

# 주간 뇌 연구 동향

2017-03-17



한국뇌연구원  
뇌연구정책센터

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 1. 중뇌 Cbln1 유전자를 억제시켜 사회성 장애를 일으키는 자폐 유전자 Ube3a와 발작

Nature. 2017 Mar 15. doi: 10.1038/nature21678. [Epub ahead of print]

### Autism gene Ube3a and seizures impair sociability by repressing VTA Cbln1.

Krishnan V<sup>1</sup>, Stoppel DC<sup>1,2,3</sup>, Nong Y<sup>1,2</sup>, Johnson MA<sup>1,2</sup>, Nadler MJ<sup>1,2</sup>, Ozkaynak E<sup>1,2</sup>, Teng BL<sup>1,2</sup>, Nagakura I<sup>1,2</sup>, Mohammad F<sup>2</sup>, Silva MA<sup>1,2</sup>, Peterson S<sup>1,2</sup>, Cruz TJ<sup>1,2</sup>, Kasper EM<sup>4</sup>, Arnaout R<sup>2,5,6</sup>, Anderson MP<sup>1,2,3,7</sup>.

\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Autism+gene+Ube3a+and+seizures+impair>

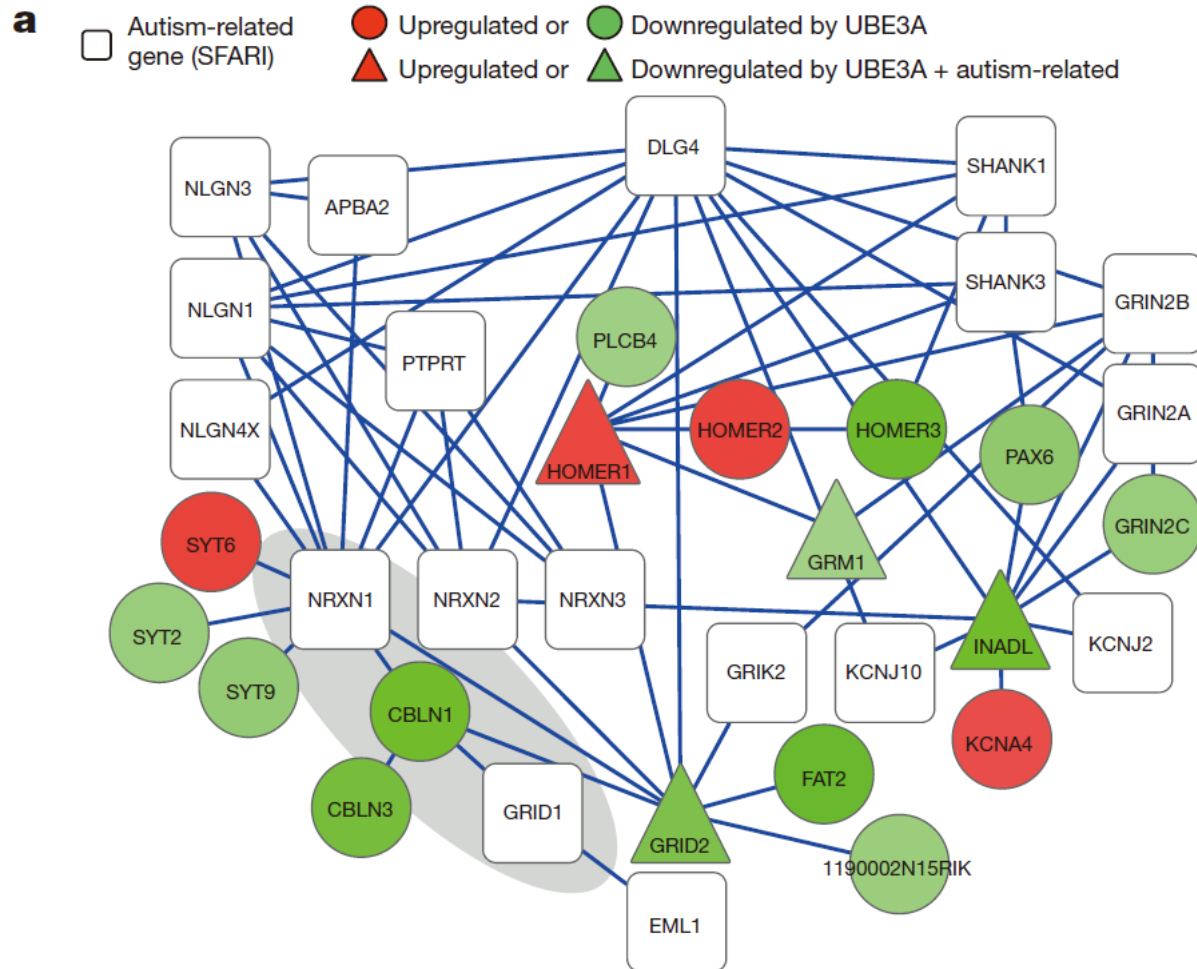
➤ 모계유전되는 염색체 15q11-13의 삼중복(triplication)은 UBE3A 유전자 증가와 연관된 빈번하고 매우 침습적인 유형의 자폐증을 일으킨다. UBE3A 유전자는 전사 과정에서 공동의 조절 기능을 가지는 ubiquitin ligase를 암호화한다

➤ 미국 보스톤 베스 이스라엘 디커너스 병원 Matthew P. Anderson 박사 연구팀은 마우스 생체 내에서 유전학적 기법을 사용하여, 핵에서 UBE3A 유전자의 증가가 마우스의 사교성에 필요한 글루타메이트 시냅스 형성체(organizer) Cbln1 유전자를 하향조절시키는 것을 확인하였다. 또한, 연구팀은 무증상의 UBE3A 유전자가 증가된 마우스에서 간질성 발작(epileptic seizure)도 Cbln1 유전자를 억제하고, 사교성 장애를 나타내는 것을 밝혔다. 이 Ube3 유전자와 발작의 공동작용(Ube3-seizure synergy)은 중뇌 복부 피개 영역 (VTA)의 글루타메이트 뉴런에서 매핑되었으며, Cbln1 유전자 삭제는 사교성 장애를 일으키고, 글루타메이트 전송을 악화시켰다. 연구팀은 VTA 글루타메이트 뉴런에서 Cbln1 유전자의 바이러스 벡터 기반 화학유전학적 활성화 또는 복원 실험을 통해 Ube3a 유전자 및 / 또는 발작에 의해 유도되는 사교성 장애가 역전되는 전임상적 증거도 보여주었다

➤ 이러한 연구결과는 VTA 글루타메이트 뉴런에서 유전자와 발작의 상호 작용이 자폐 유전자들의 단백질 상호작용 네트워크를 확장시키는 데 핵심요소인 Cbln1 유전자를 감소시켜 사교성 장애를 일으킨다는 것을 시사해 준다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 1. 중뇌 Cbln1 유전자를 억제시켜 사회성 장애를 일으키는 자폐 유전자 Ube3a와 발작 (계속)



Protein interaction sub-cluster enriched for glutamatergic synapse proteins encoded by autism-linked13 (SFARI, Simons Foundation Autism Research Initiative) and UBE3A up- and downregulated genes.

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 2. “뇌 작동, 예상보다 10배 빠르다” ‘생각하는’ 컴퓨터 개발 위한 새 접근법 모색, 출처: 사이언스타임즈

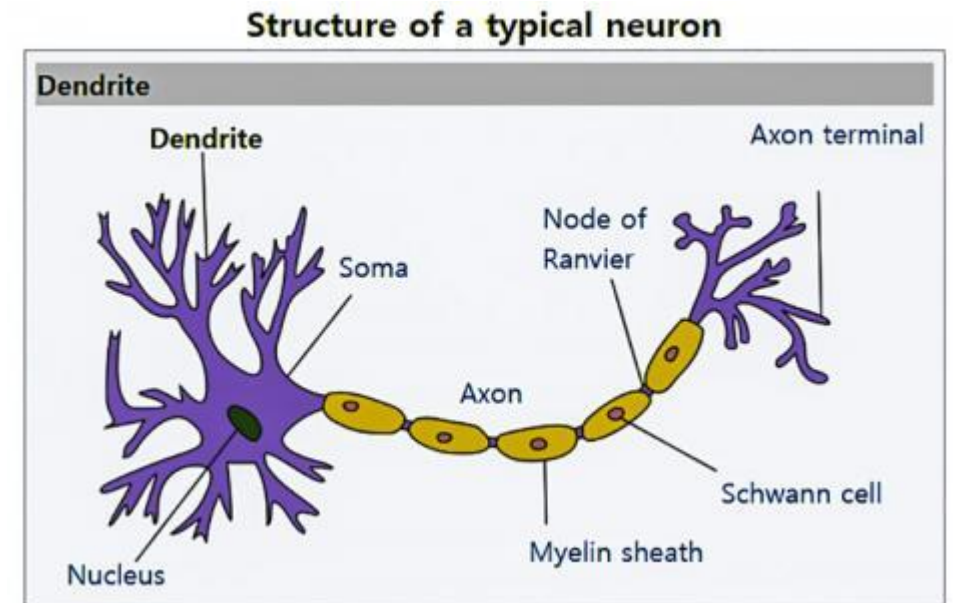
Science. 2017 Mar 9. pii: eaaj1497. doi: 10.1126/science.aaj1497. [Epub ahead of print]

### Dynamics of cortical dendritic membrane potential and spikes in freely behaving rats.

Moore JJ<sup>1,2</sup>, Ravassard PM<sup>3,4</sup>, Ho D<sup>3,2</sup>, Acharya L<sup>3,5</sup>, Kees AL<sup>3,2</sup>, Vuong C<sup>3,4</sup>, Mehta MR<sup>1,2,4,6</sup>.

\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28280248>

- 뇌 작동이 지금까지 생각했던 것보다 10배나 더 빠르다는 새로운 연구가 나왔다. 이에 따라 뇌 신경계 질환 치료와, ‘생각하는’ 컴퓨터 개발을 위한 새로운 접근법을 모색할 수 있게 됐다.
- 과학저널 ‘사이언스’(Science) 3월 9일자에 발표된 이번 연구는 뇌 신경세포인 뉴런의 구성 요소인 수상돌기(dendrites) 기능과 구조에 초점을 두었다. 뉴런은 나무와 같은 몸체(somas) 구조로 이루어져 있고, 바깥으로 뻗어나가는 나뭇가지 모양의 수많은 수상돌기(樹狀突起)를 가지고 있다.
- 뉴런 몸체는 서로 연결하고 통신하기 위해 ‘스파이크(spikes)’라고 하는 작은 전기 펄스를 생성한다. 과학자들은 이 뉴런 몸체 스파이크가 수상돌기를 활성화시킨다고 믿어왔다. 수상돌기는 수동적으로 다른 뉴런의 몸체에 전류를 보낸다고 생각한 것. 이 과정은 뇌에 기억이 형성되고 저장되는 기반을 이루지만 지금까지 과학적으로 검사된 적이 없다



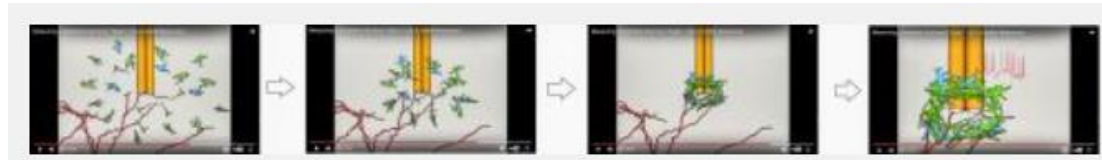
뇌 신경세포인 뉴런의 구조 그림 : Wikipedia / Quasar Jarosz

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 2. “뇌 작동, 예상보다 10배 빠르다” ‘생각하는’ 컴퓨터 개발 위한 새 접근법 모색, 출처: 사이언스타임즈

“수상돌기 뉴런 몸체보다 10배 이상 활동적”

- 미국 로스앤젤레스 캘리포니아대(UCLA) 연구팀은 이번 연구에서 수상돌기가 단지 수동적인 도관 역할만 하는 것이 아니라는 사실을 발견했다. 연구 결과 수상돌기는 자유롭게 움직이는 동물들에서 전기적으로 활성화돼 있어, 뉴런 몸체보다 거의 10배나 많은 스파이크를 생성하는 것으로 밝혀졌다



UCLA팀이 개발해 연구에 사용한 뇌세포 수상돌기의 전기 스파이크 측정 장치 실험 모습. 동영상 <https://www.youtube.com/watch?v=iCtwWBkJ8g>

- 이 발견은 뉴런 몸체에서의 전기 펄스가 지각과 학습, 기억을 형성하는 주된 방법이라는 오랜 믿음에 의문을 제기한다
- 논문의 시니어 저자인 마얀크 메타(Mayank Mehta, UCLA 신경물리학자)는 “수상돌기는 뇌 신경조직의 90% 이상을 차지한다”며, “수상돌기가 뉴런 몸체보다 훨씬 더 활동적이라는 사실을 알면 두뇌가 정보를 어떻게 처리하는지를 이해하는 방식이 근본적으로 바뀐다”고 말했다. 그는 이를 통해 “신경학적 장애를 이해하고 치료하며, 뇌와 같은 컴퓨터를 개발할 수 있는 길을 열어준다”고 덧붙였다
- 과학자들은 일반적으로 수상돌기가 두 개의 뉴런 사이의 접합부인 시냅스에서 전류를 받아 뇌 세포로 부드럽게 전달해 차례로 전기자극을 일으킨다고 믿어왔다. 몸체 스파이크(somatic spikes)로 알려진 이 짧은 전기 파열은 뇌 신경의 정보처리와 학습의 핵심이라고 생각했다. 그러나 이번 새 연구에 따르면 수상돌기는 뉴런 몸체보다 10배 이상 자주 스파이크를 생성하는 것으로 증명됐다

수상돌기, 전압 생성해 아날로그 정보처리 수행

- 연구팀은 또 수상돌기가 2진법(binary)으로 생성되는 스파이크 외에 전압에도 큰 변동을 일으킨다는 사실을 발견했다. 뉴런 몸체는 디지털 컴퓨터처럼 다만 이진법의 ‘0 아니면 1’의 스파이크를 생성한다. 수상돌기는 이와 비슷한 스파이크를 만드는 외에도 스파이크보다 훨씬 크고 천천히 변화하는 전압을 생성하여 아날로그 정보처리를 수행하는 것으로 나타났다.



# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 2. “뇌 작동, 예상보다 10배 빠르다” (계속)

- 메타 교수는 “수상돌기는 순수 디지털 컴퓨터와 근본적으로 다르게 아날로그 및 디지털 계산 모두를 수행하는 하이브리드지만 아날로그 컴퓨터인 양자(quantum) 컴퓨터와 다소 유사하다”고 말했다. 그는 “신경과학에서 기본적인 믿음은 뉴런이 디지털 장치라는 것이나, 이번 연구 결과는 수상돌기가 순수하게 디지털 장치처럼 작동하지 않는다는 것을 보여준다”고 설명했다. 수상돌기는 ‘1 또는 0’(all-or-none)의 디지털 신호를 생성하지만 또한 큰 아날로그 변동을 ‘1 또는 0’으로 나타냄으로써 신경과학자들이 지난 60년 동안 믿어왔던 것과 큰 차이가 있다는 것이다
- 메타 교수는, 수상돌기는 뉴런 중심부보다 거의 100배가 더 크기 때문에 수상돌기가 많은 스파이크를 발생하면 뇌가 이전에 생각했던 것보다 100배 이상의 정보 처리 능력을 가질 수 있다는 것을 의미한다고 말했다

### 수상돌기 전기적 측정 장치 개발해 연구 활용

- 뇌 조각에 대한 최근 연구에 따르면 수상돌기가 스파이크를 생성할 수 있음을 보여준다. 그러나 이것이 자연스런 행동에서 일어나는 것인지, 얼마나 자주 발생하는지는 명확하지 않았었다. 자연스런 동작을 하는 중에 일어나는 수상돌기의 전기적 활동을 측정하는 작업은 지금까지 매우 힘들었다. 실험용 쥐를 대상으로 수상돌기에 전극을 설치했으나 세포가 죽곤 했다. 이번 UCLA팀은 전극을 수상돌기 자체가 아닌 그 가까이에 설치하는 기술을 개발했다
- 연구팀은 이 기술을 이용해 큰 미로에서 자유롭게 움직이는 쥐의 수상돌기 활동을 최대 4일 동안 측정했다. 운동 계획을 짜는데 중요한 역할을 하는 뇌의 후두부 정수리 피질에서 측정한 결과 뉴런 몸체보다 수상돌기에서 훨씬 더 많은 활동이 일어났다. 쥐가 자고 있을 때는 스파이크가 5배 정도, 탐구활동을 할 때는 10배 이상 더 많이 발생했다
- 논문 제1저자인 제이슨 무어(Jason Moore,) 박사후 과정 연구원은 “이전의 여러 모델들에서는 두 개의 뉴런 몸체가 동시에 활성화될 때 학습이 일어난다고 생각해 왔다”며, “이번 연구 결과를 보면 입력 뉴런 몸체와 수상돌기가 동시에 활성화될 때 학습이 일어난다”고 말했다. 그는 “수상돌기의 서로 다른 부분들이 다른 시간대에 활성화될 수 있기 때문에 하나의 뉴런 안에서 학습이 일어날 수 있는 방법에는 훨씬 더 많은 융통성이 있음을 알 수 있다”고 덧붙였다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 2. “뇌 작동, 예상보다 10배 빠르다” (계속)

### “신경가지들에서 뉴런의 비밀 생명 발견”

- 뇌가 어떻게 작동하는지 이해하기 위해 뉴런 몸체를 살펴보는 것은 질병 진단과 치료에서부터 컴퓨터 구축에 이르기까지 수많은 의학적, 과학적 물음에 대한 뼈대를 제공한다. 그러나 이 뼈대는 뉴런 몸체가 결정을 내리고 그 과정이 디지털이라는 이해를 기반으로 하고 있다고 메타 교수는 말했다
- 그는 “이번 발견에 따르면 그러한 결정은 뉴런 몸체보다 수상돌기에서 훨씬 더 자주 이루어지며, 그 정보처리는 디지털뿐만 아니라 아날로그로도 이루어진다는 것을 알 수 있다”고 말했다. 메타 교수는 “기술적 어려움으로 인해 뇌 기능 연구가 주로 뉴런 세포체에 초점을 맞추고 있으나 우리는 광범위한 신경가지들에서 뉴런의 비밀 생명을 발견했다”며, “이번 연구 결과는 뉴런이 어떻게 정보처리를 하는지에 대한 이해를 크게 변화시켰다”고 강조했다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 3. "강박장애 원인 밝혀졌다" 출처: e-헬스통신

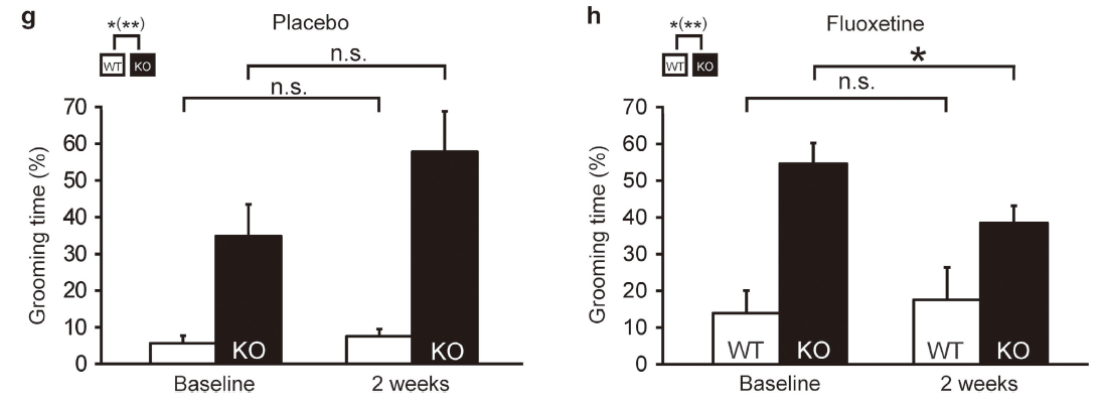
Mol Psychiatry. 2017 Jan 10. doi: 10.1038/mp.2016.232. [Epub ahead of print]

**OCD-like behavior is caused by dysfunction of thalamo-amygdala circuits and upregulated TrkB/ERK-MAPK signaling as a result of SPRED2 deficiency.**

Ullrich M<sup>1</sup>, Weber M<sup>2</sup>, Post AM<sup>3,4</sup>, Popp S<sup>4</sup>, Grein J<sup>1</sup>, Zechner M<sup>1</sup>, Guerrero González H<sup>1</sup>, Kreis A<sup>5</sup>, Schmitt AG<sup>5</sup>, Üçeyler N<sup>6</sup>, Lesch KP<sup>4,7</sup>, Schuh K<sup>1</sup>.

\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28070119>

- 불안장애의 일종인 강박장애(OCD: Obsessive-Compulsive Disorder)의 원인이 밝혀졌다
- 강박장애란 병균이 묻었을까 봐 지나치게 자주 손을 씻는다든가 문을 잘 잠갔는지, 가전제품 스위치를 제대로 껐는지를 거듭거듭 확인한다거나 어떤 물건을 특정 순서대로 가지런히 정리해야만安心이 되는 등 특정한 행동을 반복하는 심리 장애를 말한다
- 독일 뷔르츠부르크 올리우스-막시밀리안 대학(JMU) 생물학연구소의 카이 슈 박사는 뇌세포의 특정 단백질(SPRED2)이 부족하면 강박장애가 발생한다는 사실을 쥐 실험을 통해 밝혀냈다고 사이언스 데일리가 16일 보도했다
- 이 단백질이 부족한 쥐는 털 다듬기(grooming)를 끊임없이 반복하며 이 단백질을 보충해 주면 이러한 과잉 행동이 진정되는 것으로 나타났다고 슈 박사는 밝혔다



Videotaping of single mice before and after 2 weeks of fluoxetine treatment revealed an increased duration of grooming events in SPRED2 KO mice as compared with WT at baseline.

\*Fluoxetine : Selective serotonin reuptake inhibitor



# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 3. "강박장애 원인 밝혀졌다" (계속)

- 이 단백질은 세포의 중요한 신호전달경로(Ras-/ERK-MAP kinase cascade)를 억제하는데 이 단백질이 부족하면 이 신호전달경로가 지나치게 활성화되면서 과잉반응을 유발하게 된다고 그는 설명했다
- 이 단백질은 체내의 모든 세포에 있지만, 특히 수의 운동(voluntary movement)의 조절에 관여하는 뇌 부위인 기저핵(basal ganglia)과 감정을 조절하는 부위인 편도체(amygdala)에서 집중적으로 만들어진다고 그는 밝혔다
- 이 새로운 발견은 강박장애와 문제의 신호전달경로 사이에 연관이 있음을 증명하는 것이며 따라서 이 신호전달경로가 강박장애의 치료 표적이 될 수 있을 것으로 슈 박사는 전망했다
- 이 신호전달경로의 과잉 발현을 억제하는 약물은 이미 개발돼 있으며 그중 일부는 임상용으로도 승인돼 있다
- 이 약들은 암 치료에 쓰이고 있는데 그 이유는 문제의 신경전달경로 활성화가 빈번히 암을 유발하기 때문이라고 연구에 참가한 멜라니 올리히 박사는 밝혔다
- 현재 강박장애 치료에는 항우울제가 사용되고 있다. 그런데 쥐 실험에서도 항우울제가 쥐들의 반복행동을 억제하는 데 효과가 있는 것으로 밝혀졌다
- 이 연구결과는 영국의 의학전문지 '분자 정신의학'(Molecular Psychiatry) 최신호에 실렸다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 4. "치매발생 초기과정 기존학설과 달라...치료 방향도 달라져야" 출처 : e-헬스통신

Nat Commun. 2017 Mar 13;8:14726. doi: 10.1038/ncomms14726.

### **Pre-plaque conformational changes in Alzheimer's disease-linked A $\beta$ and APP.**

Klementieva O<sup>1</sup>, Willén K<sup>1</sup>, Martinsson I<sup>1</sup>, Israelsson B<sup>1</sup>, Engdahl A<sup>2</sup>, Cladera J<sup>3</sup>, Uvdal P<sup>2,4</sup>, Gouras GK<sup>1</sup>.

\* Article : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pre-plaque+conformational+changes+in+Alzheimer%E2%80%99s+disease-linked+A%CE%B2+and+APP>

스웨덴 연구팀, 베타아밀로이드 응집 과정 최초로 밝혀

➤스웨덴 연구팀이 세계에서 성능이 가장 우수한 입자가속기인 맥스4 싱크로트론(MAX IV synchrotron)으로 알츠하이머 치매의 '주범'으로 알려진 뇌세포 표면 단백질 베타아밀로이드의 응집 과정을 세계 최초로 밝혀내는 데 성공했다

➤스웨덴 룬드(Lund)대학 실험신경학 교수 군나르 구라스 박사는 베타아밀로이드의 응집 과정은 지금까지 논란의 여지가 없었던 정설과는 다르며 따라서 치료의 방향도 달라져야 한다는 연구결과를 발표했다고 사이언스 데일리와 UPI통신이 13일 보도했다

➤알츠하이머 치매의 원인은 뇌세포의 표면에 있는 베타아밀로이드라는 단백질이 서로 응집을 일으키면서 형성되는 노인반(senile plaque)이라는 것이 정설이다. 이 베타아밀로이드 플라크가 침착되면서 독성을 갖게 돼 결국 뇌세포는 죽게 된다는 것이다

➤베타아밀로이드 플라크는 거의 순간적으로(instantaneously) 나타난다는 것이 과학자들의 일치된 의견이다. 그래서 '팝콘 플라크'(popcorn plaque)라는 명칭도 생겼다

➤그러나 베타아밀로이드 플라크의 형성은 단계적인 과정을 거쳐 의외로 서서히 진행된다는 사실이 맥스4 싱크로트론 입자가속기를 이용한 관찰 결과 확인됐다고 구라스 박사는 밝혔다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 4. "치매발생 초기과정 기존학설과 달라...치료 방향도 달라져야" (계속)

- 우선 베타아밀로이드는 단일 펩타이드(single peptide)가 아니고 4개의 펩타이드가 한 단위를 이루는 4분자체(tetramer)라는 사실이 밝혀졌다
- 이 4개의 펩타이드가 비정상적으로 분리되면서 베타아밀로이드 응집이 시작되고 결국에는 플라크 형성으로 이어진다고 구라스 박사는 설명했다
- 아밀로이드 질환에는 치매 말고도 트랜스시레틴 아밀로이드증(transthyretin amyloidosis)이라는 것이 있다
- 이 질환은 아밀로이드 4분자체의 붕괴가 핵심 원인으로 밝혀졌다. 이 병에는 이미 치료제가 있어 임상에 사용되고 있다. 이 약은 4분자체를 안정시켜 병의 진행을 지연시킨다
- 베타아밀로이드를 없애려고 할 게 아니라 이와 유사한 방법으로 안정시키는 것이 장차 치매 치료제 개발의 새로운 방향이 될 수 있을 것이라고 구라스 박사는 제시했다
- 그의 연구팀은 지금 베타아밀로이드의 응집 과정이 시작되기 전에 진행되는 상호작용의 패턴을 분석하고 있다
- 이를 통해 베타아밀로이드의 분해를 막을 수 있는 방법을 찾아낸다면 치매 치료법 개발에 커다란 전환을 가져올 수 있을 것으로 기대된다
- 이 연구결과는 영국의 과학전문지 '네이처 커뮤니케이션'(Nature Communications) 최신호에 발표됐다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 5. '뇌 모방' 시냅스소자 개발...초소형·초저전력 AI 구현 기대 출처 : 사이언스타임즈

Nano Lett. 2017 Mar 8;17(3):1949-1955. doi: 10.1021/acs.nanolett.6b05308. Epub 2017 Feb 24.

### Synaptic Plasticity Selectively Activated by Polarization-Dependent Energy-Efficient Ion Migration in an Ultrathin Ferroelectric Tunnel Junction.

Yoon C<sup>1</sup>, Lee JH<sup>1</sup>, Lee S<sup>1</sup>, Jeon JH<sup>1</sup>, Jang JT<sup>2</sup>, Kim DH<sup>2</sup>, Kim YH<sup>3</sup>, Park BH<sup>1</sup>.

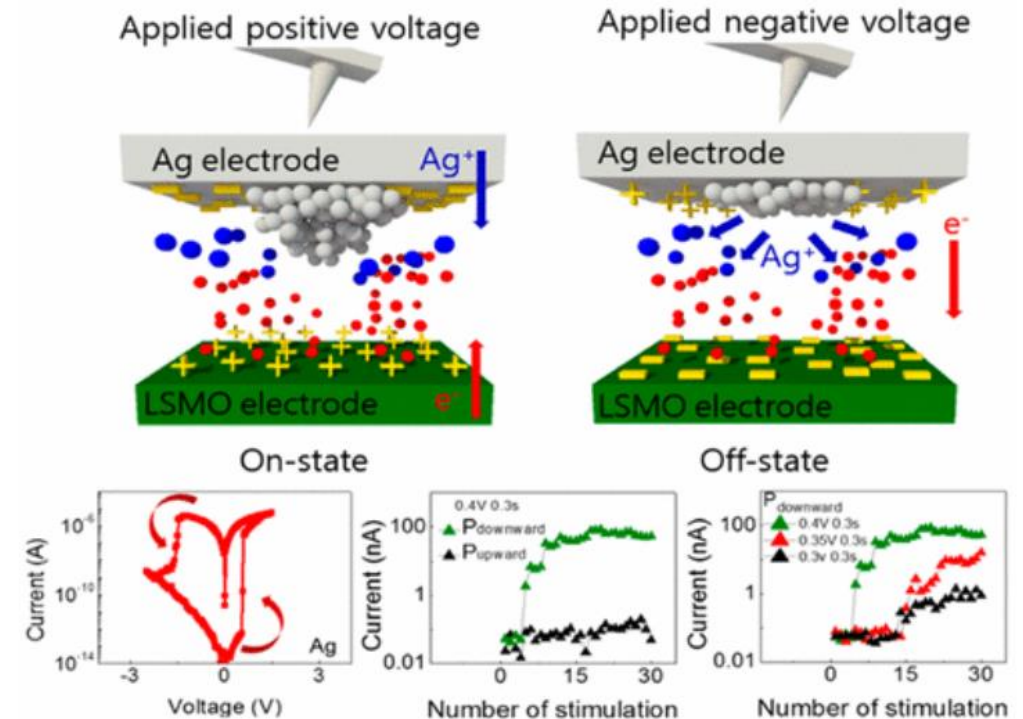
\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Screening+with+an+NMNAT2-MSD+platform+identifies+small+molecules+that+modulate+NMNAT2+levels+in+cortical+neurons>

➤국내 연구진이 인간의 뇌에서 신경세포를 서로 연결하는 기능을 하는 시냅스를 모방, 스스로 선택해 학습할 수 있는 인공지능(AI) 시냅스 소자를 개발했다

➤건국대 물리학과 박배호 교수팀은 13일 외부 전기장 없이도 전기 분극(分極)을 보이는 강유전체 분극 전환과 외부 전기장에 의해 금속 원자가 산화돼 이동하는 '금속이온 이동'을 이용, 인간 뇌와 비슷한 크기의 인공지능을 만들 수 있고 에너지 소모도 매우 적은 시냅스 소자를 개발했다고 밝혔다

➤현재 사용되는 인공지능 하드웨어는 실리콘 반도체 기반의 기존 컴퓨터를 사용해 부피가 크고 에너지 소모가 많은 단점이 있다

➤하지만 인간 뇌에서는 1천조개의 시냅스가 기억·학습·판단 기능을 수행하면서도 전력소모는 10W에 불과할 정도로 에너지 효율과 집적도가 높아 이를 인공지능 시스템에 적용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다



# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 5. '뇌 모방' 시냅스소자 개발...초소형·초저전력 AI 구현 기대 (계속)

- 박 교수팀은 이 연구에서 4nm(나노미터=10억분의 1m) 두께의 강유전체(PZT) 초박막을 금속이온 이동을 위한 선택적 전해질로 사용, 간단한 구조의 시냅스 소자 (Ag/PZT/LSMO)를 제작했다
- 이는 강유전체 분극 전환과 금속이온 이동을 결합, 온/오프(on/off) 신호비율이 작은 강유전체의 단점과 단일 소자 내에서 시냅스 가소성을 제어하기 어려운 금속이온 이동의 단점을 극복한 것이다
- 연구진은 이 시냅스소자는 두께가 기존 소자의 2분의 1~20분의 1 정도로 매우 얇아 같은 면적에 고밀도로 쌓을 수 있고 에너지 소비량도 매우 적으며, 기능도 단순 학습·기억에 그치지 않고 스스로 선택적으로 학습·기억을 할 수 있다고 설명했다
- 이 소자의 온/오프 신호비율은 단일 소자에서 1천만 배나 되고 에너지 소비량도 외부 자극으로 전기적 신호가 점차 강해지는 시냅스 강화에서 22aJ(아토줄), 신호가 점차 약해지는 시냅스 약화에서 2.5pJ(피코줄)로 실제 뇌와 비슷한 수준인 것으로 나타났다
- 박 교수는 "이 연구는 인간의 뇌만 한 크기의 인공지능 하드웨어로 응용할 수 있는 자가 선택적 학습제어가 가능한 초저에너지 고집적 시냅스 소자를 개발한 것"이라며 "앞으로 인간 뇌 신경을 모방한 시스템 개발에 기여할 것으로 기대한다"고 말했다
- 한국연구재단 리더연구자지원사업 지원으로 수행된 이 연구 결과는 국제학술지 '나노 레터스'(Nano Letters, 2월 25일자)에 게재됐다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 6. 고의적 범죄자의 뇌는 매우 다르다 뇌영상 분석으로 일급·이급 살인자 구분 가능해, 출처: 사이언스타임즈

Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Mar 13. pii: 201619385. doi: 10.1073/pnas.1619385114. [Epub ahead of print]

### Predicting the knowledge-recklessness distinction in the human brain.

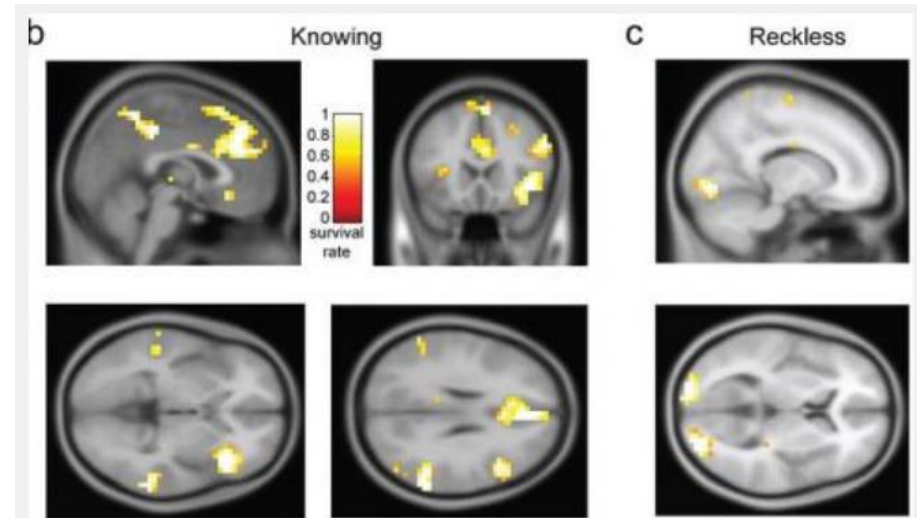
Vilares J<sup>1,2</sup>, Wesley MJ<sup>3</sup>, Ahn WY<sup>4</sup>, Bonnie RJ<sup>5</sup>, Hoffman M<sup>6</sup>, Jones OD<sup>7,8</sup>, Morse SJ<sup>9</sup>, Yaffe G<sup>10</sup>, Lohrenz T<sup>2</sup>, Montague PR<sup>11,2</sup>.

\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Predicting+the+knowledge%E2%80%93recklessness+distinction+in+the+human+brain>

- 과학자들이 사람 뇌(brain)와 마음(mind)의 관계를 깊이 파헤치기 시작했다. fMRI(자기공명영상)란 기술 덕이다. fMRI란 핵자기 공명 현상을 이용해 물질이나 인체 등의 내부 상태를 영상화시킬 수 있는 기술을 말한다
- 그리고 지금 이 기술을 이용해 불가능할 것 같았던 연구 결과를 내놓고 있다. 14일 '가디언' 지에 따르면 버지니아 공대 신경과학자 리드 몬터규(Read Montague) 교수가 이끄는 국제 연구팀은 마약 등의 밀수업자 등 범죄인을 대상으로 뇌영상을 스캔했다
- 이 연구에는 유사한 형태의 범죄를 저지른 16~45세 연령대 41명의 죄수가 참여했다. 연구팀은 이 두 부류의 사람들을 fMRI로 촬영한 후 인공지능의 기계학습(machine learning) 기능을 활용해 이들의 뇌 영상을 분석했다

고의적 범죄인의 뇌는 매우 달라

- 그리고 '고의로(on purpose)' 범죄를 저지른 사람과 '순수한 실수로(sheer reckless)' 법을 어긴 사람을 구분할 수 있었다. 분석 결과 고의로 범죄를 저지른 사람의 뇌가 난폭운전을 한 사람보다 더 활성화돼 있었다



fMRI를 활용해 촬영한 고의 범죄자와 그렇지 않은 범죄자의 뇌영상. 왼쪽 고의 범죄자의 뇌가 활성화돼 있다. 두 부류의 범죄자 사이의 뇌 모습이 뚜렷한 차이를 보이고 있다. © PNAS



# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 6. 고의적 범죄자의 뇌는 매우 다르다 (계속)

- 이는 범죄와 관련, 고의로 범죄를 저지른 사람의 뇌 세포가 훨씬 더 활발한 활동을 하고 있다는 것을 말해주고 있다. 리드 몬터규 교수는 “고의로 사고를 저지른 사람과 그렇지 않은 사람 간에 큰 차이를 보였다”고 말했다
- ‘범행의도(라틴어 Mens Rea)’는 미 사법제도에서 중요한 의미를 담고 있다. 의도적인 위해 행위와 실수나 사고로 인한 위해 행위를 구별해왔는데 어떤 사람이 다른 사람의 목숨을 빼앗았다고 해서 이런 행위를 언제나 살인이라고 하지 않는다
- 만일 정상적인 정신 상태를 가진 사람이 고의적으로 저질렀다면 ‘일급 살인’이라고 보고 최고의 형량을 구형한다. 그러나 술집 같은 곳에서 말다툼을 하다가 흥분해 살인을 저질렀다면 ‘이급 살인’이 된다
- 이 경우 형량이 크게 줄어드는데 운전 부주의로 교통사고를 일으켜 피해자가 목숨을 잃는 경우 ‘과실치사’와 유사한 경우다. 법의 눈으로 보았을 때 의도적으로 다른 사람의 목숨을 빼앗은 행위에 비해 훨씬 가벼운 죄목이다
- 13일 ‘더 타임즈(The Times)’ 지에 따르면 재판정에서 고의적 범죄 여부를 판별하는 일은 매우 중요하면서 어려운 과정이다. 범죄 혐의를 받고 있는 많은 피의자들이 자신의 범죄 의도를 솔직히 밝히지 않기 때문이다
- 그러나 법정에서는 의도적인 범죄와 비의도적인 범죄 사이에 형량 차이가 매우 크기 때문에 그 차이를 꼭 판별해야 한다. 오랜 기간 동안 법정에서 골치를 앓고 있었던 고의 범죄 여부를 지금 과학자들이 판독하고 있는 중이다

### 뇌 영상의 법정 자료 가능성 타진

- 과학자들은 그동안 범죄인의 뇌가 보통 사람들의 뇌와 매우 다르다는 점을 확인해왔다. 그러나 같은 범죄인이라도 고의 범죄인지의 여부를 밝혀내는 데는 기술적인 어려움을 겪어왔다. 그러나 최근 첨단 영상 및 인공지능 기술이 출현하면서 불가능한 것을 가능하게 하고 있다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 6. 고의적 범죄자의 뇌는 매우 다르다 (계속)

- 첨단 장비가 동원된 몬터규 교수팀의 연구 결과는 고의적인 범죄와 그렇지 않은 범죄인 간에 뇌 활동에 있어 큰 차이가 있음을 분명히 보여주고 있다. 고의적 범죄 여부를 놓고 이 같은 연구 결과가 발표된 것은 이번이 처음이다
- 몬터규 교수팀이 작성한 연구 논문은 12일 미 국립과학원 회보에 게재됐다. 교수는 미 국립과학원(PNAS) 회보를 통해 발표했다. 연구에 참여한 과학자들은 이번 연구 결과가 고의적 범죄와 관련된 법적 논의 과정에서 중요한 자료가 될 수 있다고 보고 있다
- 또한 법정에서는 고의적 범죄를 입증하기 위한 증거자료가 될 수 있다고 보고 있다. 논문과 관련 교수는 “이번에 공개한 뇌 영상이 모든 범죄인에게 동일하게 해당되는 것은 아니다”라고 말했다
- “그러나 범죄인의 의도에 따라 뇌 활동이 여러 가지 형태로 달라질 수 있다는 것을 확인할 수 있었다”며, 뇌 영상 스캔이 법정 자료로 받아들여질 경우 법조계 전반에 큰 변화를 불러일으킬 것으로 예상했다
- 법조계에서 이 연구 결과를 어떻게 받아들일지는 미지수다. 법학자들 간의 후속적인 논의가 요구되고 있다. 뇌 과학자들은 그러나 매우 다양한 분야에서 뇌 영상을 스캔하고 있는 중이다. 자료가 축적될 경우 어느 정도 결론에 이를 것으로 추정하고 있다
- 특히 모의범죄자(mock crimer)들의 자료가 늘어날 경우 법정에서 참고 자료로 활용할 가능성이 매우 큰 것으로 보고 있다. 범죄를 하게 된 계기와 관련해서도 고의적인지, 아니면 마약복용, 정신적 장애에 의한 것인지 여부를 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 보고 있다
- 과거에 발생한 사건에 대해서도 재조사가 이루어질 수 있다고 주장하고 있다. 범죄 혐의자가 과거 범죄 현장 영상을 보고 있는 가운데 그(혹은 그녀)의 뇌를 스캔할 경우 과거 사건이지만 그의 의도를 파악할 수 있을 것으로 보고 있다
- 영국 개방대학의 신경과학자 라이자 클레이돈(Lisa Claydon) 교수는 “fMRI가 없었다면 사람의 마음을 지금처럼 자세히 들여다 볼 수 없다”고 말했다. 또한 범죄와 관련된 영상자료가 축적될 경우 법적인 판단에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 내다봤다

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 7. 렘수면 단계, 뇌세포 피로 회복·기억 형성 보조 출처: e-헬스통신, 이닥터스

Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Feb 28;114(9):E1727-E1736. doi: 10.1073/pnas.1615230114. Epub 2017 Feb 13.

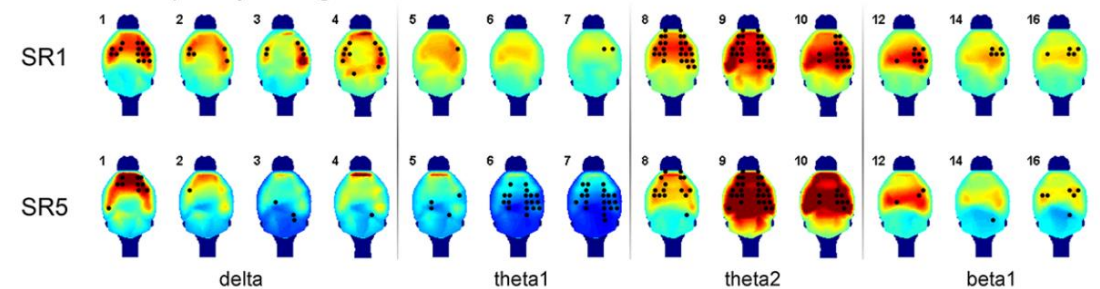
### Differential modulation of global and local neural oscillations in REM sleep by homeostatic sleep regulation.

Kim B<sup>1,2</sup>, Kocsis B<sup>3,4</sup>, Hwang E<sup>1</sup>, Kim Y<sup>5,6</sup>, Strecker RE<sup>5,6</sup>, McCarley RW<sup>5,6</sup>, Choi JH<sup>7,2</sup>.

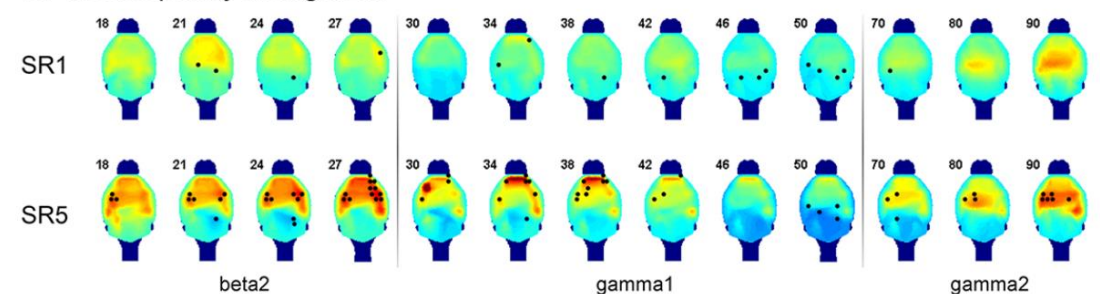
\* Article: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Differential+modulation+of+global+and+local+neural+oscillations+in+REM+sleep+by+homeostatic+sleep+regulation>

- 국내 연구진이 쥐실험을 통해 새벽에 주로 일어나는 렘수면 단계에 뇌의 활동의 일부 비밀을 밝혀냈다
- 한국과학기술연구원(KIST)은 최근 원내 최지현 박사팀이 쥐의 뇌에 전극을 삽입, 렘수면 단계에서 느린 뇌파와 빠른 뇌파를 모두 관측했다고 13일 밝혔다
- 느린 뇌파는 뇌세포에 쌓인 피로가 줄어들 때, 빠른 뇌파는 학습·기억형성을 수행할 때 나타난다고 알려져 있다
- 렘수면 시 두 뇌파가 모두 관측됐다는 것은 이 단계에서 신경세포의 회복은 물론 기억형성이 동시에 일어남을 입증하는 것이고 연구팀은 설명했다
- 연구팀은 또 쥐가 잠을 자지 못하면 뇌 부위 중 전두엽과 해마를 잇는 신경세포들의 활동이 증가하고 이로 인해 다른 기억이 제대로 형성되지 않도록 혼선을 일으킨다는 것도 확인했다

A. slow frequency during REM



B. fast frequency during REM



• p < 0.05  
-0.5 0 0.5  $(P_{SD} - P_{BL}) / P_{BL}$

느린 주파수와 빠른 주파수 진폭변화를 그린 뇌파 맵

# 01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

## 7. 렘수면 단계, 뇌세포 피로 회복·기억 형성 보조 (계속)

- 최지현 박사는 "특히 치매 환자에게는 렘수면 감소 등 수면단계에 변화가 있다고 알려졌다"며 "이번 연구 결과는 치매 같은 뇌 질환과 수면 사이의 관련성을 연구하는 데 활용될 수 있을 것"이라고 말했다
- 한편 이 연구는 국가과학기술연구회(NST) 주관 치매DTC융합연구단 사업으로 수행됐으며 연구 결과는 최근 국제학술지 '미국 국립과학원회보(PNAS)'에 게재됐다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 1. 한국뇌연구원 대강당에서 2017 세계뇌주간 행사 개최 출처 : 대한민국청소년기자단, 한국뇌연구원

- 2017 세계 뇌 주간 행사가 지난 18일, 한국뇌연구원 대강당에서 열렸다
- 한국뇌연구원을 비롯해 대구·경북지역의 7개 대학이 함께 주관한 이번 행사는 '우리 뇌의 봄 여름 가을 겨울'이라는 주제로 개최되었다



- 2002년 첫 행사 개최를 시작으로 올해 16번째를 맞이한 '세계 뇌 주간' 행사는 '세상을 바꿀 뇌과학'을 주제로 전국 10개 도시, 14개의 대학 및 연구소에서 약 3000명의 학생·일반인을 대상으로 개최된다
- 본 행사에는 '뇌졸중을 넘어 웰빙의 시대로!' (서정규 경북대 의학전문대학원 명예교수), '성장하는 어른의 뇌' (유성운 디지스트 뇌·인지과학전공 교수), '뇌와 착시' (정수근 한국뇌연구원 뇌신경망연구부 선임연구원), '브레인 안티에이징' (신정훈 대구가톨릭대 뇌공학연구센터장) 등의 4명의 교수의 강연이 진행되었다
- 4개의 강연 후에는 강연을 들은 사람이 강연자들에게 질문을 던지는 브레인토크 시간도 마련되었다
- 강연뿐만 아니라 치매 실험실 연구체험, 뉴로 피드백 체험, 뇌기능 알아보기(3D 뇌 모형 퍼즐) 등의 고등학생을 대상으로 한 여러 체험들이 진행되었다. 또한, 모든 연령을 대상으로 한 종이 뇌 모형 만들기, VR 뇌 탐험, 뇌 퀴즈 풀기 등의 체험도 마련되었다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 2. 우울증·치매 등 뇌질환까지 의료기기로 치료 출처 : e-헬스통신

병원용 부터 개인용 웨어러블 장비까지 가지각색

- 전기와 자기를 이용해 뇌에 자극을 줌으로써 우울증을 치료하거나 심지어 치매까지 치료할 수 있는 의료기기가 등장하고 있다
- 14일 업계에 따르면 우울증을 치료할 수 있는 의료기기로 지난 2013년 리메드가 경두개 자기장 자극기를 개발한데 이어 최근에는 와이브레인이 웨어러블 기기를 선보이는 등 의료기기 업체들의 신개념 기기에 대한 연구개발이 지속되고 있다
- 의료기기 스타트업 와이브레인은 최근 자사의 심리요법용·뇌용 전기자극장치인 'Mindd(YDS-301N)'에 대해 식품의약품안전처로부터 3등급 의료기기로 품목 허가를 받았다
- 이 기기는 우울증 약을 복용하는 환자의 약물 치료 효과를 개선할 수 있는 기기로 우울증 환자의 주의력과 기억 개선에 도움을 준다
- 와이브레인은 국내에서 96명의 환자에 대한 임상시험 3상을 끝마쳤으며 앞으로 미국, 유럽 등에서 판매 허가를 추진할 계획이다
- 와이브레인은 보건복지부 신의료기술평가를 받은 뒤 본격적인 판매에 나서기로 했다
- 경두개 자기장 자극기(TMS) 개발회사인 리메드는 현재 산업통상자원부의 산업기술혁신사업(수요자 연계형 기술개발사업) 지원을 받아 난치성 뇌질환 치료용 3.5 테슬라급 6채널 자기자극 및 정보 피드백을 위한 진단 훈련용 융합부품 개발사업을 추진 중이다
- 이 사업은 초기 치매 환자의 인지기능 회복을 위한 3.5테슬라급 6채널 자기자극 장치 및 인지기능 훈련 소프트웨어 개발을 목적으로 한다



△우울증이나 치매 등 뇌질환까지 치료하는 의료기기가 개발되고 있다.



## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 2. 우울증·치매 등 뇌질환까지 의료기기로 치료 (계속)

- 리메드는 이 사업에서 치매치료용 고출력 TMS 개발을 담당한다
- 리메드에 따르면 자사의 TMS인 'ALTMS'는 두개골을 열지 않고 자기장을 투과시켜 뇌를 자극하는 의료기기로 지난 2013년 우울증 치료목적으로 식품의약품안전처로부터 품목허가를 받은 바 있으며 뚜렷한 효과를 보이는 약물이 없는 치매치료 시장에서 경증환자까지 효과를 보였다
- 에이모션은 지난해 미국 보스턴 브릭햄앤우먼스병원과 비수술적 뇌 질환 치료용 의료기기 관련 특허 3건에 대해 특허권 양수도 계약을 체결하고 해당 의료기기를 개발 중이다
- 이 계약으로 양수 받은 특허권은 △경두개저강도 초음파 전달장치 및 이를 이용한 비침습적 뇌기능 조절방법 △집중초음파를 이용한 비침습적 침술기기 △집중초음파를 생체조직에 투과하기 위해 반고체 수화젤을 이용한 장치 및 그 제조방법이다
- 현재 브릭햄앤우먼스 병원과 개발 중인 비수술적 뇌 질환 치료용 의료기기에 사용되는 핵심 기술로 우울증·불안장애부터 뇌졸중·치매·비만 등 각종 뇌 질환을 효과적으로 치료할 것으로 에이모션은 기대하고 있다
- 에이모션은 오는 2020년 상용화할 목적으로 올해 안에 연구용 프로토타입 제품을 생산할 계획이다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 3. 신경전극 기술 개발, 의료기기 시장 상용화 기대 출처: e-헬스통신

- 국내 연구진이 신경장애 치료에 도움이 되는 신경전극을 개발하는데 잇따라 성공했다
- 이에 따라 향후 국내 의료기기 시장 기술력 향상에 도움이 될 것으로 기대를 모으고 있다
- 15일 업계에 따르면 국내 연구진이 중추신경계 및 말초신경계 질병, 뇌신경계 질병을 치료할 수 있는 신경전극 개발에 성공했다

#### ◆ 자극에 의해 발생하는 신호 기록 가능한 신경전극 개발 성공

- 국내 연구진이 안정적이고 효율적으로 자극에 의해 발생하는 신호를 기록할 수 있는 신경전극 개발에 성공했다
- 이 기술은 중추신경계와 말초신경계 질병 및 손상에 의해 발생하는 신경장애의 치료를 위한 목적으로 사용되는 신경전극 기반 신경신호 감지/제어 시스템 연구에 도움이 될 전망이다
- **경희대학교 치과재료학교실 권일근 교수와 허동녕 박사가 건국대 수의과대학 도선희 교수팀, 한국과학기술연구원(KIST) 이수현 박사팀과 공동으로** 이같은 신경전극을 개발했다
- 연구팀은 '스펀지 형태의 다공성 나노 섬유 구조체 표면에 은나노 입자를 결합, 말초신경계의 신경신호를 오랜 기간 동안 안정적으로 측정 가능한 신경전극구조를 만들었다
- 최근 중추 신경계와 말초신경계에서 신경치료는 생체신경신호의 측정 및 자극이 가능한 이식형 신경전극을 기반으로 하는 치료방법이 주목 받고 있는데 주로 척추 손상환자의 재활과 치료, 시 신경자극을 통한 인공 시각구성, 정신적 질환의 치료를 위한 뇌심부자극술 등의 치료 및 재활에 폭 넓게 활용되고 있다
- 하지만 실리콘이나 고분자 필름을 하부구조로 제작 된 신경전극은 △물질 투과성이 낮아 충분한 영양소와 산소 공급이 힘들고 △신경조직에 비해 상대적으로 기계적 강도가 높아 이식부위에 상처(scar)가 발생하며 △염증반응으로 신경전극이 부위조직과 차단 돼 장기간 전기 신호 검출이 어렵다는 한계가 있었다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 3. 신경전극 기술 개발, 의료기기 시장 상용화 기대 (계속)

- 이에 연구진은 염증 억제와 미세한 신경 신호 검출을 위해 신경 전극의 유연성과 물질 투과성을 향상시킨 높은 감도를 갖는 신경전극을 개발했다
- 은나노입자와 전도성 고분자를 전극으로 구성된 신경전극의 하부구조는 폴리이미드나노섬유를 사용, 기존의 신경전극에 비해 월등히 향상된 유연성과 투과성을 보였으며 체내 이식후 신경조직을 검사한 결과 변형이나 위축등 아무런 손상이 발생하지 않는 것을 확인했다
- 그 결과 신호 감도가 뛰어나고 동시에 오랜 기간 동안 안정적인 신경신호가 가능한 신경 전극을 개발할 수 있었다
- 연구팀은 이번에 개발된 기술을 이용하면 각종 신경 자극 및 재생을 위한 생체내 이식소자의 생체적합성 향상을 통한 기능성/안정성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다
- 권일근 교수는 "이 기술은 중추 및 말초신경계 질환을 치료할 수 있는 안정적인 신경신호 검출의 개발뿐만 아니라 각종 생체신호의 감도를 탐지/분석하는 생체 전극시스템의 개발 측면에서도 상당한 의미가 있다"고 말했다
- 그는 이어 "기술은 각종 이식형 디바이스의 기능을 업그레이드시키는데 활용될 가능성을 제시한 것"이라며 "향후 국내의료기기 시장의 기술력 향상에 기여할 것"이라고 덧붙였다.
- 이 연구는 미래창조과학부의 공공복지안전연구사업의 지원으로 개발됐으며 연구 결과는 최근 미국화학학회(ACS)에서 발간하는 나노분야 국제학술지 'ACS NANO' 온라인판에 게재됐다.

#### ◆ 신경전극 개발, 뇌신경계 질환자의 기능회복 및 뇌 학습 연구 등에 탄력

- 한국전자통신연구원(ETRI)은 최근 원내 정상돈 시냅스소자창의연구실장팀이 스펀지처럼 구멍을 많이 뚫은 다공성(多孔性) 금(Au) 나노구조체와 이리듐(Ir) 산화물 나노박막을 결합, 신경세포에 전기자극(고효율로 전하주입)이 가능한 신경전극 구조와 제작기술을 개발했다고 발표했다
- 뇌 신경연구를 위해서는 뇌신경 신호를 고감도로 검출이 가능하고 신경조직을 효율적으로 자극도 할 수 있는 신경전극이 필요하다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 3. 신경전극 기술 개발, 의료기기 시장 상용화 기대 (계속)

- 하지만 기존 백금이나 나노입자, 나노선 등으로 만들어진 신경전극은 표면적이 작아 전하주입 효율이 낮고, 기계적 강도가 현저히 떨어진다는 단점이 있었다
- 연구팀은 그동안 전극 크기는 작지만 잡음(noise)이 크지 않으면서 효율적인 전기 자극이 가능한 전극을 구현하기 위해 평면 전극에 스펀지와 같은 50 nm(나노미터) 구멍크기의 다공성 금 나노구조체를 형성하고, 10 nm 이하의 두께로 이리듐 산화물을 나노구조체 표면에 얇게 코팅하는 공정을 개발했다
- 그 결과 신호 감도가 뛰어나고 동시에 전기 자극 효율이 향상된 신경전극을 개발할 수 있었다
- 이를 통해 다공성 금 나노구조체와 이리듐 산화물을 결합함으로써 시너지를 얻어 전극의 성능을 향상시키는데 성공한 셈이라고 연구팀은 설명했다
- 연구팀은 또 개발한 전극을 쥐의 뇌신경조직에 적용, 자극 반응에 따른 신경 신호를 측정해 결과 0.1 V(볼트)의 아주 낮은 자극에서도 반응 신호 검출이 가능했다
- 아울러 뇌신경에 공급되는 전하주입효율이 세계적으로 15% 이하의 수준이었는데 연구진은 이를 25%까지 끌어올려 3~5 V의 자극에 활발하게 반응함도 확인했다
- ETRI가 개발한 이 전극 제작 기술은 인체 삽입용으로 개발 중에 있는 유연전극 및 침 전극에도 손쉽게 적용 가능한 공정으로 뇌 과학 분야 등 발전에 큰 기여를 할 것으로 연구진은 기대했다
- 이 신경전극 제작 기술의 경우 모두 전기화학적 방법을 사용하기 때문에 비용이 적게 들고 다공성 제어 및 이리듐 산화물 박막 두께 등 다양한 변수들의 조절이 쉬운 장점을 가지고 있다
- 연구팀은 이 기술을 바탕으로 향후 뇌 이식용 유연 신경전극 제작 기술을 중점 연구개발 계획이이며 전 임상 및 임상 협력 시험을 통해 의학적인 효용성을 검증할 예정이라고 전했다
- 연구팀은 개발 전극 이외에 다채널 신경신호를 측정 및 분석하고 다양한 자극 기능을 가지는 연구 장비도 자체 개발, 국내 대학 및 외국에서 공동연구용으로 활용중이며 5년 내 개발한 신경전극과 연구 장비를 상용화 한다는 계획이다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 3. 신경전극 기술 개발, 의료기기 시장 상용화 기대 출처: e-헬스통신

- 정상돈 실장은 "앞으로 고신뢰성 뇌-컴퓨터 양 방향 인터페이스를 구현할 계획"이라며 "관련 기술의 보급은 국내 뇌 과학 수준의 제고, 뇌질환자의 기능 회복을 통한 고령화 대응과 분산형 인공지능 시스템 구현에 기여할 것"이라고 말했다
- 한편 이 연구는 미래창조과학부의 정부출연금사업과 미래융합 바이오니아 사업의 지원으로 개발됐으며 연구결과는 최근 학술지 '나노 레터(Nano Letters)'에 게재됐다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 4. 뇌 일부를 전자 뇌가 대체하는 '사이보그' 나올까...치매치료부터 정신 영역 확장까지 출처 : 조선비즈

- 누군가는 잊고 싶은 기억이 있기 마련이고 또 누군가는 잃어버린 기억을 되찾고 싶어한다. 전자는 전쟁이나 고문, 자연재해, 심각한 사고 등을 경험한 뒤 그 경험을 다시 떠올리며 고통을 느끼는 외상후스트레스장애(PTSD, Post Traumatic Stress Disorder)를 겪는 이들일 것이다. 후자는 집주소를 잊어버리거나 가족과의 즐거운 기억마저 잊어버리는 치매 환자들이다
- 건강보험심사평가원의 보건의료 빅데이터 통계자료에 따르면, **2015년 기준 국내 외상후스트레스장애 환자수는 7240명**에 달한다. 2010년부터 2015년까지 6년간 연평균 증가율은 3.6%로 해마다 늘어나고 있다. **2015년 기준 국내 치매 환자수도 약 64만명**으로 집계됐으며 고령화 추세에 따라 2025년에는 100만명에 이를 것으로 예측되고 있다
- 뇌 과학자들은 정상적인 생활이 어려운 PTSD·치매 환자를 돕는 연구를 활발히 하고 있다. 이들의 연구 목적은 약물을 개발해 치료하는 것이 아니다. 기억을 조작하고 기억 능력을 향상시키기 위해 마이크로칩을 뇌에 삽입하고 전기 자극으로 뇌 기능을 컨트롤하려는 뇌-기계 인터페이스(BMI) 연구다. 과학자들은 가까운 미래에 뇌 자극, 보조 인공 뇌, 뇌의 일부를 전자 뇌로 대체하는 방향으로 진화할 것으로 보고 있다
- 세계 뇌주간(13~19일)을 맞아 뇌과학 연구 동향을 집중적으로 살펴봤다. 뇌과학의 중요성을 알리기 위해 매년 세계 각국에서 세계뇌주간 행사 동시에 열리며 한국에서는 한국뇌연구협회와 한국뇌연구원 주최로 전국 14곳에서 다채로운 행사가 펼쳐진다

#### ◆ 마이크로칩 뇌에 삽입해 마비 환자 촉감 되찾고 기억도 조작

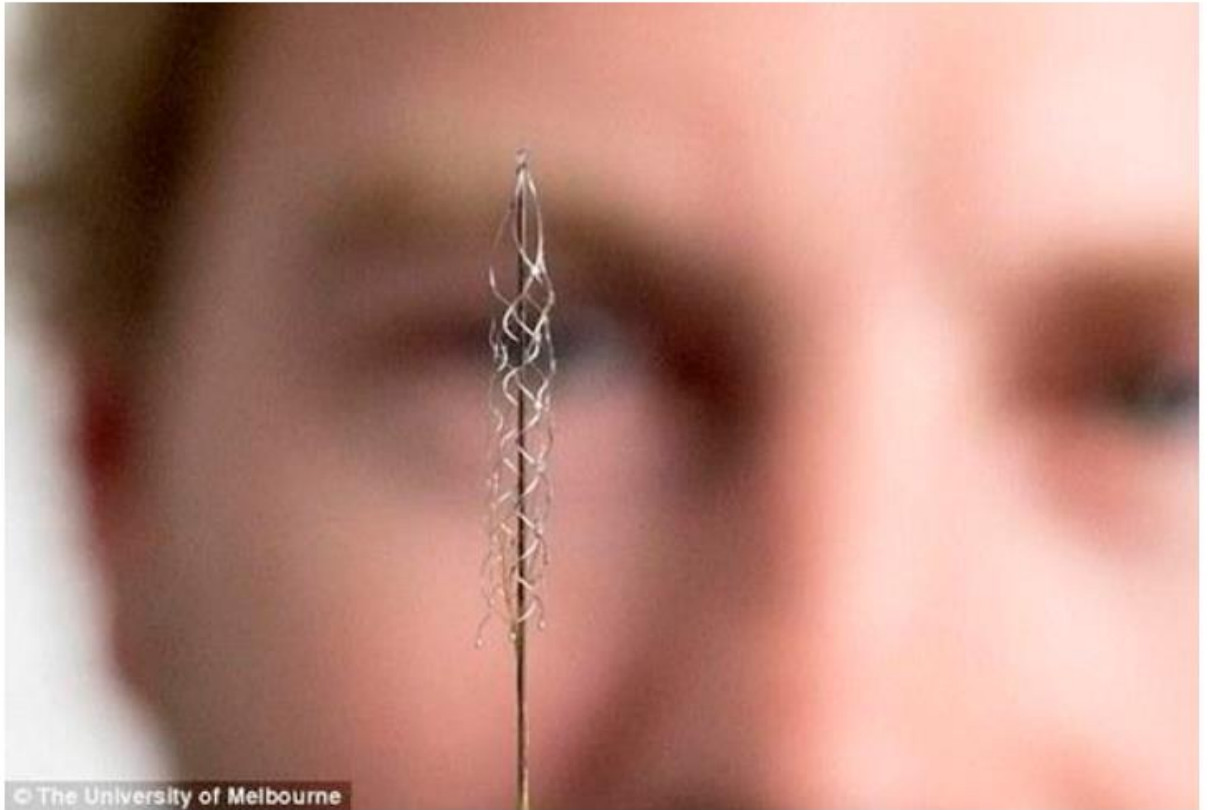
- 뇌-기계 인터페이스 연구는 사지가 마비된 장애인이 촉감을 느끼거나 움직이도록 하는 연구에 활발하게 적용되고 있다. **2016년 미국 피츠버그대 로버트 곤트 교수 연구진이 교통사고로 팔다리가 마비된 환자의 뇌를 전극으로 자극해 로봇 손의 촉감을 인식하는 실험에 성공**한 게 대표적이다
- 연구진은 촉감을 담당하는 마비 환자 뇌의 부위에 미세한 전극 2개를 넣었다. 환자 옆에는 팔과 손 형태의 로봇을 두고 로봇의 손가락에는 압력 센서를 달았다. 로봇 손가락 압력 센서로 감지하는 변화를 전기신호로 바꿔 환자의 뇌에 이식한 전극에 전달했다. 마비 환자는 로봇 팔이 느끼는 촉감을 그대로 느꼈다



## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 4. 뇌 일부를 전자 뇌가 대체하는 '사이보그' 나올까...치매치료부터 정신 영역 확장까지 (계속)

- 호주 멜버른대 연구진도 뇌 주변 혈관에 임플란트 방식의 이식물을 삽입해 뇌의 신호를 전기 신호로 바꿔 인공 팔이나 휠체어 등에 전달, 원하는 대로 움직이는 실험을 올해 진행할 계획이다
- 연구진은 '스텐트로드'라고 이름 붙인 작은 전극을 만들어 뇌의 뉴런에서 나오는 신호를 받아들이도록 했다. 스텐트로드는 두개골을 절개하는 수술 없이 환자의 목에 있는 정맥에 삽입해 뇌 근처 혈관에 자리잡을 수 있는 게 특징이다
- 이같은 뇌-기계 인터페이스 연구는 갈수록 발전해 기억을 한 생물체에서 다른 생물체로 전송하는 수준까지 이르렀다
- 미국방고등연구계획국(DARPA) 연구진은 2014년에는 쥐가 학습한 기억을 다른 쥐에 전달하는 데도 성공했다. 먼저 실험 쥐 한마리의 뇌에 마이크로 칩을 넣은 뒤 2개의 레버가 있는 공간에 뒀다. 2개 중 1개의 레버를 건드리면 쥐가 좋아하는 먹이가 나오도록 했다
- 실험쥐는 한참 동안 탐색을 한 뒤 먹이가 나오는 레버를 기억하고 반복해서 건드리는 행동을 했다. 이 과정에서 측정된 전기신호 데이터를 삽입한 마이크로칩에 담은 뒤, 이 마이크로칩을 빼내 다른 쥐의 해마에 집어넣었다



▲ 호주 멜버른대 연구진이 목에 있는 정맥 혈관을 통해 뇌에 주입하는 '스텐트로드' (멜버른대 제공)

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 4. 뇌 일부를 전자 뇌가 대체하는 '사이보그' 나올까...치매치료부터 정신 영역 확장까지 (계속)

- 이 두 번째 쥐는 탐색 과정 없이 바로 먹이가 나오는 레버를 찾아갔다. 한 쪽의 기억을 전기신호로 저장해 다른 쪽에 전달한 것이다. 연구진은 작년 원숭이를 대상으로 한 같은 실험에 실패했지만 연구를 이어간다는 계획이다
- 이에 앞서 연구진은 2012년 뇌의 해마 기능이 망가져 장기 기억을 하지 못하는 쥐가 장기 기억을 회복하는 실험에도 성공했다. 장기기억에 관여하는 해마의 특정 영역에 마이크로칩을 삽입해 해마로 들어오는 장기기억 신호를 조절한 것이다



▲ 프랑스 연구진이 개발한 스컬 일렉트로드 /클리나텍 제공

- 임창환 한양대 전기생체공학부 교수는 “마이크로칩을 뇌에 삽입해서 기억을 조절하는 연구가 국내외에서 활발히 이뤄지고 있다”며 “기억뿐만 아니라 인지 능력, 계산 능력 등을 높이기 위한 동물실험도 이미 진행되고 있어 뇌-기계 인터페이스 연구가 마비 환자를 움직이게 하는 물리적·기계적 영역을 뛰어넘어 뇌의 근본 기능인 정신적 영역까지 넘보고 있다”고 말했다

#### ◆ 뇌 일부를 전자 뇌가 대체하는 '사이보그' 나올까

- 뇌-기계 인터페이스 연구는 마이크로칩을 이용한 뇌 자극 수준에서 뇌 기능을 보조하는 보조 인공 뇌, 뇌의 일부를 '전자 뇌'로 대체하는 방향으로 발전할 전망이다. 특히 뇌에 삽입하는 마이크로칩이 인공지능(AI) 능력까지 겸비하게 된다면 뇌-인공지능 인터페이스로 진화하며 어마어마한 능력을 지닌 이른바 '사이보그'까지 등장할 수도 있다는 전망도 나온다

## 02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

### 4. 뇌 일부를 전자 뇌가 대체하는 '사이보그' 나올까...치매치료부터 정신 영역 확장까지 (계속)

- 이와 관련 프랑스 그레노블에 위치한 바이오메디컬 연구기관인 '클리나텍(Clinatex)' 연구진은 '스컬 일렉트로드(Skull Electrode)'라고 이름붙인 전기 장치를 개발하고 작년부터 사람을 대상으로 한 임상시험에 돌입했다
- 스컬 일렉트로드는 뇌의 신호를 읽거나 뇌에 전기신호를 가하는 장치로 두개골 일부를 잘라낸 후 원하는 뇌의 부위에 붙일 수 있다. 생체에 적합한 소재로 만들어졌기 때문에 일정 시간이 지나면 두개골처럼 뇌를 보호하는 동시에 원하는 대로 뇌의 전기신호를 조작할 수 있다. 한 사람에게 여러 개의 스컬 일렉트로드를 장착할 수도 있어 뇌의 일부를 전자 뇌로 대체하는 임상시험이 진행되고 있는 것이다
- 임창환 교수는 "뇌-기계 인터페이스에서 뇌-컴퓨터 인터페이스로 발전하고 컴퓨터가 인공지능 능력을 갖게 되면 뇌-인공지능 인터페이스로 진화할 수 있다"며 "생물학적 뇌와 전자 뇌를 결합한 구조의 기계인간도 10여 년 뒤에는 나올 수 있을 것"이라고 밝혔다



감사합니다