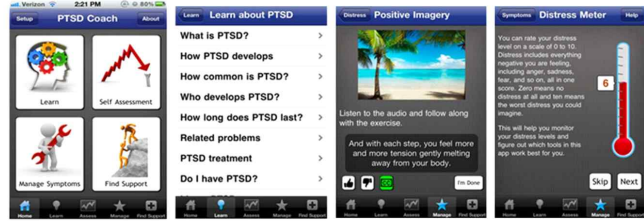
기술소개

- 개발 기술 구체적 소개
모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템: 보급형으로 접근성을 극대

모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템

노출된 외상의 종류 및
개인의 증상에 따른
개별화된 앱 제공

웨어러블 시스템을 통한
생체정보 유도
인지조절 시스템



출처: 미국 보훈처
(Department of Veterans Affairs).

PTS 발생 위험도가 높지 않은 외상 노출 국민이나, 위험 직업군, 혹은 일반 예방을 위해서는 다수의 사람들이 쉽게 접근(access)할 수 있는 보급형 시스템 개발이 필요함. 이러한 접근 방식은 미국 보훈처 등에서 아프가니스탄 참전 용사 등을 위해서 개발하여 활용도가 매우 높음. 그러나, 국내에는 이러한 시도가 없음. 특히 본 사업에서는 웨어러블 시스템을 활용한 생체 정보 피드백을 이용한 개별화된 프로그램 구성을 통하여 상호(interaction) 정보 교환이 가능한 차별화된 전략적 접근을 취할 예정임.

개인 맞춤형 뇌인지행동조절 시스템: 개별화된 매뉴얼 적용 가능

개인 맞춤형 뇌인지행동조절 시스템

노출된 외상의 종류 및
개인의 증상에 따른
개별화된 프로그램 제공

뇌신호 피드백 정보 유도
인지조절 시스템



출처: SachsCenter Inc.



출처: MINDMEDIA Inc.

인지조절 시스템 적용에 있어 노출된 외상이나 개인의 증상에 따른 개별화된 프로그램을 제공하기 위한 알고리즘 개발은 시스템의 효능을 높이기 위해 매우 중요한 이슈임. 특히 뇌파, 뇌영상 정보 등 뇌신호 피드백 정보를 기반으로 프로그램을 재구성하는 알고리즘 구성 또한 기전 기반의 예방 및 조기개입을 제공할 수 있다는 측면에서 매우 중요할 것임.

전산화 뇌인지행동치료 시스템 [미국 보훈처의 예]

- 미국 보훈처(Department of Veterans Affairs)에서 개발한 전산화 인지조절 프로그램의 예로 동영상 교육, 간단한 자기 보고 설문 가능함. 자가 연습(self-practice) 등은 가능하나 상호적(interactive) 정보 교류가 없어서 개인의 증상 및 반응에 따른 개별화된 프로그램

적용은 어려움. 인지행동조절에 포함되는 각각의 기법(예: 인지왜곡 교정, 이완 등)을 중심으로 구성되어 있음.

전산화 인지행동조절의 예시 1



출처: 미국 보훈처
(Department of Veterans Affairs).

전산화 인지행동조절의 예시 2



출처: CCBT Ltd.

- 동영상 교육, 자가보고, 인지행동조절에 중요한 요소인 홈워크 수행하고 스스로 입력할 수 있는 기능이 추가된 전산화 인지조절 프로그램의 예임. 진도 및 진행의 변동을 점수나 그래프로 제시해준다는 면에서 상호적(interactive) 정보 교류가 일부 가능함 프로그램임. 대부분 현재까지 개발된 프로그램의 패턴임.

가상현실 노출기법

가상현실 노출기법에 쓰이는 Devices의 예시



출처:WorldViz Inc.



출처:IMMERSION-VRELIA Inc.



출처:Virtually Better Inc.

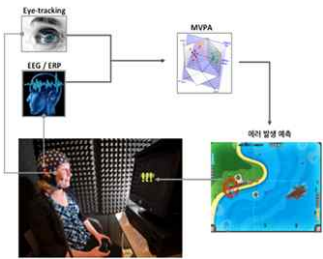


- 노출(exposure) 기법은 외상후 스트레스성 뇌질환의 인지조절에 있어 매우 중요한 치료 요소 중에 하나임. 따라서 최근 가상현실을 응용한 인지조절 프로그램의 개발에 대한 관심이 매우 높아짐. 특히 특정 공포증(예: 비행공포증, 고소공포증 등) 분야에서는 가상현실 노출 기법이 활발히 적용되고 있음.

- 본 기술은 재난 전주기중 외상 노출된 전 국민(연간 전 국민의 10%)를 대상으로 적용될 수 있음. 특히 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템 기술의 경우 재난 및 외상 노출 직후부터 각 위험도 level 에 따른 모듈화 된 적용이 가능하여 보급형으로 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 예상함.
- 또한 직업의 특성상 반복적으로 외상사건에 노출되는 군인, 소방공무원, 응급구조대원, 경찰공무원 등의 위험직업군의 경우에도 외상 노출 후 PTS 발생의 예방을 위해 모바일기반 보급형 뇌인지행동조절 시스템 기술이 적용될 수 있을 것으로 예상함.

(4) [실시간모니터링] 뇌신호 모니터링 시스템 - 고정형·휴대형

기술분류	실시간 모니터링
개발기술	- 운항자 고정형 판단오류 모니터링 시스템(응용기술) - 운항자 휴대형 판단오류 모니터링 시스템(응용기술)
기술동향	□ 뇌신호 모니터링을 통한 뇌활성상태 분석 및 뇌판단오류 예측과 관련된 연구들에 따르면 뇌파(EEG), 안구 추적(eye tracking) 기술, 기능적 뇌영상(fMRI) 등 뇌인지과학기술을 통합하여 지각 실험과제 상황에서의 판단오류를 사전에 예측할 수 있음이 증명됨. 뇌판단오류 실시간 예측 및 저감 기술 □ 뇌신호 모니터링 기술이 통합된 고정형 및 휴대형 모니터링 시스템을 통해 브레인 랩스의 실시간 예측 정확성을 높이고 판단오류를 예측함으로써 판단 오류로 인한 사고 예방에 큰 효과를 가져올 것으로 예상.
기술소개	□ 뇌파와 생체 신호 측정을 통해 주행 중 에러 발생 전 알파파가 발생하고 장시간의 눈깜박임이 동반되어 있다는 사실이 알려져 있음 (Pepadelis et al. 2007). □ 뇌파 및 Eyetracking을 통합한 실시간 모니터링은 주의 태만이나 졸음운전을 탐지할 수 있으며, 나아가 공군이나 항공기 조종사의 경우 무선 EEG 시스템을 실제 비행상황과 시뮬레이터 상황에 적용하여 뇌의 활성화 상태 모니터링(Klyde et al. 2013) 할 수 있음. □ 미항공 우주국(NASA)은 뇌측정 및 시지각 측정 시스템을 항공시뮬레이터에 구축하여 조종사 상태를 모니터링 하는 기술에 관한 연구를 진행 중임(항공전자공학 투데이 (Avionics today),

	2014년 5월 8일자 기사). □ 따라서, 본 사업을 통해 실시간 뇌파 모니터링 및 안구 추적을 통해 뇌판단시스템의 기능적 저하를 사전에 감지하고 유사 신호 발생시 국소부위 뇌자극을 통해 시스템을 최적의 상태로 유도하는 기술을 개발함.
기술 개발 예시	통합된 생체신호를 이용한 뇌 모니터링 fMRI나 EEG를 활용한 뇌활성상태 분석, 안구운동 및 동공반응 신호 분석을 통한 주의 상태 연구 등은 각각 독립된 기술로서 연구되어 왔음. 그러나 이처럼 분리된 뇌활동 및 신체활동 측정장비를 통합하여 하나의 장치형 또는 휴대형 모듈로 구현함으로써, 이를 운전이나 비행 등 실제 상황에 적용할 수 있을 것으로 기대됨. 
재난 주기별 타깃군	□ 국내 운전면허 소지자는 약 3천만명 (2,826,3000명)으로 전체 인구의 57.7% (2013년 경찰청 통계)에 달하고, 연간 전 국민의 약 3%가 교통사고 피해자이며, 교통사고 원인별 현황 분석 결과 (2013년 한국도로공사 자료) 주시태만이나 졸음과 같은 일시적인 뇌기능 저하 또는 브레인 랍스와 연관된 경우가 전체 사고의 62%를 차지하였음. 따라서 뇌신호 모니터링을 통한 재난 방지 기술은 재난 전주기중 외상 노출 전 모든 국민을 대상으로 적용될 수 있을 수 있을 것으로 예상됨. □ 특히 직업의 특성상 판단 오류에 기인한 사고율이 높은 분야로서, 항공 분야의 비행기 조종사나 비행 관제사 등의 직업군이 우선 적용될 수 있을 것으로 생각됨. 나아가 해운, 철도 및 지하철, 버스나 택시, 및 각종 운수 업체 역시 판단 오류에 의한 사고율이 높을 뿐 아니라 국민 안전에 미치는 파급효과가 큰 직업군으로 실시간 뇌신호 모니터링 기술의 우선 적용 타깃군이 될 수 있을 것으로 생각됨.

(5) [뇌기능 향진] 뇌기능 향진 시스템 - 고정형·휴대형

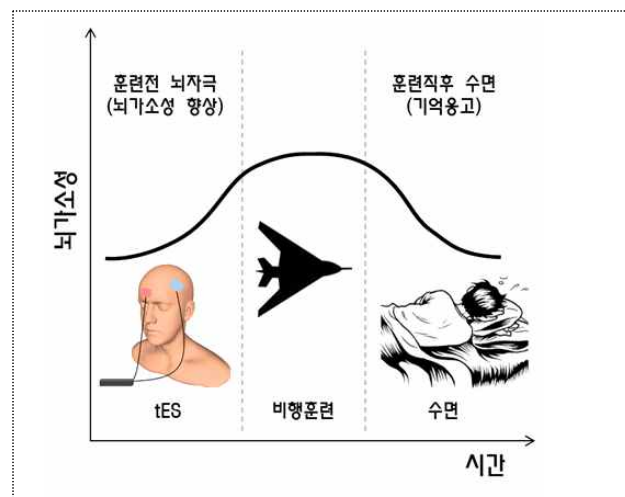
기술분류	뇌기능 향진
개발기술	- 고정형 판단기능 향진 시스템(응용기술)

- 휴대형 판단기능 향진 시스템(응용기술)

기술동향

- 뇌자극을 통한 뇌기능 향진 시스템 개발은 판단오류, 주의 및 각성과 관련된 뇌회로를 직접 타겟팅 함으로써 뇌활성도를 증진시키고 재난을 방지하는데 중요한 역할을 하는 핵심 기술임.
- 비침습적 뇌자극법 중 rTMS, tDCS, tFUS의 프로토콜(소프트웨어)에 따라 뇌신경계 질환의 치료 뿐 아니라 예방, 뇌기능 향진 등을 위해 임상적으로 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대됨.
- 항공기, 선박, 철도 등의 운항자, 혹은 개인 운전자에서 수련과정은 직접체험이 어렵거나 각종 위험이 수반됨. 뿐만 아니라 이는 제한된 시간과 장소에서만 진행할 수 있는 고비용의 학습과정임. 따라서 가상현실을 통한 반복적인 시뮬레이션 및 간접체험은 재난 및 사고 방지에 있어 중요하게 활용될 수 있는 기술임.
- 수면은 학습경험이 장기기억으로 전화되는데 결정적인 역할을 수행하며, 특히 학습 직후의 수면이 가장 효과적인 것으로 알려져 있음. 이러한 뇌인지과학적 지식을 비행훈련, 도로연수 등 각종 프로그램에 적용해서 훈련효과 향상을 도모할 수 있음. 즉, 훈련 전 다양한 뇌향진기법들을 적용한 후 훈련직후 수면을 취함으로써 훈련 효과를 극대화하고 나아가 각종 사고 및 재난을 사전에 예방할 수 있을 것으로 기대됨.

기술소개



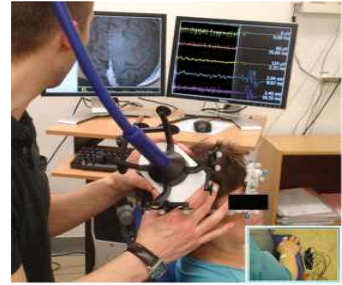
판단기능 향진 기술

- 뇌활성유도 및 뇌향진 기술, 뇌시뮬레이션 기술 및 행동모니터링 기술을 개발/결합/적용하여 안전사고를 유발하는 뇌판단 오류의 발생을 저감하는 시스템 개발

기술 개발 예시

뇌판단시스템 기능향진을 통한 판단최적화 유도(뇌활성유도 및 뇌향진 기술)

뇌기능향진을 위해 다양한 비침습적 뇌자극법들이 시도되어 왔음. 국소전류, 자기장, 초음파 등을 활용한 장치형 또는 휴대형 뇌자극기술의 경우 효과를 높이기 위해서는 적정 프로토콜의 개발과 함께, 뇌회로 타겟팅을 위해 각종 뇌영상기법과의 융합 기술 개발이 필수적임.



수면개입을 통한 학습효과 향상

학습 직후의 수면은 장기기억으로 전환되는데 가장 효과적이므로, 각종 훈련 프로그램에 적용해서 효과를 향상시킬 수 있음. 즉, 훈련 전 다양한 뇌향진기법들을 적용한 후 훈련직후 수면을 취함으로써 훈련 효과를 극대화하고 나아가 각종 사고 및 재난을 사전에 예방할 수 있을 것으로 기대됨.

가상현실을 이용한 뇌시뮬레이션 및 행동모니터링 기술

가상현실 기반 안전사고 예방훈련 교육은 을 통한 반복적인 시뮬레이션 및 간접체험은 재난 및 사고 방지에 있어 중요하게 활용될 수 있는 기술임.

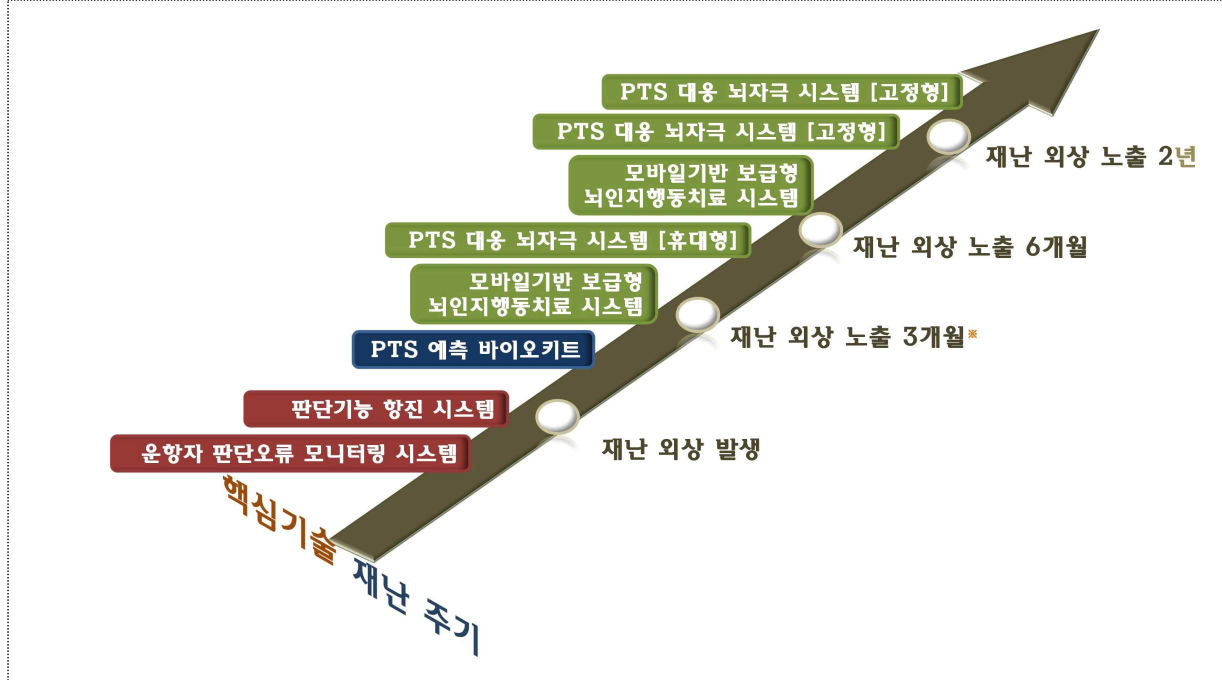


재난 주기별 타깃군

- 본 기술은 재난 전주기중 외상 노출된 전 국민을 대상으로 적용될 수 있음. 운전면허 소지자는 전체 인구의 57.7%(2013년 경찰청 통계 기준 2,826,3000명)를 차지하고, 연간 전 국민의 약 3%가 교통사고 피해자이며, 교통사고 원인별 현황에서 주시태만이나 졸음이 전체 사고의 62%를 차지(2013년 한국도로공사 자료)한다는 점을 고려하면, 초, 분, 시단위에서 뇌판단시스템의 순간적인 기능저하를 온라인 탐지하는 브레인랩스 예측 및 주의집중 유지 기술은 전 국민의 안전과 직결된 기술과제라고 할 수 있음.
- 특히 직업의 특성상 판단 오류에 기인한 사고율이 높은 분야로서, 항공 분야의 비행기 조종사나 비행 관제사, 나아가 해운, 철도 및 지하철, 버스나 택시, 및 각종 운수 업체 역시 판단 오류에 의한 사고율이 높을 뿐 아니라 국민 안전에 미치는 파급효과가 큰 직업군으로 실시간 뇌신호 모니터링 기술의 우선 적용 타깃군이 될 수 있을 것으로 생각됨.

라. 목표 성과: 재난 전주기 단계별 대응 시스템 개발

[그림 22] 재난 전주기 단계별 시스템 개발 측면의 핵심기술 적용



(1) 재난·외상 발생 이전

재난·외상 발생 이전 단계 적용 핵심기술

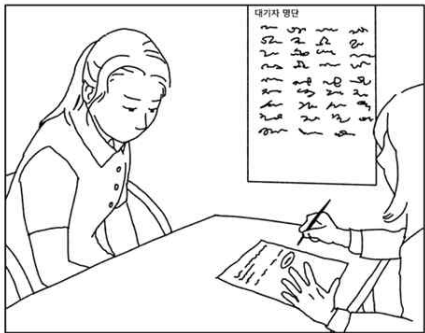
운항자 판단오류 모니터링 시스템
판단기능 향진 시스템

AS-IS	TO-BE [판단오류 모니터링·판단기능 향진시스템 기술 적용 이후]
- 판단오류로 인한 인재의 발생 불산누출사고, 고리원전사고, 태안기름유출사고, KTX 열차사고, 아시아나항공기사고, 세월호 사고 등 생명을 위협하는 대형 안전사고의 대부분이 관리자 및 작업자의 판단	- 뇌파 및 안구추적 신호를 분석함으로써 판단오류를 예측하고 판단오류 이전에 경보 기능이 가능함. - 단순 경보에 그치지 않고 뇌의 판단 영역에 대한 뇌자극을 통해 합리적

오류에 기인한 인재임. 또한 연간 전 국민의 3%가 교통사고 등으로 피해를 입고 있으며 부주의 등은 교통사고의 가장 큰 요인 중 하나임.	판단을 내리기 적절한 수준으로 각성시킴으로서 보다 강력한 판단오류 예방이 가능함. - 판단오류로 인한 수많은 인재의 발생을 예방할 수 있음.
---	---

(2) 재난·외상 발생 직후 ~ 재난·노출 3개월(골든타임) 이내

(가) PTS 예방을 위한 골든타임 내 전략적 접근

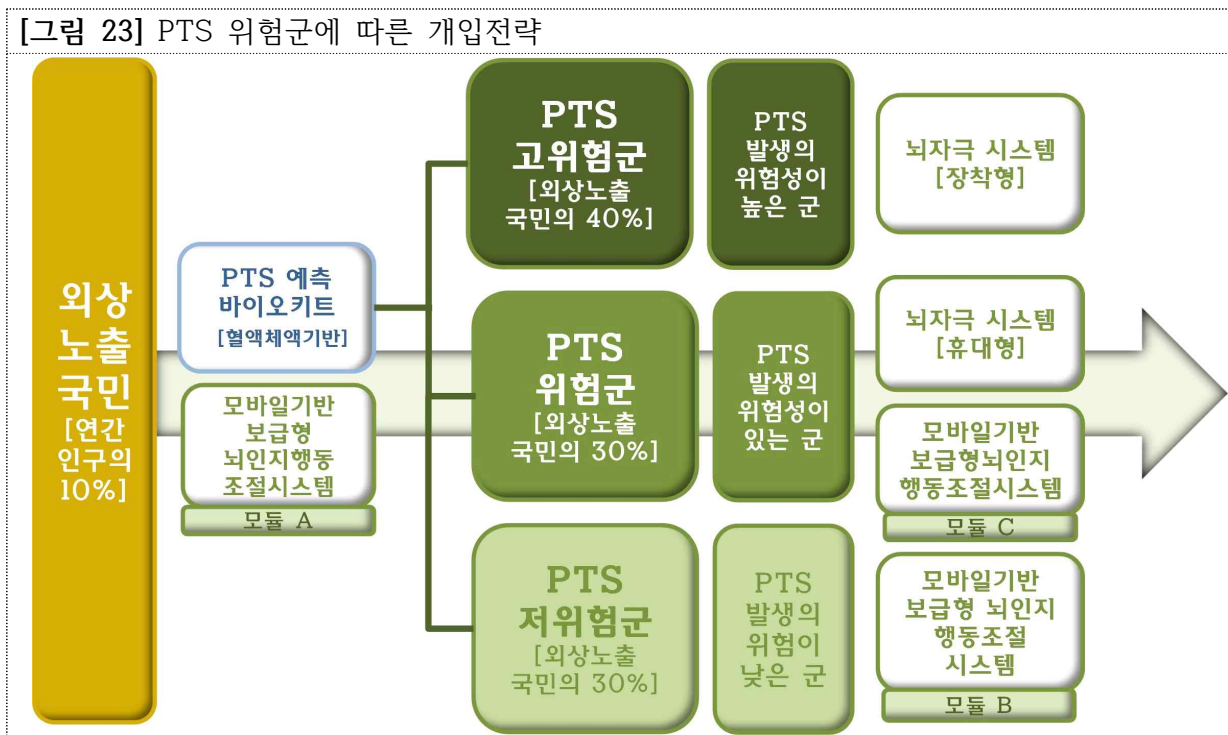
AS-IS	TO-BE [PTS 예측 바이오키트 기술 적용]
 대면면담 중심 - 전문가 인력이 필요한 대면 면담 중심의 PTS 평가 방식 - 전문가의 역량에 따라 결과가 달라질 수 있으며 표준화의 어려움이 있음 - 호소하는 증상이 뚜렷해지기 전에는 평가가 어려우며, 재난·외상 직후에는 PTS 발생 고위험군과 저위험군의 증상을 구분하기 어려움 - 인력과 리소스가 많이 사용되어 대형 재난 발생시 대규모 피해자를 한꺼번에 평가하기 매우 어려워 PTS 예방의 골든타임을 놓칠 수 있음.	 생체정보 기반 조기선별 - 생체 정보를 기반한 조기 선별 방식 - 표준화가 용이하고, 일정한 신뢰도를 확보한 결과를 획득할 수 있음 - 증상이 나타나기 이전에도 평가가 가능하며, 재난·외상 직후 비슷한 증상의 호소로 감별하기 어려운 시기에도 PTS 발생 고위험군과 저위험군을 선별할 수 있음. - 빠른 시간 안에 많은 피해자에 대한 비교적 신뢰도 높은 결과를 획득할 수 있어 대형 재난 발생 시에도 PTS 예방의 골든타임 이내에 개입이 가능함.



(3) 재난·외상 발생 3개월 이후

(가) PTS 예방 및 조기개입을 위한 전략적 접근

[그림 23] PTS 위험군에 따른 개입전략



AS-IS
- 현재까지 외상후 스트레스성 뇌질환에 대한 치료제로 개발된 약물은 없으며,



TO-BE [PTS 위험군에 따른 조기 개입기술 적용]
- 외상후 스트레스성 뇌질환에 대한 현재까지의 제한적인 약물학적 치료

항우울제로 쓰이는 선택적 세로토닌 재흡수 억제제(selective serotonin-reuptake inhibitor, SSRI) 계열의 약물 단 2가지가 외상후 스트레스/정서 장애 치료제로 FDA에 공인되어 있는 실정임(sertraline, Zoloft®, Pfizer; paroxetine HCl Paxil®, GlaxoSmithKline).

- 그러나, 이마저도 치료 효과가 만족스럽지 않아(modest effect size) 항우울제, 벤조다이아제핀 계열의 약물 등 여러 약물들이 승인 없이(off-label)로 사용되고 있는 등 외상후 스트레스성 뇌질환의 획기적인 치료제가 없다는 것이 현재까지의 정설임(Gartlehner et al., 2013).

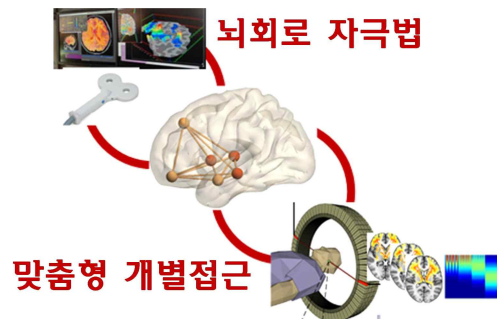


전통적 면담 기법

- 외상후 스트레스성 뇌질환 분야에서 전통적인 지지요법(supportive

접근은 동반된 우울, 불안, 불면에 대한 증상 호전에 기반한 치료 효과를 나타내는 것이기 때문에 (palliative), 외상후 스트레스/정서 장애의 원인적 기전에 기반한 조기 개입 전략(curative)에 대한 요구도는 매우 높음.

- 따라서, 선진국을 중심으로 공포반응, 소거반응 등에 관련된 뇌회로를 직접적으로 자극하는 비침습적 뇌자극술에 대한 시도가 점차 증가하고 있음.
- 또한 뇌기전 중심의 접근 방식은 조기개입 방식에 대한 매뉴얼화, 표준화가 가능할 뿐 아니라, 뇌신호 기반으로 조기개입 프로토콜을 조정할 수 있는 개인 맞춤형 접근이 가능함.



모바일기반/개인맞춤형 전산화 뇌인지행동조절법

- 최근 전통적 대면 면담적 접근의 단점을 극복하기 위하여 컴퓨터

psychotherapy)을 포함한 인지행동 조절(cognitive behavioral modification)등의 비화학적 예방 및 치료 전략이 비교적 좋은 효과(efficacy)를 내고 있는 것으로 알려져 있음(Jonas et al., 2013)

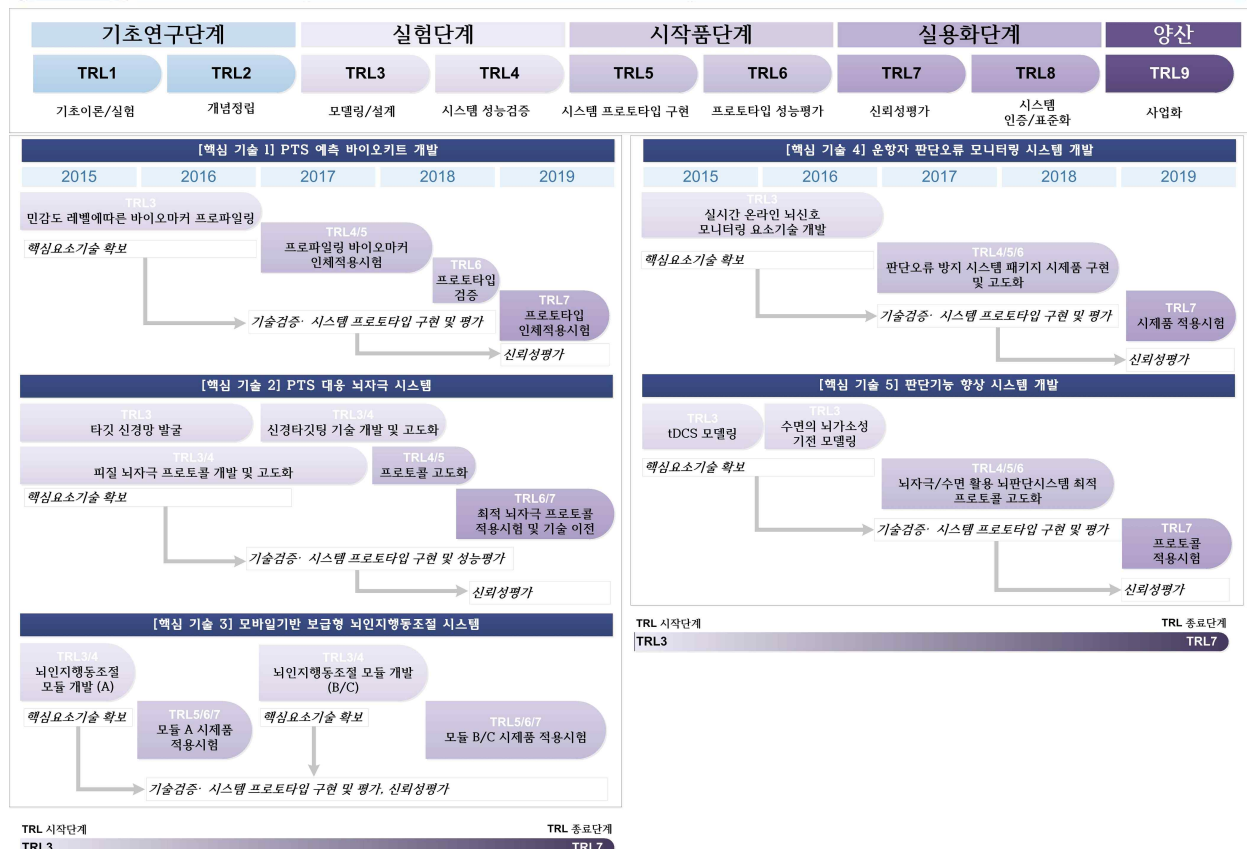
- 그러나, 전통적인 대면 면담에 기반한 접근은 치료자에 따라 치료 효과가 달라질 수 있을 뿐 아니라 표준화되기 어렵다는 제한점을 가짐.
- 또한 시간과 인력의 리소스가 많이 소요되어 다수의 재난·외상 노출 피해자에게 혜택이 돌아가기 어렵다는 점도 또 하나의 제한점이 됨.
- 특히 정신건강의학과에 대한 사회적 인식의 부족과 면담 수가가 지나치게 낮게 책정된 국내의 건강보험 체계 하에서는 체계화된 인지행동요법이 광범위하게 적용되지 못한다는 점도 제한점이 됨.

활용한 전산화된 뇌인지행동조절에 프로그램과 보조적 디바이스를 대한 관심이 증가함.

- 그러나, 많은 경우 동영상 교육 위주의 프로그램으로 주로 구성되고 개인의 차이에 따른 개별화된 프로그램 개발이나 피드백 정보를 반영하여 개별화할 수 있는 세부 영역들의 기술 개발은 부족하여 기대에 비하여 활용화 측면에서는 사용이 광범위하게 이루어지고 있지 못함. 따라서, 접근성을 극대화 시킨 **모바일 기반의 보급형 뇌인지행동조절법** 뿐 아니라 각 외상 경험이나 개인사를 반영할 수 있고, 각각의 반응에 대한 뇌신호 기반의 피드백 정보 프로세싱이 가능한 프로그램 개발을 통한 **개인맞춤형 뇌인지행동조절법**의 개발이 중요할 것임.

마. R&D 로드맵[기술개발 로드맵 및 기술산업화 단계별 로드맵]

	핵심기술	2015	2016	2017	2018	2019
세부 1	PTS 예측 바이오키트	민감도 레벨에 따른 바이오마커 프로파일링 자료구축/고도화		프로파일링 바이오마커 적용시험		프로토 타입 개발 고도화
	뇌자극 시스템	타깃 신경망 발굴 자료구축/고도화		rTMS 기반 신경타깃팅 기술 개발 자료구축/고도화		최적 뇌자극 프로토콜 적용시험 및 기술 이전
		tDCS 기반 피질 뇌자극 프로토콜 개발 자료구축/고도화			프로토콜 고도화	
		tFUS 기반 피질 자극 기술개발 자료구축/고도화	프로토콜 고도화	tFUS 기반 심부뇌자극 기술개발 자료구축/고도화		
모바일기반 보급형 뇌인지 행동조절 시스템	뇌인지행동조절 모듈 개발 (A) 자료구축/고도화	모듈 A 시제품 적용시험	뇌인지행동조절 모듈 개발 (B/C) 자료구축	모듈 B 시제품 적용시험	모듈 C 시제품 적용시험	
세부 2	뇌신호 모니터링 시스템	실시간 온라인 뇌신호 모니터링 요소기술 개발 자료구축/고도화		판단오류 방지 시스템 패키지 프로토타입 개발 고도화		프로토타입 적용시험
	뇌기능 향진 시스템	tDCS 전류흐름 모델링 자료구축/고도화	수면의 뇌가소성 기전 모델링 자료구축/고도화	뇌자극/수면 활용 뇌판단시스템 최적 프로토콜 고도화		프로토콜 적용시험
세부 3	뇌기능 회로 규명	타깃 뇌영역별 신경신호 분석		뇌자극시스템/뇌기능향진시스템 개발 프로토콜 동물모델 검증		
	뇌자극 신기술 개발	동물모델 기반 뇌자극 시스템 개발			심부뇌자극 시스템 고도화 [최소침습형 뇌자극 시스템]	
단위	인문·사회· 법제·행정	재난 대응의 법적·윤리적 이슈 분석		첨단 뇌과학 기술 적용의 법적·윤리적 이슈 분석		
				첨단 뇌과학 기술 실용화를 위한 행정시스템 개발		

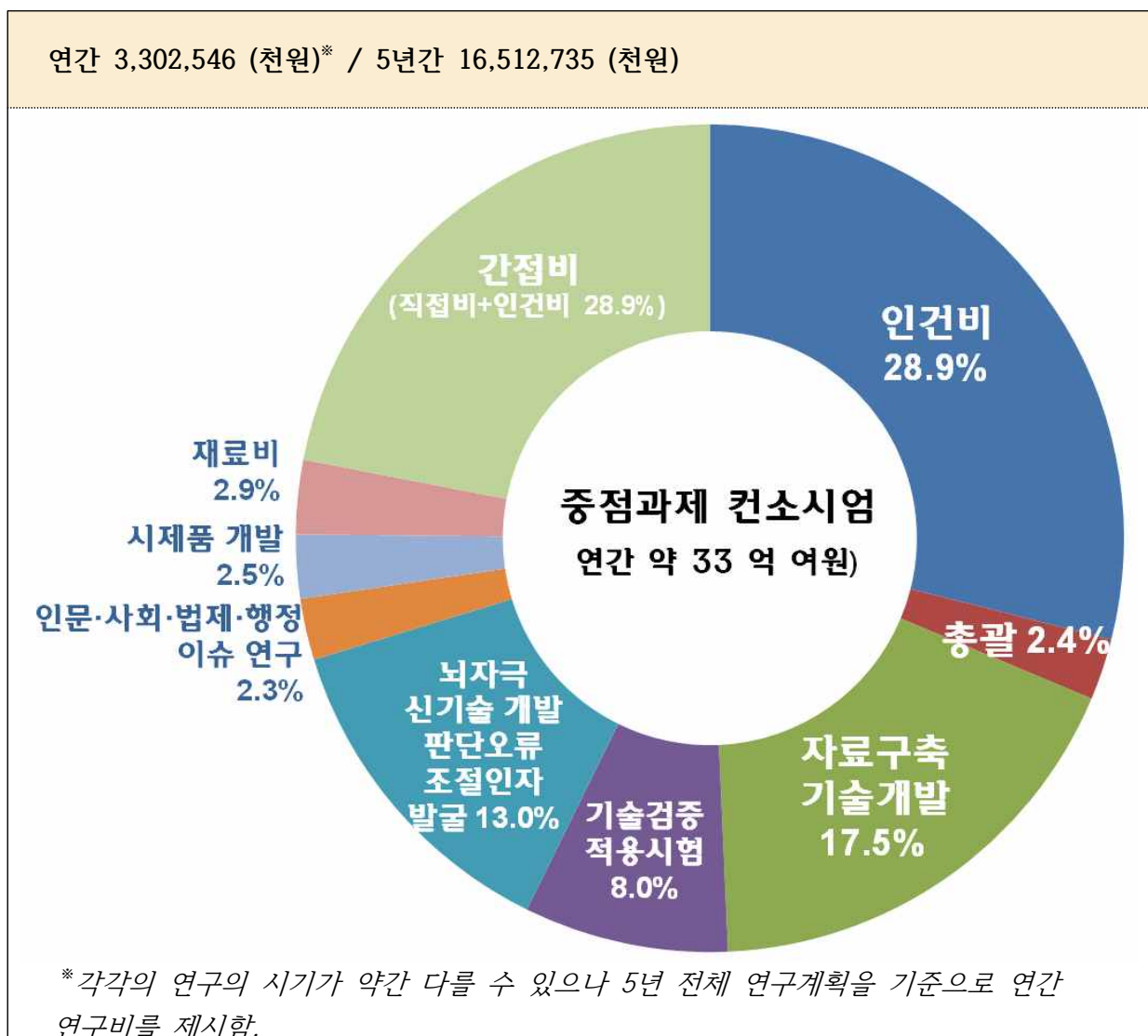


바. 소요 예산 및 비용 편익 분석

(1) 사업 기간

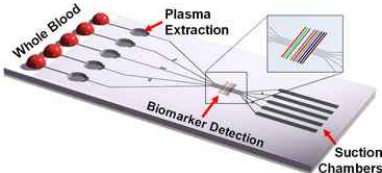
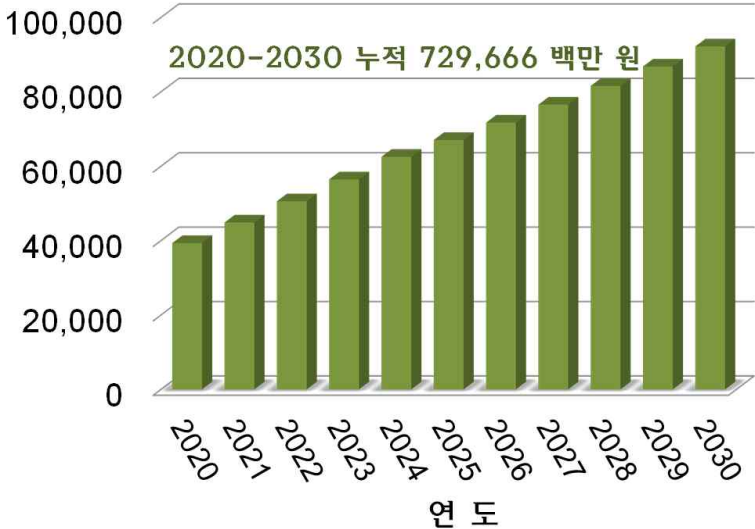
□ 사업 기간: 2015~2019년(5년간)

(2) 중점과제 컨소시엄 사업비 개요



(3) 비용 편익 분석*

*부록 ‘(주)테크란 보고서 비용편익분석 보고서’ 요약 내용

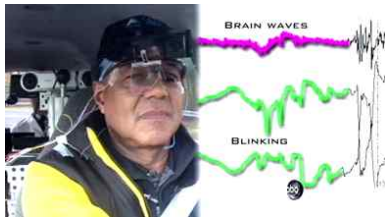
PTS 대응 기술																									
핵심기술 예시 [현재 타 분야에서 개발 중이거나 적용 중인 유사 핵심기술의 예시 사진]																									
PTS 예측 바이오키트 	PTS 대응 뇌자극 시스템 																								
이용자 편익: PTS 예방 및 대응 향상으로 인한 치료비용 절감과 노동력 상실로 인한 경제적 손실 비용 절감 전체 외상 노출 국민 중, 외상노출 위험직업군, 산업안전 직업군, 교통사고 피해자, 범죄피해자군 만을 대상으로 한 편익 분석자료이므로, 전국민을 대상으로 한 분석 시 이용자 편익이 더 높아질 것으로 예상함. 국책 과제의 성격상 이용자 편익 부분이 부가가치 편익보다 중요함. 아래 그래프는 향후 10년간의 편익 가치의 합계를 연도별로 나타냄. PTS 대응 바이오키트·뇌자극시스템 이용자 편익  <table border="1"> <caption>PTS 대응 바이오키트·뇌자극시스템 이용자 편익 (단위: 백만 원)</caption> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>편익 (백만 원)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2020</td><td>42,000</td></tr> <tr><td>2021</td><td>48,000</td></tr> <tr><td>2022</td><td>54,000</td></tr> <tr><td>2023</td><td>60,000</td></tr> <tr><td>2024</td><td>66,000</td></tr> <tr><td>2025</td><td>72,000</td></tr> <tr><td>2026</td><td>78,000</td></tr> <tr><td>2027</td><td>84,000</td></tr> <tr><td>2028</td><td>90,000</td></tr> <tr><td>2029</td><td>96,000</td></tr> <tr><td>2030</td><td>102,000</td></tr> </tbody> </table> 2020-2030 누적 729,666 백만 원		연도	편익 (백만 원)	2020	42,000	2021	48,000	2022	54,000	2023	60,000	2024	66,000	2025	72,000	2026	78,000	2027	84,000	2028	90,000	2029	96,000	2030	102,000
연도	편익 (백만 원)																								
2020	42,000																								
2021	48,000																								
2022	54,000																								
2023	60,000																								
2024	66,000																								
2025	72,000																								
2026	78,000																								
2027	84,000																								
2028	90,000																								
2029	96,000																								
2030	102,000																								
부가가치 편익: 기기 혹은 시스템 판매로 인한 수익																									



판단오류 대응 기술

핵심기술 예시 [현재 타 분야에서 개발 중이거나 적용 중인 유사 핵심기술의 예시 사진]

운항자 뇌신호 모니터링 시스템



판단 뇌기능 향상 시스템

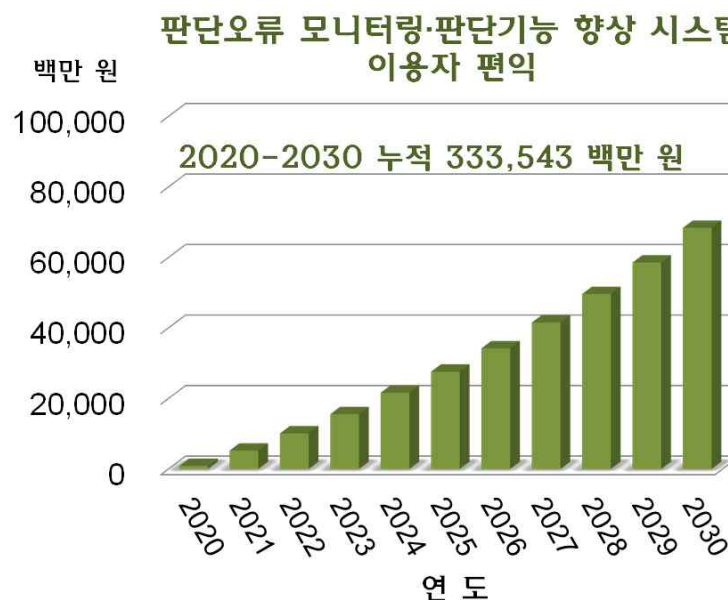


이용자 편익: 판단오류 예측 및 예방으로 인한 사고 예방으로 인적 피해 비용, 물적 피해 비용, 행정 비용 절감

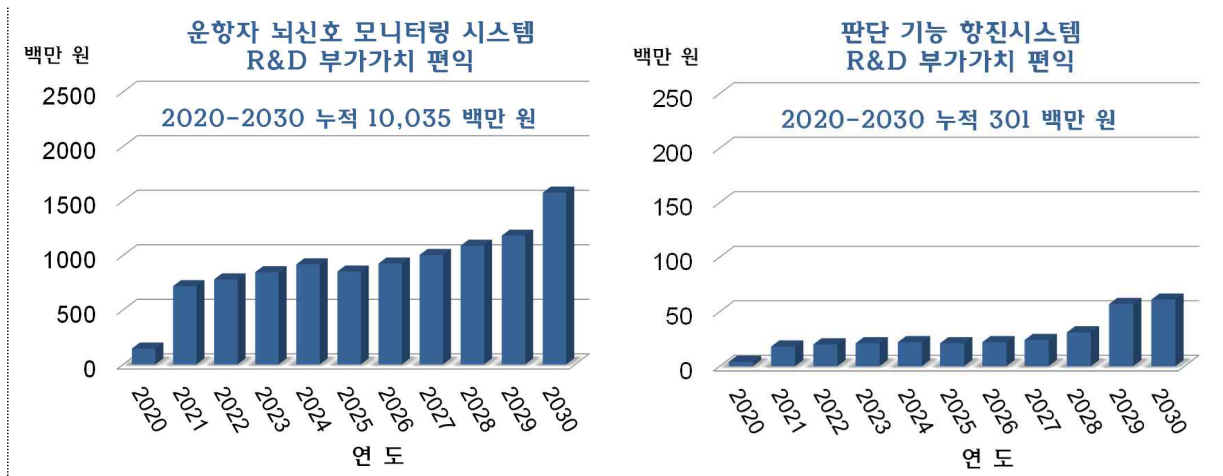
전체 인적 사고 중, 도로교통사고, 철도사고, 해양사고 항공사고 만을 대상으로 한 편익 분석 자료임.

국책 과제의 성격상 이용자 편익 부분이 부가가치 편익보다 중요함.

아래 그래프는 향후 10년간의 편익 가치의 합계를 연도별로 나타냄.



부가가치 편익: 기기 혹은 시스템 판매로 인한 수익



4. 상향식 과제의 구성 및 역할

가. 목표



- 중점과제는 최종 목표 성과 달성을 지향점으로 두고 기존에 확립되어 있는 요소 기술을 기반으로 한 재난 대응 뇌인지과학 기술개발-실용화-수요처 이전 단계의 연구 개발을 강화함. 중점과제에 기전 연구 등이 포함되어 있지 않기 때문에 이를

보강하기 위하여, 「동물모델개발」, 「바이오마커 프로파일링」 분야의 모델 및 지표 개발 및 기전 규명을 목표로 하는 상향식 과제를 발굴 선정함으로써, 균형 잡힌 전략적인 사업 구성으로 추진함.

- 상향식 과제의 경우 연구자의 탁월성, 주제의 창의성에 기반한 과제를 발굴하여 지원하는 것을 원칙으로 하며, 상향식 과제는 중점과제에서의 「기술/시스템 개발 단계」의 주요 신기술 발굴 영역에 적용되어 상호보완적인 유기적 역할을 할 수 있는 성과물 창출을 목표로 함.
- 상향식과제는 선정 및 연차 평가에서 재난 전주기 단계별(재난 前, 재난 後 각 단계) 연계점을 명확히 제시하여야 하며 궁극적으로 중점컨소시엄 과제의 최종 목표 성과 도출에의 기여점이 제시되어야 함.

나. 과제 내용 요약

(1) 외상후증후군 바이오마커 개발(I)

: 지노믹(genomic, epigenomic) 바이오마커 라이브러리 구축

과제명	외상후증후군 바이오마커개발: 지노믹 바이오마커 라이브러리 구축
과제의 필요성	유전자 및 유전자 발현에 영향을 미치는 후생 유전학적 요소가 PTS 발병의 개인차에 핵심적인 역할을 할 것으로 생각됨. 기전과 관련된 유전자, 후생유전학적 바이오마커 라이브러리를 구축함으로써 PTS 발생 및 조기개입 반응 예측에 민감한 새로운 바이오마커를 도출할 수 있음.
과제의 목표	PTS 발생, 증상의 정도, 조기개입 반응 및 경과를 예측할 수 있는 새로운 바이오마커의 도출, 새로운 조기개입 표적의 발굴
총 연구기간 / 연구비	총 연구기간 5년 / 총 연구비 15억 (3억/년)

(2) 외상후증후군 바이오마커 개발(II)

: 트랜스크립토믹(transcriptomic, RNAs) 바이오마커 라이브러리 구축

과제명	외상후증후군 바이오마커개발: 트랜스크립토믹 바이오마커 라이브러리 구축
과제의 필요성	스트레스로 인해 뇌세포 내의 유전자 발현 패턴에 변화가 생기고 뇌세포 기능 이상이 생길 수 있음. 트랜스크립토믹의 미세한 변화는 증폭되어 단백질

	생성 패턴에 막대한 영향을 끼친다는 점에서 중요함. 외상 노출 후 시기별, 뇌 부위별 신경세포의 RNA 분자를 바탕으로 외상으로 인한 뇌의 변화/뇌가소성을 민감하게 반영하는 바이오마커를 도출할 수 있음.
과제의 목표	PTS 발생, 증상의 정도, 조기개입 반응 및 경과를 예측할 수 있는 새로운 바이오마커의 도출
총 연구기간 / 연구비	총 연구기간 5년 / 총 연구비 15억 (3억/년)

(3) 외상후증후군 바이오마커 개발(III)

: 프로테오믹(proteomic) 바이오마커 라이브러리 구축

과제명	新 프로테오믹 바이오마커 라이브러리 구축
과제의 필요성	단백질은 유전자 발현의 최종 산물로 실제 세포의 기능에 핵심적인 역할을 함. 또한, 단백질 바이오마커는 새로운 치료제 개발의 좋은 표적이 됨. PTS 발생 위험도와 상관관계를 보이는 단백질 바이오마커 라이브러리를 구축함으로써 새로운 치료제 표적의 발굴도 기대해 볼 수 있음.
과제의 목표	PTS 발생, 증상의 정도, 조기개입 반응 및 경과를 예측할 수 있는 새로운 바이오마커의 도출
총 연구기간 / 연구비	총 연구기간 5년 / 총 연구비 10억 (2억/년)

(4) 외상반응 행동 랫트모델 개발

과제명	외상반응 행동 랫트모델 개발
과제의 필요성	현재까지는 공포조건화(fear conditioning) 행동 패러다임이 외상 반응에 대한 동물실험 모델로 널리 사용되어 옴. 그러나 PTS의 다양한 양상을 반영하지 못한다는 지적이 많아 새로운 동물 모델 개발이 필요함. 또한, PTS의 경과(회복, 만성화)나 PTS를 유발하는 다양한 외상사건을 반영한 통합적인 새로운 동물 모델이 필요함.
과제의 목표	PTS의 다양한 양상을 반영하는 동시에 생태학적 타당도가 높은 동물모델을 개발하며, 스트레스 유발 패러다임 및 회복탄력성(resilience)을 반영한 통합적인 새로운 동물모델을 개발

총 연구기간 / 연구비	총 연구기간 5년 / 총 연구비 15억 (3억/년)
-----------------	------------------------------

(5) 외상반응 유전자 변형 동물모델 개발

과제명	외상반응 유전자 변형동물모델 개발
과제의 필요성	동일한 외상 사건에 노출되더라도 PTS 발생 여부 및 양상은 개인 간에 큰 차이를 보임. 이러한 개인 차이를 발생시키는 인자를 규명하고 기전을 이해하는 것은 향후 개인별 맞춤 예방 및 조기개입법 개발에 필수적임. 개체 간 차이는 상당 부분 유전학적 요인에 영향을 받을 것으로 생각됨. 이를 연구하기 위해서는 환경 및 외상 사건 자체와 관련된 요인을 통제된 상태에서 다양한 유전자형을 가진 동물에서의 외상 반응을 연구할 필요가 있음.
과제의 목표	유전자 변형 동물을 연구함으로써 PTS 발생 여부 및 양상의 개체별 다양성 기전 연구 및 이를 기반으로 한 새로운 위험/보호 유전자형 발굴
총 연구기간 / 연구비	총 연구기간 3년 / 총 연구비 15억 (3억/년)

5. 기대 효과

가. 연구개발의 예상 산출물 및 활용방안

- 인재형 대형 안전사고 및 외상후 스트레스성 뇌질환의 과학적 기전 규명 및 이를 토대로 한 뇌인지과학 기반 예방 및 조기에측 뇌기능 개선 시스템 구축함.
- 바이오마커와 뇌신경신호 측정을 이용하여 판단 오류를 예측하고, 외상에 대한 비 적응적인 뇌기능회로를 선별하여 개인 상태에 맞는 뇌자극술 또는 인지행동조절요법 처방이 가능해짐.
- 동물 모델을 이용하여 외상 및 신경조절 시 일어나는 유전자, 세포/분자, 신경세포 수준의 기전을 규명하여 사람에서의 뇌영상 신호에 대한 이해를 뒷받침할 수 있음.
- 뇌신호를 측정하여 이를 피드백으로 반영할 수 있는 뇌자극술 또는 인지행동조절법을 개발하고, 프로토콜 개발을 통한 표준화가 가능함.
- 고도의 집중력과 정밀한 판단이 필수적인 직종에서 뇌인지과학을 기반으로 한 훈련

련을 도입하고 작업시 최적의 인지기능을 유지할 수 있는 기술 적용이 가능해짐.

- 재난. 외상 발생 이후 골든타임 내에 신속하게 조기선별 및 체계적인 대처를 함으로써 외상후 스트레스로 인한 피해를 최소화하고 일상생활로의 회복을 촉진할 수 있음.

나. 파급효과

□ 과학기술적 측면

- 바이오마커 및 뇌영상 신호를 융합한 알고리즘을 적용하여 감정.인지.행동을 예측하거나 질환을 조기 감지할 수 있는 원천기술의 개발을 촉진함.
- 재난 및 외상 노출 후 스트레스성 뇌질환에 대한 효과적인 예방으로 국민의 행복 지수를 높일 수 있는 사회문제 해결형 R&D의 좋은 모델 제시할 수 있음.
- 동물 모델 행동과 신경신호 마커 패턴 분석을 통해 신경신호 마커를 피드백으로 활용하여 개별 맞춤형 뇌기능개선 시스템에 활용할 수 있는 모델을 제시함으로써 다른 뇌질환에의 확대가 기대됨.
- 사람과 공통적인 신경신호 마커를 이용하여 동물 모델의 적절성을 검증하고, 실시간 단일단위 신경신호 측정 및 분석 기술을 개발함으로써 향후 사람에서 응용이 가능한 원천기술을 개발.
- 뇌자극술 및 모바일을 이용한 인지조절 시스템 개발 연구를 통하여 생물학, 뇌인지과학, 의학, 생물 정보학, 물리학 및 의료기기 분야, 컴퓨터 공학 등 융합학문 및 IT 산업에 기여함.
- 새롭게 개선된 뇌자극술은 기존의 비특이적인 의약품의 단점을 극복하고 시장을 대체하는 경제적 파급 효과와 신규 시장을 창출하는 효과가 기대됨.

□ 국가사회적 기대 및 파급효과

- 국민안전 위협요소인 대형 안전사고 미연 방지로 국민 삶의 질 향상.
- 국가안전구축에 첨단 뇌인지과학을 적용하여 국가경쟁에서 선도적인 위치를 확보하고 첨단 과학기술 기반의 선진적인 정책을 제시.

- 사회문제해결형 첨단고급 과학인력 일자리 및 뇌인지과학 기반 신산업 창출.
- 효율적 재난 및 외상 대응 시스템의 개발로 국가 위기관리 능력 강화/
- 외상후 스트레스성 뇌질환에 대한 조기 선별 및 효과적인 조기개입 시스템 제공으로 막대한 사회적, 경제적 비용 절감.
- 여러 학문의 융합을 통해 뇌질환에 대한 미래형 맞춤형 예방의학의 콘텐츠와 이를 상용화할 수 있는 기술기반을 제공.
- 수요처 활성화를 목표로 한 실용적인 첨단 뇌인지과학 기술을 개발함으로써 의학, 군사, 항공·우주, 정보/통신 분야 등에 적용됨으로써 폭발적인 수요 및 신시장을 창출하는 등 관련 산업 육성 및 수출에 크게 기여.

다. 기술개발의 위협요인 및 해소방안

- 현재 이미 일부 요소 기술은 개발이 되어 있으나, 통합되어 실용적으로 적용되고 있지는 못함. 핵심 요소 기술 개발에 그치지 않고 실용화가 되기 위해서는 연구 설계 단계에서부터 수요처와의 협력 연구를 바탕으로 기술개발 수요처가 분명한 핵심 기술을 개발해야 함. 또한 현장에서 구체적인 성과물을 산출할 수 있는 시제품을 개발하고 수요처 시스템 이전 연구를 통하여 현장의 특성에 맞게 변형 및 확산할 필요가 있음.

SUMMARY [영문 요약문]

I. Purpose

- o The current research project aims to develop a neuroscience-based system for disaster reduction and effective posttraumatic syndrome intervention and to ultimately augment the national crisis management capabilities.
- o Although large-scale human-made disasters including industrial and traffic accidents occur each year and cause enormous socioeconomic loss and suffering of victims, a coordinated system to prevent and manage disasters is lacking.
- o Disaster prevention and post-disaster response have arisen as urgent social problems needed to be addressed. In order to solve these issues, innovative projects using neuroscientific approaches are selected. Strategies reflecting domestic circumstances are proposed to maximize the potential for goal achievement.
- o We aimed to establish an response system covering the entire disaster life cycle and create the portfolio of neuroscience-based core technology development for each response phase.

II. Contents

- ☐ The current research project is organically composed of 4 core tasks, which target the development of neuroscientific technologies for disaster reduction and post-disaster response, and 5 bottom-up tasks, which are focused on discovering novel mechanisms and closely related to core tasks.
- o Core technology development consortium
 - Neural enhancement system for trauma management
 - Neuroscientific technologies for decision error reduction

- Research in neural circuit-based neuromodulation development
- Research of humanistic, social, legislative, administrative issue
- o Bottom-up tasks consortium
 - Genetic modified animal model development research
 - Animal behavioral model development research
 - Genomics profiling for identifying novel biomarkers
 - Proteomics profiling for discovering novel biomarkers
 - Transcriptomics profiling for revealing novel biomarkers

III. Outcomes

- o PTS early detection
 - Development of an early-stage diagnostic system using bio-signal assessments and neuroimaging analyses
 - PTS prediction biokit
- o PTS intervention
 - Development of an neuromodulation treatment protocol and web-based management tool
 - Neuromodulation system (Fixed type, portable type)
 - Distributable, mobile-based neurocognitive-behavioral regulation system
- o Prediction of decision errors
 - Development of real-time decision error monitoring system
 - Decision error monitoring system of the operators (fixed type, portable type)
- o Prevention of decision errors
 - Development of a neural enhancement system based on cutting-edge

neuromodulation techniques

- Decision making enhancement system (fixed type, portable type)

IV. Expected contributions

- o Establish a management system for large-scale data on disasters, a standardized clinical assessment system, and acquisition protocols for neuroimaging and biometric data
- o Establish a neural enhancement system based on the scientific mechanism of man-made large scale disasters and posttraumatic syndrome
- o Promote the quality of life via disaster risk reduction and impact minimization
- o Establish a leading position in the global society by applying forefront neuroscientific knowledge to construct firm national security