

# 브레인 임플란트 산업 장기미래 시나리오 연구

김준호

한국과학기술원 의과학대학원 위촉연구원

## A Study on the Long-Term Future Scenario of Brain Implant Industry

Joonho Kim

Contract Research Scientist, Graduate School of Medical Science and Engineering,  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약 본 연구는 산업정책 및 기업전략의 개발 및 적용에 활용될 수 있는 브레인 임플란트 산업의 장기 미래 시나리오 모델개발 및 시나리오별 대응전략을 개발하는 것을 연구의 목적으로 삼았다. 뇌과학 산업은 미래 핵심 산업으로 그 가능성에 대하여서는 많은 논의가 있었지만 구체적인 산업육성정책이나 기업전략 분야는 연구가 매우 부족한 실정이다. 이는 이 분야가 아직 산업육성정책이나 기업전략을 작성하기에 필요한 정보가 축적되지 못하였기 때문이다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 뇌과학산업의 핵심영역으로 많은 불확실성이 존재하는 브레인 임플란트 산업에 대하여 시스템 다이내믹스 모델로 미래 시나리오를 작성하고 이를 기반으로 각각의 시나리오에 적합한 전략을 제시하였다. 따라서 본 연구는 뇌과학산업 육성 정책 입안 및 개별 기업에서의 전략개발에 주요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 글로벌 시장 상황이 어느 시나리오로 발전하는 지를 조기에 파악할 수 있는 신호에 관한 연구의 필요성이 제기된다.

주제어 : 브레인 임플란트, 신성장동력, 뇌과학산업, 시스템 다이내믹스, 미래 시나리오

**Abstract** The purpose of this study was to develop a long-term future scenario model of the brain implant industry that can be used for the industrial policy and corporate strategy. There are many discussions about the possibility of the brain science industry as a future core industry, but researches on specific industrial development policies and corporate strategy fields are very lacking. This is because this field has not yet accumulated the necessary information to create industrial growth policies or corporate strategies. In order to overcome these limitations, this study developed future scenarios using the system dynamics model for the brain implant industry and proposed a strategy suitable for each scenario. This study can be used as the main data for the policy development of the brain science industry and the strategy development in individual companies. There is a need to study the signal that can identify the future scenario of global market development in the future.

**Key Words** : Brain Implant, New Grow Engine, Neuroscience Industry, System Dynamics, Future Scenario

### 1. 서론

뇌과학 분야가 컴퓨터, 인터넷, 게놈 등에 이어서 미래 신성장동력의 핵심으로 인식되면서 주요 국가들의 많은 연구투자가 진행되고 있으며 이를 기반으로 상용화가 시

작되고 있다. 인간 게놈 프로젝트에 미국 정부가 1988년부터 1993년까지 투자한 38억 달러는 31만개의 일자리 창출과 7960억 달러의 경제적 효과를 창출한 것으로 평가된다[1]. 이와 같이 과학기술 분야의 대규모 투자 프로젝트로 경제성장과 삶의 질 향상에 기여한 것을 재현하

\*Corresponding Author : Joonho Kim(mike0909kim@kaist.ac.kr)

Received January 29, 2019

Accepted April 20, 2019

Revised February 25, 2019

Published April 28, 2019

려는 시도로 브레인 이니셔티브 (B-R-A-I-N: Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative)가 2013년 시작되었다[2]. 미국의 브레인 이니셔티브에 자금을 받아 유럽, 일본, 한국, 중국, 이스라엘 등 각국에서도 대규모 뇌연구 프로젝트 들을 진행하고 있다[3].

각국 정부들은 연구 지원과 함께 연구결과의 상업화도 적극적으로 지원하고 있다. 뇌과학 연구결과의 상용화를 위하여 미국 국립보건원 (National Institutes of Health, NIH)는 스타트업 챌린지 (NIH Startup Challenge)를 개최하였다[4]. 영국의 치매연구기금 (Dementia Discovery Fund, DDF), 프랑스의 iPEPS-ICM (Brain and Spine Institute), 이스라엘의 브레인노베이션 (Braininnovations) 등의 기관들을 통하여 각국 정부가 벤처기업의 뇌과학 연구 상용화를 지원하고 있다[5-7]. 한국 정부도 최근 뇌과학 연구 상용화 지원계획을 발표하였다[8].

뇌과학 산업중에서 브레인 임플란트 산업은 고도 성장이 기대되는 분야이나 진입장벽이 매우 높아 한국기업들로서는 글로벌 시장에서의 진입이 쉽지 않다. 본 연구에서는 장기 미래에 예상되는 여러 시나리오를 도출하고 시나리오별로 한국 기업들이 글로벌 시장에 진입할 수 있는 전략을 도출하는 것을 연구의 목적으로 삼았다.

## 2. 브레인 임플란트 산업의 발전 전망

### 2.1 브레인 임플란트 산업의 범위

브레인 임플란트는 질병 치료, 기능장애 개선 및 기능향상을 목적으로 뇌에 보철물을 삽입하는 것을 의미한다. 뇌심부 자극술 (Deep brain stimulation, DBS)에 대하여 미국 식품의약국 (Food and Drug Administration, FDA)이 1997년에 수전증의 치료법으로 승인하였고 2002년 파킨슨병, 2003년에는 근육긴장이상, 2009년에는 강박장애의 치료법으로도 승인하였다. 2017년 세계 시장 규모는 7억 달러이고 2026년 까지 연평균 11%의 성장을 보일 것으로 전망된다[9]. 망막 임플란트는 인공망막 역할을 하는 카메라가 실제 환경을 촬영하여 뇌임플란트의 소형 처리 모듈로 전송한다. 뇌 임플란트는 전송받은 정보를 시각피질의 뉴런에 의해 해석될 수 있는 신호로 변환시켜, 두뇌가 시각적 인식을 하도록 한다. 인공망막은 2011년 CE (Community European) 인증, 2013년 FDA의 승

인을 받았다. 2017년 세계 시장 규모는 7천만 달러이고, 연평균 성장율은 10.6%로 예상된다[10].

브레인 임플란트 산업의 범위는 뇌침습적 (brain-invasive) 방법으로 국한하였다. 척추신경자극술 (spinal cord stimulation, SCS)[11], 미주신경자극 (vagus nerve stimulation, VNS)[12] 및 천수신경자극술 (sacral nerve stimulation, SNS)[13] 등도 중추신경을 자극한다는 의미에서 브레인 임플란트의 범주에 포함시키는 경우도 있으나[14], 이들 기술은 보철물이 뇌가 아닌 몸에 삽입되므로 본 연구의 범위에서는 제외시켰다.

### 2.2 브레인 임플란트 산업의 선행 연구

브레인 임플란트 산업의 미래연구로 Jebari and Hansson[15]은 2032년의 시나리오를 작성하였다. 이 연구에서 유럽에서의 엄격한 규제 시나리오는 상대적으로 경제적 및 기술적 쇠퇴를 가져오고, 관대한 규제는 의료사고 초래 혹은 세대갈등, 사회불안 및 사회적 규범의 악화를 초래하는 모습을 보였다. Fox[16]는 비장애인들이 브레인 임플란트를 사용하기 시작하고, 이것이 웨어러블 기기 (wearable devices)나 로봇을 대체할 가능성도 제기하였다. Pant, et al.[17]은 브레인 임플란트가 2035년에 장애인을 위한 중요한 기술이 될 것이나, 경제적 이유로 이를 활용하지 못하는 사람들이 많을 것으로 예측하였다. 이들 선행연구는 브레인 임플란트 분야의 장기 미래의 모습을 그리고 있으나, 규제, 활용 범위 등 미래 모습의 한 단면만을 제시하는 데 그쳤다는 한계가 있다.

### 2.3 브레인 임플란트 산업 잠재수요 요인

브레인 임플란트 산업의 잠재 수요에 영향을 미치는 요인으로는 고령화, 기술접근성과 적용범위 확대 등을 들 수 있다. 고령화는 DBS, 망막 임플란트 및 뇌기능 향상 등 브레인 임플란트의 잠재 수요 모두에 영향을 미치는 요인이다. 현재 DBS 시장은 북미가 45%, 유럽이 32%로 아시아 지역의 비중이 상대적으로 적은 편이다[9]. 이는 DBS에 익숙한 의사의 부족 등이 이유중의 하나로 제기되고 있다[18]. DBS는 Table 1에서 보듯이 우울증, 알츠하이머병 등의 분야에서 승인을 받기 위하여 임상시험 중이다. 접근성 개선과 치료범위의 확대는 잠재수요의 확대에 큰 영향을 미칠 것으로 기대된다[19].

Table 1. DBS: current challenges and future directions

Disorder	Stage
Parkinson disease, essential tremor or dystonia	Standard of care
Major depression	Phase III
Obsessive - compulsive disorder	Phase II/III
Tinnitus	Phase I
Tourette syndrome	Phase I
Schizophrenia - positive symptoms	Preclinical
Schizophrenia - negative symptoms	Preclinical
Alzheimer disease	Phase II/III
Pain (phantom pain, deafferentation pain, central pain and nociceptive pain)	Phase I/II
Addiction	Phase I/II
Anorexia nervosa	Phase II

### 2.4 브레인 임플란트 산업 잠재수요 실현요인

브레인 임플란트 산업 잠재수요의 실현요인중 긍정적인 요인으로는 기기 기술발전과 사회환경 변화를 들 수 있다. 임플란트 기기 분야에서도 광유전학, 저전력, 소형화 및 에너지 하베스팅 기술등의 도입으로 성능향상이 이루어지고 있다[20]. DBS의 오프 라벨 (off-label) 치료 시 보험회사가 지불을 거절하는 경우가 종종 발생하여 이슈가 되고 있다[21]. 메디케어 대상자로 파킨슨병 환자의 DBS 치료도 인종 및 성별로 차이가 있는 것으로 나타났다[22]. 이렇듯 브레인 임플란트에 대한 사회적 인식 개선이 시장 확대에 영향을 미칠 것으로 전망된다[23].

브레인 임플란트 산업 잠재수요의 실현요인중 부정적인 요인으로는 안전 및 규제 이슈 및 경쟁기술의 발전 등을 들 수 있다. Ienca & Haselager[24]는 두뇌해킹 (brain-hacking)의 다양한 가능성을 제시하였고, 브레인 임플란트 기술에 대한 규제도 강조되고 있다[25]. 브레인 임플란트의 경쟁 기술로는 세포치료, 유전자 치료, 비침습적 DBS 등을 들 수 있다. 파킨슨병의 세포치료 연구는 2017년 원숭이 시험에서 iPS (induced Pluripotent Stem cell)로 만든 도파민성 뉴런의 안정성과 유효성을 확인하고[26], 2018년 8월 사람을 대상으로 임상시험을 시작하였다. 유전자 치료제는 AADC (aromatic L-amino acid decarboxylase) 유전자를 삽입한 바이러스를 뇌에 주입해서, 뇌 세포가 AADC를 다시 생산하게 하는 치료법이 연구 중이다[27]. 또한 비침습적 DBS 방법도 연구 개발 중이다[28]. 이러한 경쟁기술의 발전은 브레인 임플란트의 수요를 크게 잠식할 가능성이 제기된다.

## 3. 브레인 임플란트 산업 시스템 다이내믹스 모델

### 3.1 시스템 다이내믹스 모델과 시나리오

브레인 임플란트 산업의 미래에는 많은 불확실성이 존재한다. 이와 같은 상황에서는 복수의 시나리오를 작성하고 시나리오별 대응전략을 작성하는 것이 바람직하다[29-32]. 시나리오 개발에는 시스템 다이내믹스 방법을 활용하였다. 시스템 다이내믹스는 외생변수의 추가 확장 및 다양한 시나리오 분석이 가능한 수요예측 모델로 확장이 용이하다는 장점이 있다[33,34]. 시스템 다이내믹스 모델 개발에서는 신제품 확산에 관한 Maier[35]의 모델을 기반으로 전술한 브레인 임플란트 산업의 잠재수요 요인과 잠재수요 실현요인을 적용하였다(Fig. 1 참고).

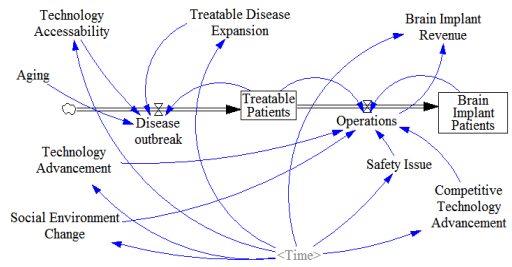


Fig. 1. Brain Implant Industry Systems Dynamics Model

브레인 임플란트 산업의 잠재수요요인과 잠재수요 실현요인 중 성장에 긍정적인 요인 (성장요인)과 부정적인 요인 (성장저해요인) 크고 작음에 따라 Table 2과 같이 4개의 시나리오를 작성하였다.

Table 2. Brain Implant Industry Scenarios

Growth Inhibition Factor	Growth Factor	
	Low	High
Low	Scenario1	Scenario2
High	Scenario3	Scenario4

### 3.2 파라미터 값 설정

초기값 설정에서 브레인 임플란트 환자수는 현재까지 치료를 받은 환자수 10만명으로 설정하였다[36]. 잠재환자수는 현재 파킨슨병 환자수 620만명의 20%[18]인 124

만명으로 설정하였다. 망막 임플란트는 최근 상업화가 시작되었고, 너기능 강화를 위한 브레인 임플란트는 아직 연구단계로 이번 연구에서는 별도로 분석하지 않았다. DBS 임상연구중인 질환중 우울증과 알츠하이머병은 환자수가 많고 경제적 및 사회적 부담이 크다. 이들 분야에서 규제기관의 승인이 날 경우 성장율을 매우 높아질 것으로 전망된다. 이들을 고려하여 치료범위 확장의 파라미터 값을 설정하였다. 북미와 서구 중심이던 브레인 임플란트의 시장이 아시아 등 인구가 많은 지역으로 확대되면서 기술접근성도 급격히 확대될 것으로 전망된다. 고령화의 매개변수값은 고령인구 증가속도인 4%를 적용하였다. 산업성장요인의 효과가 크게 나타나는 시나리오 2와 4에서 기술접근성은 2020년, 사회환경변화는 2025년, 기술발전은 2030년부터 성장효과가 나타나는 것으로 설정하였다. 산업성장저해요인의 효과가 크게 나타나는 시나리오 3와 4에서 안전이슈는 2025년부터, 경쟁기술 발전은 2030년부터 성장저해효과가 나타나는 것을 설정하였다. 브레인 임플란트 수술은 잠재수요의 0.25% 그리고 기존 사용자의 재수술율을 2%로 설정하였다. 브레인 임플란트의 수술비용은 1년에 1%씩 감소하는 것으로 설정하였다(Table 3 참고).

Table 3. Parameter Value Setting

Variables	Parameter Value
Treatable Patients	INTEG(Disease outbreak*Operations)
Brain Implant Patients	INTEG(Operations)
Disease outbreak	Treatable Patients*Aging*Treatable Disease Expansion
Treatable Disease Expansion	IF THEN ELSE(Time<=2030, 1.9, 1.9[S1,S3] 2.3[S2,S4] )
Technology Accessibility	IF THEN ELSE(Time<=2020, 1.7, 1.7[S1,S3] 2.2[S2,S4] )
Aging	0.04
Social Environment Change	IF THEN ELSE(Time<=2025, 1.8, 1.8[S1,S3] 2.2[S2,S4] )
Technology Advancement	IF THEN ELSE(Time<=2030, 1.9, 1.9[S1,S3] 2.2[S2,S4] )
Safety Issue	IF THEN ELSE(Time<=2025, 1, 1[S1,S2] .0.7[S3,S4] )
Competitive Technology Advancement	IF THEN ELSE(Time<=2030, 1, 1[S1,S2] .0.5[S3,S4] )
Operations	Treatable Patients*Competitive Technology Advancement*Safety Issue*Social Environment Change*Technology Advancement *0.0025 +Brain Implant Patients*0.02
Brain Implant Revenue	Operations*100000*(2115-Time)/100

## 4. 브레인 임플란트 산업의 장기 미래 시나리오

### 4.1 장기 미래 시나리오 1

성장요인 및 성장저해요인의 영향력이 크지 않은 시나리오1의 2040년 시장 규모는 73억 달러로 전망된다 (Fig. 2 참고). 이 시나리오에서는 고령화, 사회환경변화 및 기술접근성 개선 등이 DBS와 망막 임플란트 시장의 지속적이며 성장을 주도할 것으로 전망된다. DBS 수술은 국가별로 가격 차이가 많아서 현재도 인도와 한국 등에서 해외환자를 위한 마케팅을 진행하고 있는데[37,38], 잠재수요의 증가에 따라 시장의 규모가 더욱 커질 것으로 전망된다. 외국인 환자 유입으로 인한 진료비가 2009년 547억원에서 현재는 1조원 규모로 성장하여 하나의 산업으로 성장하고 있으며, 심장병과 암 등 중증질환자의 비중도 증가하고 있으나 신경외과의 비중은 3.3%에 불과한 실정이다[39]. 의료관광산업이 미래 유망산업으로 인식되면서 일본, 인도, 태국, 싱가포르 등 아시아 각국이 의료관광객 유치에 경쟁이 치열한 상황이다. 브레인 임플란트 수술 분야는 아직 활성화되지 않아서 경쟁이 제한적인 상황인데, 이 분야를 전략적으로 육성하여 성장하는 시장을 선점할 필요성이 제기된다. DBS 기기의 경우 메드트로닉, 세인트 주드, 보스턴 사이언티픽 등의 글로벌 의료기기업체들이 시장을 과점하고 있어서 안정적인 성장 상황에서는 신규업체의 시장진입이 어려울 것으로 보이나, 망막 임플란트 기기의 경우는 세컨 사이트, 레티나 임플란트, 픽업 비전 등의 중견업체들이 최근 인증을 획득하고 마케팅을 시작한 상태이며, 현재 다양한 연구기관에서 활발한 연구를 진행중인 상태로 [40] 아직 진입장벽은 높지 않은 것으로 평가된다. 또한 한국기업들이 앞선 전자통신 분야의 기술이 많이 필요한 분야이다. 시나리오 1에서는 한국 기업들이 망막 임플란트 분야에 진입하는 것을 고려할 필요가 있다.

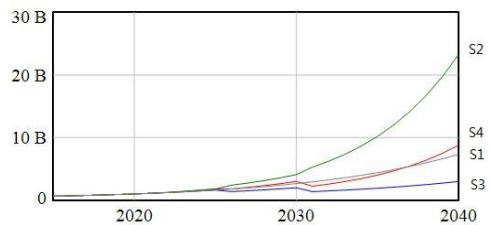


Fig. 2. Brain Implant Market Forecast Scenario

#### 4.2 장기 미래 시나리오 2

성장요인의 영향력은 크게 나타나나 성장저해요인의 영향력은 크지 않을 것으로 설정한 시나리오2에서 2040년 시장 규모는 231억 달러로 전망된다. 이 시나리오에서는 DBS와 망막 임플란트 외 새로운 분야의 브레인 임플란트 기기의 기술 발전이 산업발전을 주도할 것으로 전망된다. 미국 국방성 산하 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)과 미국 국립과학재단(National Science Foundation, NSF) 등이 지원하는 연구 프로젝트에서는 나노기술 등을 활용하여 뇌와 컴퓨터간의 데이터 전송속도를 1,000배 이상 증가시키고, 개별 뉴런이 개별 채널로 소통할 수 있도록 수만 개의 채널로 뇌활동을 기록하는 기기 등을 개발하고 있다. 이러한 기기들로 수집된 신경신호로 사지가 마비된 환자들이 로봇 외골격 등을 활용하여 거동할 수 있는 기술을 개발 중이다[41]. 이 분야는 최근 신크론, 파라드믹스, 뉴럴링크, 커널 등이 상용화를 목표로 설립되었다. 시장이 형성되려면 상당한 시간이 소요되고, 많은 위험이 존재할 것으로 평가된다. 시나리오 2에서는 한국 기업들이 위험을 감수하고 장기적인 전략으로 이 시장에 진출하는 것을 고려할 필요가 있다. 위험을 분산시키기 위한 국제협력도 적극적으로 추진할 필요가 있다. 또한 기존 연구에서도 2030년경 뇌수술을 담당할 신경과 및 신경외과 전문의의 부족이 예측되고 있는데[42,43], 브레인 임플란트의 수요가 확대되면 인력부족은 더욱 심각해질 것이므로 이에 대한 대책도 필요하다.

#### 4.3 장기 미래 시나리오 3

성장요인의 영향력은 크지 않으나 성장저해요인의 영향력이 크게 나타나는 시나리오3에서 2040년 시장 규모는 30억 달러로 전망된다. DBS와 망막 임플란트 등 이미 상용화된 브레인 임플란트를 중심으로 시장이 성장하다가 경쟁기술의 발전과 안전 이슈 등으로 성장이 둔화되는 이 시나리오에서는 브레인 임플란트에 대하여 윤리적 및 사회적인 분야의 각종 이슈가 제기될 가능성이 높다. 아직까지 한국에는 ‘복지’로서의 보건의료와 ‘산업’으로서의 보건의료에 대한 명확한 구분과 각각의 역할에 대한 규정이 존재하지 않는 것이 현실이다[44]. 브레인 임플란트 비용은 향후 시장 확대에도 크게 떨어질 가능성은 높지 않으므로, 제한된 부유층만이 혜택을 입을 수밖에 없으며 이로 인한 사회적 갈등은 심각해질 것이다.

DBS의 보험 적용 범위 확대 및 망막 임플란트의 보험 적용 등의 논쟁에 대한 대비와 함께 사회적인 공감대를 미리 형성하여 안전 등 주요 이슈에 적극적으로 대응할 필요성이 제기된다. 외국인 환자 유치방안에서는 브레인 임플란트와 경쟁기술 모두를 다루어 선호 기술변화에 따른 영향을 줄이면서 종합적인 평판을 높이는 전략을 개발할 필요성이 제기된다. 시나리오 3에서는 망막 임플란트 분야에만 진입하거나 브레인 임플란트 기기 분야에는 진입을 하지 않는 것이 바람직할 것으로 평가된다.

#### 4.4 장기 미래 시나리오 4

성장요인 및 성장저해요인의 영향력이 크게 나타나는 것을 시나리오4에서 2040년 시장 규모는 87억 달러로 전망된다. 시장 규모면에서는 시나리오1과 큰 차이가 없으나, 내용면으로는 큰 차이가 있을 것으로 전망된다. 시나리오 1에서는 DBS와 망막 임플란트 등이 안정적인 성장을 보이거나 시나리오 4에서는 새로운 분야의 브레인 임플란트 기기가 급속한 산업발전을 주도한 후 경쟁기술의 발전 및 안전 이슈 등으로 산업 전체의 성장이 둔화될 것으로 전망된다. 한국 기업들의 경우 DBS와 망막 임플란트 외 새로운 분야의 브레인 임플란트 기기 분야에 진출한 후 시장 위기시에 DBS 분야에 진입하는 전략을 고려할 필요성이 제기된다. 안정적인 성장 시장에서 대기업들이 과점을 하고 있으면 신규업체가 진입하는 것은 매우 어려우나, 위기 상황에서는 보수적인 대기업들이 빠른 대응을 하지 못하는 사이 중견기업들이 빠른 대응으로 시장을 잠식하는 사례가 많다. 특히 한국기업들은 이러한 경험이 많으므로, 시나리오 4의 위기상황을 활용하는 전략을 적극적으로 개발할 필요성이 제기된다.

### 5. 결론

브레인 임플란트 시장이 고도성장이 기대되는 분야이나 일부 성장요인과 성장저해요인들에 대하여서는 전문가들이 일치하지 않고 있다. 발생가능한 다양한 미래에 대응하기 위하여 일부 성장요인과 성장저해요인들의 영향력의 크기에 따라 4개의 시나리오를 도출하였다. 그리고 글로벌 시장 진입전략을 도출하고자 이미 시장이 형성된 DBS, 최근 시장이 형성되기 시작한 망막 임플란트, 그리고 향후 시장이 형성될 것으로 기대되는 새로운 분야로 산업을 분류하였다. 4개의 시나리오별로 3개의 세

분 시장중 어느 부분에 어떻게 진입할 것인가를 연구하였다. 실제 시장이 어떤 방향으로 발전할 지를 파악하기 위하여서는 지속적인 시장 첩보 (Market Intelligence)를 수집하여 트렌드 변화의 약한 신호 (Weak Signal)을 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 전략 도출을 위한 시나리오 개발을 위하여 시스템 다이내믹스 모델을 개발하였으나, 이의 검증 및 타당화 과정을 실시하지 못하였다. 이는 검증에 필요한 데이터를 확보할 수 있는 시기에 서 후속 연구로 이를 실시할 것을 제안한다.

## REFERENCES

- [1] E. M. Mosier, et al. (2018). *The Brain Initiative – Implications for a Revolutionary Change in Clinical Medicine via Neuromodulation Technology. In Neuromodulation (55-68)*. Cambridge : Academic Press. DOI : 10.1016/B978-0-12-805353-9.00005-X
- [2] P. F. Dimond. (2013). Is Brain Mapping Ready for Big Science? The BAM Project Will Be an Expensive Undertaking – Will It Be Worth the \$3B Cost?. *Genetic Engineering & Biotechnology News*, 33(9), 6-7. DOI : 10.1089/gen.33.9.01.
- [3] R. Yuste & C. Bargmann. (2017). Toward a global BRAIN initiative. *Cell*, 168(6), 956-959. DOI : 10.1016/j.cell.2017.02.023
- [4] G. Griffith. (2015). NIH startup challenge offers model for commercializing federal technology. *Research Technology Management*, 58(1), 2. DOI : 10.5437/08956308X5801001
- [5] T. Maruyama. (Jul. 19. 2018). Funding Innovation in Dementia Discovery, 33rd International Conference of Alzheimer’s Disease International. Chicago, USA. PLC-001. <https://bib.irb.hr/datoteka/949617.ADI-2018-Abstract-Book.pdf>
- [6] S. Preci. (May 16, 2018). Scientist.com and Brain and Spine Institute’s Bioincubator, iPEPS, Launch Biotech Startup Competition for Companies Accelerating CNS Disease Research. *Business Wire News Release*. <https://www.businesswire.com/news/home/20180516005449/en/Scientist.com-Brain-Spine-Institute%E2%80%99s-Bioincubator-iPEPS-Launch>
- [7] M. Polachek. (Mar 12, 2015). Israel Brain Technologies Launches “Braininnovations” Startup Launchpad, and “Braingels” Angels Network to Advance Brain Technologies. *Business Wire*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/israel-brain-technologies-launches-braininnovations-startup-launchpad-and-braingels-angels-network-to-advance-brain-technologies-296042821.html>
- [8] MSIT. (2018. 5. 8.). Brain Research Innovation 2030. (3rd Brain Research Promotion Plan). <https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw311&artId=1382095>
- [9] Credence Research. (2018). *Deep Brain Stimulation Devices Market 2018 - 2026*. <https://www.bigcountry995.com/story/39803578/deep-brain-stimulation-devices-market-2018-2026-business-growth-size-and-comprehensive-research>.
- [10] Grand View Research. (2018). *Retinal Implant Market Size, share & Trends Analysis Report*. [https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/retinal-implant-market?utm\\_source=pressrelease&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=steemit\\_rohit\\_15feb&utm\\_content=content](https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/retinal-implant-market?utm_source=pressrelease&utm_medium=referral&utm_campaign=steemit_rohit_15feb&utm_content=content)
- [11] T. Cameron. (2004). Safety and efficacy of spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain: a 20-year literature review. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 100(3), 254-267. DOI : 10.3171/spi.2004.100.3.0254
- [12] D. A. Groves & V. J. Brown. (2005). Vagal nerve stimulation: a review of its applications and potential mechanisms that mediate its clinical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(3), 493-500. DOI : 10.1016/j.neubiorev.2005.01.004
- [13] M. E. D. Jarrett, et al. (2004). Systematic review of sacral nerve stimulation for faecal incontinence and constipation. *British Journal of Surgery*, 91(12), 1559-1569. DOI : 10.1002/bjs.4796
- [14] Mordor Intelligence. (2018). *Brain Implants Market – Growth, Trend, and Forecasts (2019-2024)*, Hyderabad : Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/brain-implants-market>
- [15] K. Jebari & S. Hansson. (2013). European public deliberation on brain machine interface technology: five convergence seminars. *Science and engineering ethics*, 19(3), 1071-1086. DOI : 10.1007/s11948-012-9425-0
- [16] S. Fox. (2018). Cyborgs, robots and society: Implications for the future of society from human enhancement with in-the-body technologies. *Technologies*, 6(50), 1-11. DOI : 10.3390/technologies6020050

- [17] P. Pant, et al. (2018). Technology foresight study on assistive technology for locomotor disability. *Technology and Disability*, 29(4), 163-171.  
DOI: 10.3233/TAD-170180
- [18] Newsmp. (2017. 10. 11). *There is a lot of interest in deep brain stimulation*.  
<http://www.newsmp.com/news/articleView.html?idxno=175768>
- [19] A. M. Lozano, et al. (2019). Deep brain stimulation: current challenges and future directions. *Nature Reviews Neurology*, 15, 148-160.  
DOI : 10.1038/s41582-018-0128-2
- [20] P. Gutruf, et al. (2018). Fully implantable optoelectronic systems for battery-free, multimodal operation in neuroscience research. *Nature Electronics* 1(12), 652-660.  
DOI : 10.1038/s41928-018-0175-0
- [21] P. Justin Rossi, et al. (2017). The problem of funding off-label deep brain stimulation: bait-and-switch tactics and the need for policy reform. *JAMA neurology*, 74(1), 9-10.  
DOI : 10.1001/jamaneurol.2016.2530
- [22] A. W. Willis, et al. (2014). Disparities in deep brain stimulation surgery among insured elders with Parkinson disease. *Neurology*, 82(2), 163-171.  
DOI : 10.1212/WNL.000000000000017
- [23] M. N. Gasson. (2012) *Human ICT Implants: Technical, Legal and Ethical Considerations*. Hague : TMC Asser Press  
DOI : 10.1007/978-90-6704-870-5\_1
- [24] M. Ienca & P. Haselager. (2016). Hacking the brain: brain - computer interfacing technology and the ethics of neurosecurity. *Ethics and Information Technology*, 18(2), 117-129.  
DOI : 10.1007/s10676-016-9398-9
- [25] E. M. McGee & G. Q. Maguire. (2007). Becoming borg to become immortal: regulating brain implant technologies. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 16(3), 291-302.  
DOI : 10.1017/S0963180107070326
- [26] A. Morizane, et al. (2017). MHC matching improves engraftment of iPSC-derived neurons in non-human primates. *Nature communications* 8(1), 1-12.  
DOI: 10.1038/s41467-017-00926-5
- [27] K. Kojima, et al. (2019). Gene therapy improves motor and mental function of aromatic l-amino acid decarboxylase deficiency. *Brain*, 142(2), 322-333.  
DOI : 10.1093/brain/awy331
- [28] N. Grossman, et al. (2017). Noninvasive deep brain stimulation via temporally interfering electric fields. *Cell*, 169(6), 1029-1041.  
DOI : 10.1016/j.cell.2017.05.024
- [29] S. J. Baek. (2017). An Predictive Analytics based on Goal-Scenario for Self-adaptive System. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(11), 77-83.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.11.077
- [30] S. H. Hong & H. J. Sin. (2017). Analysis of the Vulnerability of the IoT by the Scenario. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(9), 1-7  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.9.001
- [31] B. O. Kwak & S. H. Lee. (2016). Requirements Analysis in ID-based Future Internet. *Convergence Society for SMB*, 6(3), 43-48.  
DOI : 10.22156/CS4SNB.2016.6.3.043
- [32] T. Y. Kim. (2018). Concern and Prediction for Future Information Security expected by IT Executives. *Convergence Society for SMB*, 8(6), 117-122.  
DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.6.117
- [33] H. H. Kim, et al. (2018). Forecasting Model of Air Passenger Demand Using System Dynamics, *Journal Digital Convergence*, 16(5), 137-143.  
DOI : 10.14400/JDC.2018.16.5.137
- [34] H. H. Kim, et al. (2017). Forecasting of Container Cargo Volumes of China using System Dynamics, *Journal Digital Convergence*, 15(3), 157-163.  
DOI : 10.14400/JDC.2017.15.3.157
- [35] F. H. Maier. (1998). New product diffusion models in innovation management - A system dynamics perspective. *The Journal of the System Dynamics Society*, 14(4), 285-308.  
DOI : 10.1002/(SICI)1099-1727(199824)14:4 <285::AID-SDR153>3.0.CO;2-F
- [36] K. Sugiyama, et al. (2015). The present indication and future of deep brain stimulation. *Neurologia medico-chirurgica*, 55(5), 416-421.  
DOI : 10.2176/nmc.ra.2014-0394
- [37] Dheeraj Bojwani Consultant. (May 9, 2018). *Deep Brain Stimulation Cost in Bangalore: Very Relieving for the Medical Tourist*. <https://dheerajbojwaniconsultants.wordpress.com/2018/05/09/deep-brain-stimulation-cost-in-bangalore-very-relieving-for-the-medical-tourists/>
- [38] Mediacl Curator. (2018). *Spacial Report: Parkinson's Disease and Movement Disorders*.  
[http://www.kmhglobal.com/sites/default/files/spr\\_parkinson\\_eu.pdf](http://www.kmhglobal.com/sites/default/files/spr_parkinson_eu.pdf)
- [39] MBN. (Mar. 19, 2019). *Medical Korea*,

<https://www.mk.co.kr/news/view/it/2019/03/162797/>

- [40] A. Kusnyerik, et al. (2018). *Vision Restoration with Implants. In Mobility of Visually Impaired People*. Springer, Cham, 617-630.  
DOI : 10.1007/978-3-319-54446-5\_20
- [41] T. J., Oxley, et al. (2017). *A Minimally Invasive Endovascular Stent-Electrode Array for Chronic Recordings of Cortical Neural Activity. IN Brain-Computer Interface Research*. Springer, 55-63.  
DOI : 10.1007/978-3-319-64373-1\_6
- [42] S. W. Jeong, et al. (2018). Present and Future of Neurologist: Do We Have Enough Neurologists? - in the Aspect of Stroke Care. *J Korean Neurol Assoc*, 36(3), 159-164.  
DOI : 10.17340/jkna.2018.3.4
- [43] S. M. Jung. (2018). Medical charges and the cold reality of surgeons of Korea. *J Korean Med Assoc*, 61(11), 638-642.  
DOI : 10.5124/jkma.2018.61.11.638
- [44] K. T. Jung & H. H. Choi. (2018). Achievement and Future Tasks of Healthcare Industry Globalization *Health Policy and Management*. 28(3), 288-293.  
DOI : 10.4332/KJHPA.2018.28.3.288

김 준 호(Kim, Joonho)

[정회원]



- 1988년 2월 : 서울대학교 경영학  
과(경영학사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 경영학  
과(경영학석사)
- 2011년 8월 : 중앙대학교 경영학  
과(경영학박사)

- 2016년 2월 ~ 현재 : 한국과학기술원 책임급위촉연구원
- 관심분야 : 뇌과학산업, 미래전략
- E-Mail : mike0909kim@kaist.ac.kr