

주간 뇌 연구 동향

2017-12-26



한국뇌연구원
뇌연구정책센터

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

1. “뇌 특이적 키모카인 ‘Samdori’ 자폐증과 연관 있다” 출처: 연합대학원

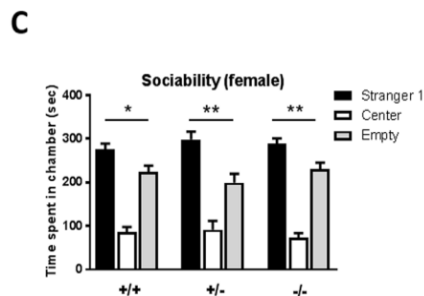
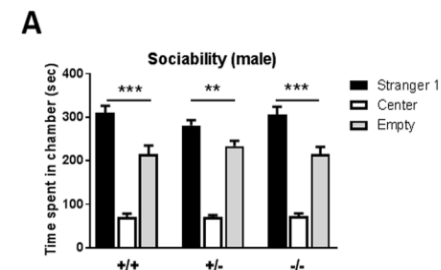
[Sci Rep.](#) 2017 Nov 28;7(1):16503. doi: 10.1038/s41598-017-16769-5.

Deficiency of a brain-specific chemokine-like molecule, SAM3, induces cardinal phenotypes of autism spectrum disorders in mice.

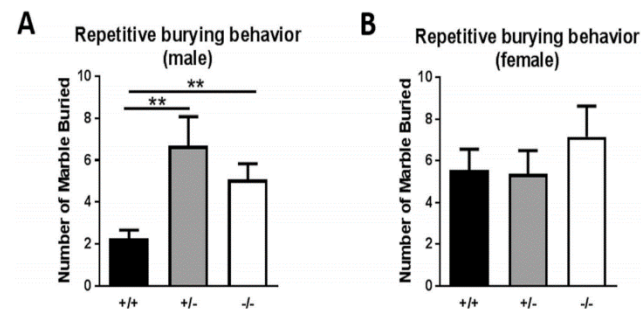
Kim S^{1,2}, Lee B¹, Choi JH³, Kim JH^{1,4,5}, Kim CH⁶, Shin HS^{7,8}.

Article: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-16769-5>

- 자폐스펙트럼장애(ASD : autism spectrum disorders)는 사회적인 상호작용과 의사소통에 지속적인 손상을 보이고, 흥미나 활동의 범위가 제한적이며 반복적인 특성을 보이는 신경발달 장애이다.
- 그 발병 원인으로는 유전적, 환경적 요인 등 다양한 원인이 제기되고 있지만 아직 확실한 원인은 알려져 있지 않다.
- 한편, 키모카인(Chemokine)은 면역 세포를 포함한 광범위한 세포에서 분비되는 신호단백질이다. 최근 몇몇의 연구들은 키모카인과 그 수용체들이 자폐스펙트럼장애에 병리학적으로 중요한 역할을 한다고 제시되고 있다.
- 그 중, Samdori (SAM, Fam19a, TAFA)는 뇌에 특이적으로 발현하는 키모카인 유사 분자로 아직 그 생리학적인 역할은 알려져 있지 않다.
- 최근, 일부 자폐스펙트럼 장애 환자들에게서 SAM3 유전자가 결핍되었다는 연구결과가 보고 된 바 있다.
- 이에 기초과학연구원(IBS) 인지 및 사회성 연구단 신희섭 단장 연구팀은 SAM3 유전자에 초점을 맞추어 자폐스펙트럼장애의 발달과 키모카인의 관련성을 규명하고자 하였다.



SAM3 유전자가 결핍된 쥐의 사회성이 떨어지는 것을 3-chamber test로 확인했다.



SAM3 유전자가 결핍된 수컷쥐가 암컷에 비해 반복적인 행동이 더 증가했다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

1. “뇌 특이적 키모카인 ‘Samdori’ 자폐증과 연관 있다” (계속)

- 먼저, Sam3 유전자가 결손된 생쥐모델을 제작하였다. 이에 다양한 생쥐 행동 분석법을 이용하여 생쥐 모델의 행동에서 자폐스펙트럼장애를 가진 환자에게서 보이는 행동학적 특성이 나타나는지를 확인하였다.
- 그 결과, Sam3 유전자가 결핍된 수컷 생쥐들은 자폐스펙트럼의 3가지 핵심 표현형인 반복적인 행동의 증가, 사회적 의사소통의 결함과 함께 새로운 생쥐와 이미 알던 생쥐를 구분하는 능력에 대한 결함이 모두 관찰되었다.
- 또한 자폐스펙트럼장애를 가진 환자들의 성비는 남자가 여자보다 네 배 정도 높은데, 흥미롭게도 이러한 성별의 차이가 Sam3 결핍 생쥐 모델에서도 관찰되었다.
- 모델 중 수컷 쥐들만이 반복된 행동의 증가를 보였고, 불안이 높아짐을 관찰할 수 있었다.
- 한편, Sam3 유전자 결핍 생쥐 모델들은 보행활동과 공포기억에 대한 학습과 기억, 그리고 대상인식에 대한 기억에서는 정상기능을 나타내었다.
- 반면, Sam2 결핍 생쥐모델에서는 암컷 쥐가 자폐스펙트럼에 더 가까운 표현형들을 보였다.
- 암컷 쥐가 자폐스펙트럼 표현형 중에서 2가지를 보인 반면, 수컷 쥐들은 사교성과 이미 알던 생쥐를 구분하는 능력에 대한 결함만을 보였다.
- 하지만 수컷 쥐들은 그 외에도 증가된 불안감과 사물인식에 대한 기억의 결함을 보였고, 장소와 소리에 연관된 공포기억은 증가됨을 보였다.
- 논문 제1저자 김수진 박사는 “본 연구를 통하여 새로운 뇌 특이적 키모카인 유사 분자인 SAM3의 결핍이 자폐스펙트럼장애를 유도할 수 있다는 것을 보여주었고, 이를 통하여 가용성 인자인 SAM 유전자가 자폐스펙트럼장애 치료의 새로운 표적이 될 수 있음을 시사한다” 고 밝혔다.
- 이번 연구결과는 '사이언티픽 리포트(Scientific Report)'지에 지난 달 27일 발표됐다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

2. “미숙아, 저체중아 ADHD 발병 위험 높다” 출처: 메디컬투데이

Pediatrics. 2017 Dec 18. pii: e20171645. doi: 10.1542/peds.2017-1645. [Epub ahead of print]

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Very Preterm/Very Low Birth Weight: A Meta-analysis.

Franz AP¹, Bolat GU², Bolat H³, Matijasevich A⁴, Santos IS⁵, Silveira RC⁶, Procianoy RS⁶, Rohde LA^{7,8}, Moreira-Maia CR⁹.

Article: <http://pediatrics.aappublications.org/content/early/2017/12/15/peds.2017-1645>

- 미숙아와 저체중아로 태어난 아이들이 만삭으로 태어난 아이들 보다 주의력결핍과잉행동장애(ADHD)가 발병할 위험이 3배 가량 높은 것으로 나타났다.
- 19일 브라질 리오그란두술 연방대학교(Federal University of Rio Grande do Sul) 연구팀이 '소아과학 (Pediatrics)'에 밝힌 1787명을 대상으로 한 총 12종의 이전 연구결과 자료를 분석한 결과에 의하면 이 같은 고위험군 환자들의 경우 몇 달 더 일찍 태어나거나 보다 적은 체중으로 태어날 경우 ADHD 발병 위험은 더 높아지는 것으로 나타났다.
- 연구결과 임신 37주 이후 출생체중 2500 그램 이상으로 태어난 건강한 아이들에 비해 32주 이전 태어났거나 출생체중 1500 그램 이하로 태어난 아이들이 ADHD 발병 위험이 2배 이상 높은 것으로 나타났다.
- 특히 아이들이 28주 이전 태어났거나 출생 체중이 1000 그램 이하시에는 4배 이상 높은 것으로 나타났다.
- 연구팀은 "일찍 태어남으로 인한 스트레스와 체내 필수 기관과 시스템의 조기 발달이 염증과 호르몬 변화를 유발 ADHD 발병을 유발할 수 있다"라고 강조했다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

3. “공부 안 한다고 벌칙 주는 것 청소년에게 소용없다”

출처: 동아사이언스, 전자신문

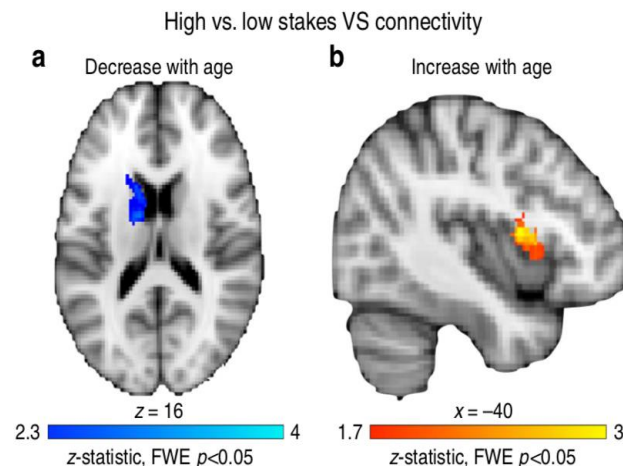
[Nat Commun.](https://doi.org/10.1038/s41467-017-01369-8) 2017 Nov 28;8(1):1605. doi: 10.1038/s41467-017-01369-8.

Development of corticostriatal connectivity constrains goal-directed behavior during adolescence.

Insel C¹, Kastman EK², Glenn CR³, Somerville LH².

Article: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01369-8>

- 영화 더 씨닝(The Tinning)은 국가 제도 때문에 학생이 희생당하는 스토리의 영화다.
- 자원이 고갈되어 가는 머지 않은 미래때문에 UN은 위기 상황을 해결하기 위해 모든 국가에 매년 5% 인구감소를 요구한다. 미국은 이를 위해 씨닝이라는 새로운 제도를 도입한다. 미국의 모든 학생은 1년에 한 번 시험을 봐야하고, 가장 낮은 점수를 받은 학생은 처형된다.
- 매년 시험을 보고 합격을 하면 한 단계씩 12등급까지 올라가고, 통과하지 못하면 사형하는 것이 씨닝이다.
- 주인공 블레이크는 여자친구 엘리가 시험에서 떨어지자, 주지사인 아버지에게 그녀를 구해달라고 부탁한다. 그러나 평소 두 사람의 만남을 싫어하는 아버지는 아들의 부탁을 거절하고, 엘리는 처형당한다.
- 상처입은 블레이크는 일년 뒤 자진해 시험에 불합격한다. 아버지에게 복수하기 위해서다. 그러나 어찌된 일인지 자신은 낮은 점수임에도 씨닝에서 제외되면서 조작이 있음을 알게 된다. 영화는 성적하락은 곧 죽음이라는 극단적인 가정으로 시작된다. 그렇다면 현실에서 공부를 못하는 학생에게 벌칙을 주는 것이 실제 효과가 있을까.



나이가 많은 참가자일수록 상금과 벌금이 모두 클 때 뇌 한가운데에 위치한 복외측전전두피질과 시상, 복측선조체 등의 부위가 활성화됐다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

3. “공부 안 한다고 벌칙 주는 것 청소년에게 소용없다” (계속)

- 그렇지 않다. 성과에 따라 적절한 보상이나 벌칙을 줘 업무 효율을 높이는 '당근과 채찍' 전략이 청소년에게 통하지 않는다는 뇌 연구 결과가 나왔다.
- 캐서린 인셀 미국 하버드대 심리학과 연구원팀은 13~20세 남녀 청소년 88명을 대상으로 간단한 퀴즈를 내고 성과에 따라 보상(용돈)을 주는 실험을 했다. 퀴즈는 누구나 조금만 주의를 기울이면 맞힐 수 있는 문제들이다. 예컨대 '크레이터(구덩이)가 있는 행성은?'이라는 문제를 낸 뒤 행성 표면에 구덩이가 보이는 수성이나 금성 사진을 보여주는 식이다. 맞히면 상금을, 틀리면 벌금을 부과했다.
- 연구팀은 한 그룹에는 상금과 벌금을 상대적으로 많이 책정(문제당 1000원)했고, 나머지 한 그룹엔 적게(200원) 책정했다. 그 뒤 두 그룹의 참여자가 얼마나 잘 맞히는지 점수로 환산해 비교했다. 그 결과 중·고교생에 해당하는 13~18세의 경우, 두 그룹 참가자가 얻은 점수에 차이가 거의 없었다. 즉, 당근과 채찍에 해당하는 상금과 벌금이 크더라도 청소년은 별로 신경 쓰지 않는다는 것이다.
- 나이가 많은 참가자일수록 상금과 벌금이 모두 클 때 뇌 한가운데에 위치한 복외측전전두피질과 시상, 복측선조체 등의 부위가 활성화됐다. 연구팀은 “이들 부위는 뇌에서 '노력과 행동' '보상에 대한 판단'을 담당하는 영역을 이어주는 부위”라며 “청소년기에는 이 부분이 발달하지 않았다가 19세가 넘어가면서 연결돼 활성화된다”고 설명했다. 이 전략이 효과를 나타낸 연령은 한국에서 대학생 나이인 19~20세 참가자이다.
- 인셀 연구원은 “청소년의 성적을 향상시키기 위해 인센티브를 줬을 때 효과가 제각각이었다며 실제 일상에서 청소년에게 동기를 부여하기 위해서 무엇을 해야 할지는 추가 연구가 필요하다”고 말했다. 박주용 서울대 심리학과 교수는 “당근과 채찍 전략이 단기적으로는 효과가 있을지 몰라도 장기적으로는 부작용이 있다는 연구 결과가 이전부터 있었다”며 “대안으로 청소년들이 스스로 학습 주제를 선택하는 등 자기주도성이나 자율성을 높이는 방안이 논의되고 있지만, 한국에서는 많이 시행되지 않고 있다”고 말했다. 이 연구 결과는 '네이처 커뮤니케이션스' 11월 28일자에 발표됐다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

4. “눈의 부분별 성장속도 조절 원리 규명” 출처: 대덕넷

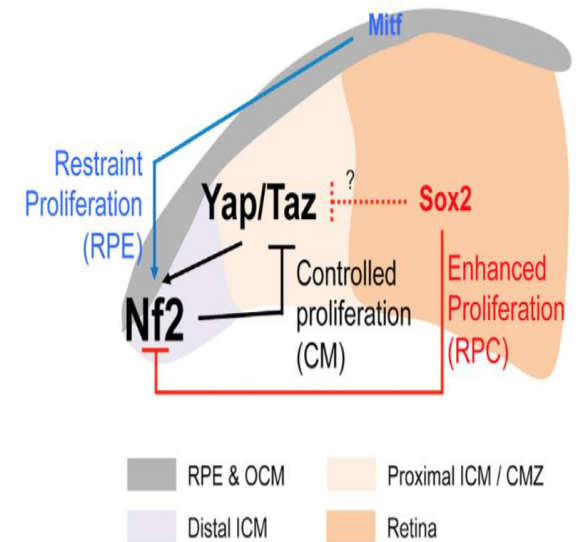
Dev Cell. 2017 Dec 12. pii: S1534-5807(17)30945-0. doi: 10.1016/j.devcel.2017.11.011. [Epub ahead of print]

Differential Expression of NF2 in Neuroepithelial Compartments Is Necessary for Mammalian Eye Development.

Moon KH¹, Kim HT¹, Lee D¹, Rao MB², Levine EM², Lim DS¹, Kim JW³.

Article: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1534580717309450>

- 국내 연구팀이 눈의 부분별 성장속도 조절 원리를 규명했다. 김진우 KAIST 교수 연구팀이 눈의 성장을 조절하는 유전자를 발견하고 각 구획별 발달 속도에 차이가 나는 원리를 규명했다고 '디벨로프멘탈 셀(Developmental Cell)'에 지난 14일에 발표했다.
- 눈의 신경조직 발달은 시신경 상피세포들이 세 개의 구획인 ▲망막 ▲망막색소상피세포층 ▲섬모체로 나뉘면서 시작된다. 처음에 유사한 성격을 가졌던 이들 조직은 점차 다른 속도로 성장하면서 서로 다른 크기와 고유한 특성을 갖는다.
- 망막색소상피세포는 망막의 가장 바깥 부분에 단층으로 존재한다. 망막 발달에 관여하고 간상세포와 원추세포를 보호하는 역할을 수행한다. 섬모체는 홍채와 연결된 구조로서 수정체의 두께를 조절해 초점을 맞추는 기능을 한다.



중앙 억제 인자로 알려진 'NF2 유전자'가 섬모체, 망막, 망막색소상피세포에서 다르게 발현함으로써 눈의 부분별 성장속도의 조절한다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

4. “눈의 부분별 성장속도 조절 원리 규명” (계속)

- 섬모체와 망막색소상피세포층은 망막보다 성장 속도가 느린 특징이 있다. 이들 조직의 발달 이상은 눈이 정상적으로 성장하지 못한 소안증과 깊은 관련이 있다.
- 그러나 이들 시신경 조직들 사이의 성장 속도에 차이가 나는 이유는 의문으로 남아있었다.
- 연구팀은 종양 억제 인자로 잘 알려진 'NF2 유전자'가 섬모체와 망막색소상피세포에서 많이 발현되는 것을 발견하고 이 유전자의 기능과 안구 조직별 성장 차이의 연관성을 조사했다.
- 생쥐의 섬모체에서 NF2 유전자를 제거하면 섬모체가 과성장하면서 정상적인 단일층 구조를 형성하지 못하고 결국 생쥐에게 소안증이 발생했다. NF2 유전자가 사라지면 히포신호전달계가 정상적으로 활성화되지 못했다. 섬모체의 과도한 성장이 일어났다.
- 연구팀은 Nf2 유전자가 각 구획의 세포분열 속도를 조절하는 스위치 역할을 한다는 것을 확인했다. 망막 조직에서는 Nf2 유전자 발현이 저해돼 빠르게 조직이 성장하는 반면, 망막색소상피세포에서는 Nf2 유전자 발현이 활성화돼 조직 성장이 멈춘다. 두 조직 사이에 위치한 섬모체에서는 Nf2 유전자가 일정 수준으로 유지되면서 서서히 성장한다.
- 김진우 교수는 "이번 연구는 NF2 유전자와 같은 세포 성장 억제인자가 눈의 각 지역마다 다르게 작용해 상이한 성장을 유도한다는 점을 밝힌 것"이라며 "이는 눈뿐만 아니라 여러 기관 형성에 공통적으로 적용될 수 있는 원리로서 다양한 선천적 기관 발달의 이상을 이해하는 단서를 제공할 수 있을 것"이라고 말했다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

5. “뇌량 절단하면 좌뇌와 우뇌는 어떻게 될까”

출처: ScienceTimes

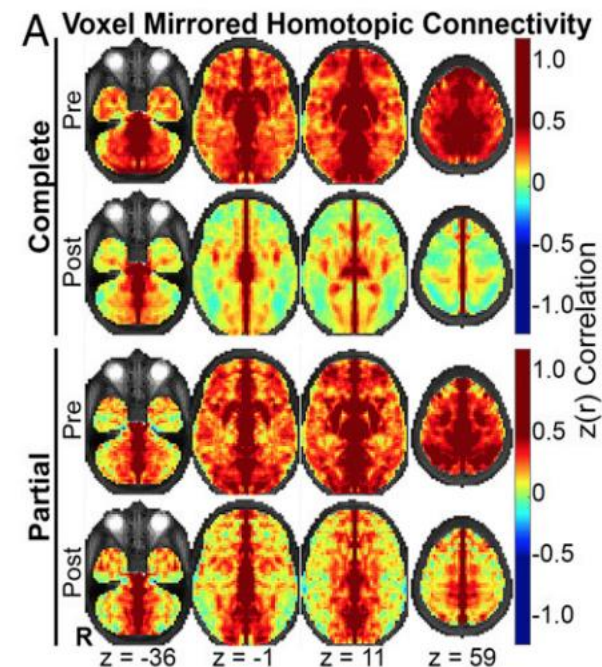
Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Dec 12;114(50):13278-13283. doi: 10.1073/pnas.1707050114. Epub 2017 Nov 28.

On the role of the corpus callosum in interhemispheric functional connectivity in humans.

Roland JL¹, Snyder AZ^{2,3}, Hacker CD^{4,5}, Mitra A², Shimony JS², Limbrick DD⁴, Raichle ME², Smyth MD⁴, Leuthardt EC^{4,5,6,7,8,9}.

Article: <http://www.pnas.org/content/114/50/13278.full.pdf?with-ds=yes>

- 소크라테스는 “서툰 푸주간 주인처럼 아무 곳이나 자르지 말고, 관절 같은 자연적 형태를 따라 잘라 나누라”
- 이탈리아 출신의 미국 위스콘신대 정신의학과 줄리오 토노니 교수가 2012년 출간한 책으로 올해 한글판이 나왔다. 토노니 교수는 뇌과학의 최고 난제인 ‘의식(consciousness)’을 연구하는 신경과학자로, 의식경험을 신경과학으로 설명하는 ‘통합정보이론(integrated information theory)’을 제안해 유명해졌다.
- 이탈리아인답게 단테의 ‘신곡’의 형식을 빌려 갈릴레오가 뇌와 의식의 실체를 탐구하는 여정을 소설체로 써서 술술 읽힌다. 게다가 거의 매쪽마다 관련 이미지가 있어 보는 재미가 쏠쏠하다.
- 책의 8장 ‘나누어진 뇌’는 좌뇌와 우뇌가 완전히 단절됐을 때 한 사람의 뇌 안에 두 의식이 존재할 수 있는지에 대한 물음을 던지고 있다. 즉 뇌 반구의 기능을 알아보는 ‘와다 테스트(Wada test)’의 결과를 바탕으로 스토리를 구성했다.
- 와다 테스트는 뇌의 반쪽을 마취시킨 뒤 나머지 반쪽만 활동하게 하는 하며 뇌의 특정 영역의 기능을 알아보는 방법이다. 그 결과 각 반구들은 자신들이 잠들어 있었을 때 수행된 반대쪽의 활동을 알아차리지 못한다고 한다. 이에 따르면 우리 뇌에 두 의식이 존재할 수 있다고 볼 수 있다.



좌뇌와 우뇌는 평소 상응하는 부분이 비슷한 활동성을 보이는 데 이를 기능적 연결성이라고 부른다. fMRI로 뇌량절제술 전후 기능적 연결성의 변화를 분석해 뇌량의 역할을 추정했다. 위는 뇌량을 완전히 절제한 한 환자의 데이터이고 아래는 부분 절제한 데이터이다. 상관계수(z)가 1에 가까울 수록(붉은색) 좌뇌와 우뇌의 상응하는 부분의 활동이 비슷하다는, 즉 기능적 연결성이 높다는 뜻이다. 뇌량을 완전히 절제했을 때 연결성이 꽤 낮아지지만 그 정도는 부위에 따라 다를 수 있다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

5. “뇌량 절단하면 좌뇌와 우뇌는 어떻게 될까” (계속)

- 그러나 양쪽 반구가 동시에 활동하면(우리가 일상적으로 겪는 경우다) 이처럼 별개의 실체로 보였던 의식이 다시 하나로 통합된다. 양쪽 반구가 서로 연결돼 있기 때문이다. 그렇다면 양쪽 반구가 완전히 분리돼 따로 활동할 경우 한 사람의 뇌에 두 마음(의식)이 존재할 수 있을까.
- 뇌전증(간질)이 심할 경우 뉴런이 한꺼번에 발화하는 걸 막기 위해 두 반구를 연결하는 뇌량을 절제하는 ‘뇌량절제술(corpus callosotomy)’을 한다. 뇌량절제술은 그리 어렵지 않은 수술이라는데 뇌의 구조를 그럴 것 같다. 그럼에도 만일 수술로 두 반구가 단절된 환자의 마음까지 완전히 단절돼 글자그대로 ‘이중인격’이 나온다면 이런 수술이 널리 행해지지는 않을 것이다. 실제로 많은 환자들은 수술 후 극심한 뇌전증에서 벗어나고 생활하는데도 큰 불편이 없다고 한다. 뿐만 아니라 선천적으로 뇌량이 없이 태어난 ‘뇌량 무형성증’ 사람들도 인격의 분열을 겪지 않는다. 그렇다면 뇌량은 왜 존재할까.
- 학술지 ‘미국립과학원회보’ 12월 12일자에는 뇌량절제술을 받은 뇌전증 환자 22명을 대상으로 수술 전후 좌뇌와 우뇌의 기능적 연결성의 변화를 분석한 논문이 실렸다. 미국 워싱턴대 신경외과 재로드 롤랜드 교수팀을 비롯한 공동연구자들은 뇌량의 역할을 명쾌히 알아보는 실험을 설계했다.
- 좌뇌와 우뇌를 연결하는 2억 개의 축삭 다발로 이뤄진 뇌량은 백색질에서 가장 큰 부분을 차지한다. 축삭은 뉴런(신경세포)의 신호가 전달되는 통로이므로 수술로 뇌량을 절제할 경우 두 인격(의식)까지는 아니더라도 상당한 장애가 생길 것 같은데 막상 그렇지 않은 게 오히려 미스터리다.
- 연구자들은 좌뇌에 우뇌의 기능적 연결성에 주목했다. 언어처럼 뇌의 특정 반구(이 경우 주로 좌뇌)에 기능이 쏠려 있는 경우도 있지만 대부분의 기능은 좌뇌와 우뇌가 대등하게 담당한다(좌뇌는 몸의 우측, 우뇌는 몸의 좌측을 맡는다). 쉬고 있을 때처럼 특별한 과제를 수행하고 있지 않을 때에도 좌뇌와 우뇌의 상응하는 부분의 활동성은 비슷한데, 이를 기능적 연결성(functional connectivity)이라고 부른다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

5. “뇌량 절단하면 좌뇌와 우뇌는 어떻게 될까” (계속)

- 기능적자기공명영상(fMRI)으로 뇌량 절제 수술 전후의 뇌 활동을 측정한 결과 뇌의 부위에 따라 기능적 연결성의 변화에 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 먼저 뇌량을 완전히 절제했을 경우 전두엽과 두정엽의 전반적인 기능적 연결성은 사라졌다. 그럼에도 전두엽과 두정엽 경계면에 있는 일차감각운동피질과 후두엽에 있는 일차시각피질의 경우 기능적 연결성이 꽤 유지돼 있었다. 한편 뇌량의 일부(앞쪽)만 절제했을 경우 기능적 연결성이 사라진 부분은 없었고 특히 일차시각피질은 수술 전후 별 차이가 없었다.
- 즉 뇌량이 완전히 파괴되더라도 좌뇌와 우뇌의 연결이 완전히 끊어지는 것은 아니고 특히 감각과 운동에 관여하는 일차감각운동피질과 시각정보를 처리하는 일차시각피질의 연결은 꽤 보존돼 있기 때문에 수술 뒤에도 환자들이 일상생활에 큰 어려움을 겪지 않는 것으로 보인다. 만일 이 부분이 완전히 단절된다면 좌우 근육의 조율이 필요한 움직임에 문제가 생겨 제대로 걷기도 힘들 것이다.
- 뇌량 부분 절제 수술의 경우 뒤쪽에 있는 뇌량섬유는 남겨놓는데, 이 부분을 통해 좌뇌와 우뇌의 연결이 상당부분 유지되고 특히 일차시각피질 사이의 소통은 거의 온전히 보존되는 것으로 보인다.
- 그런데 뇌량을 완전히 절제했음에도 어떻게 좌뇌와 우뇌의 연결이 완전히 끊어지지 않을까. 이에 대해 연구자들은 “좌뇌와 우뇌를 연결하는데 뇌량뿐 아니라 전교련(anterior commissure) 같은 다른 부분도 관여한다”며 “실제 일차운동피질에서 손을 담당하는 부분 사이의 연결은 뇌량을 거의 이용하지 않는다는 연구결과가 있다”고 설명했다. 한편 선천적으로 뇌량이 없는 경우 태아 발생 과정에서 이를 대체하는 경로가 생기는 것으로 알려져 있다.
- 뇌량절제술은 1940년대 미국 로체스터대의 신경외과의 윌리엄 반 웨이그넨이 처음 시도했다. 웨이그넨은 뇌량뿐 아니라 전교련도 절제했다. 환자들은 수술 뒤 뇌전증 발작이 크게 감소했고 별다른 부작용은 관찰되지 않았다. 따라서 뇌량은 단순히 좌뇌와 우뇌를 묶어두는 구조적 역할을 하는 것으로 여겨졌다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

5. “뇌량 절단하면 좌뇌와 우뇌는 어떻게 될까” (계속)

- 그러나 1950년대 칼텍의 신경심리학자 로저 스페리와 대학원생 마이클 가자니가는 기발한 실험을 고안해 뇌량과 전교련 절제술을 받은 사람들이 좌뇌와 우뇌의 정보교환이 제대로 안 돼 기이한 행동을 보인다는 사실을 발견했다.
- 예를 들어 좌측 시야에만 보이게(즉 우뇌가 처리하게) 물체를 제시한 뒤 “뭐가 보이냐?”고 물을 경우 “아무 것도 안 보인다”고 답하면서도(좌뇌가 언어를 담당) 왼손으로 집어보라면 물체를 집을 수 있다. 즉 절제 수술을 받은 사람에서 의식이 분리된 순간을 포착하는데 성공한 것이다. 이런 식으로 좌뇌와 우뇌가 따로 작동하는 ‘분리 뇌(split-brain)’ 현상을 발견한 공로로 스페리는 1981년 노벨생리의학상을 받았다.
- 그럼에도 여전히 뇌량절제술이 행해지는 건 수술법이 개선돼(전교련은 절제하지 않는다) 부작용의 가능성과 심각성이 줄어들었고 무엇보다도 수술을 하지 않았을 때 환자가 겪을 손실(발작으로 인한 부상이나 기대수명 단축 등)이 훨씬 심각하기 때문이다.
- 저자들은 논문 말미에서 “뇌량이 반구 사이의 기능적 연결성을 유지하는데 역할을 한다는 강한 증거를 제시한다”면서도 “뇌량 이외의 경로도 중요하다는 증거 또한 제시한다”고 쓰고 있다. 솔직히 뇌량절제술 같은 ‘무식한’ 수술은 과거의 일인 줄 알고 있던 필자는 이번 논문을 보며 뇌과학 교양서적에서 분리 뇌 실험이 극적으로 묘사되면서 뇌량의 역할이 오히려 과대평가된 게 아닌가 하는 생각이 들었다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

6. “나이 들면 기억력 나빠지게 하는 단백질 찾았다” 출처: 메디컬투데이

J Neurosci. 2017 Dec 18. pii: 2234-17. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2234-17.2017. [Epub ahead of print]

FK506-Binding Protein 12.6/1b, a negative regulator of [Ca²⁺], rescues memory and restores genomic regulation in the hippocampus of aging rats.

Gant JC¹, Blalock EM¹, Chen KC¹, Kadish I², Thibault O¹, Porter NM¹, Landfield PW³.

Article: <http://www.jneurosci.org/content/early/2017/12/18/JNEUROSCI.2234-17.2017>

- 나이가 들면서 기억력은 점점 나빠지는 바 이 같은 나이가 들면서 기억력이 나빠지는 것에 대한 이유를 이해하고 예방하는 데 많은 연구팀이 집중하고 있다.
- 이 같은 노력속 20일 켄터키대학 연구팀은 '신경과학지'에 나이가 들면서 유발되는 인지능력 저하와 연관이 있을 수 있는 해마내 단일 단백질을 연구한 결과를 발표했다.
- 지금까지 체내 노화와 연관된 수 백개의 유전자들이 확인됐다. 가령 1988년 수명을 110%이상 최대 늘릴 수 있는 예쁜 꼬마선충(Caenorhabditis elegans)내 일부 유전자 변이가 확인된 바 있고 이후 예쁜 꼬마선충의 수명을 늘릴 수 있는 800개 이상의 개별 유전자들이 확인됐으며 다른 종에서는 더 많은 유전자가 확인됐다.
- 이번 연구에서 연구팀은 FK506-Binding Protein 12.6/1b(FKBP1b)라는 공간 기억력과 연관이 있고 단기 기억을 장기 기억으로 전환하는 뇌 영역인 해마 영역내 신경세포의 칼슘항상성(calcium homeostasis)과 연관된 단백질을 연구했다.
- 이전 연구팀의 연구에 의하면 FKBP1b을 손상시키는 것이 해마의 칼슘 사용을 억제하는 것으로 나타나 바 있고 또한 FKBP1b 유전자 발현이 노화된 쥐와 조기 알츠하이머질환을 앓는 사람에서 하향 조정된 것으로 나타난 바 있다.
- 이번 연구에서 연구팀은 노화한 쥐에서 FKBP1b 가 어떻게 기억 수행과 노화 연관 유전자 변화에 영향을 미치는지를 보기 위해 FKBP1b 을 발현하는 바이러스 벡터를 쥐에게 주입 전반적인 FKBP1b 단백질 발현도를 높였다.

01. 국내외 뇌 연구 학술 동향

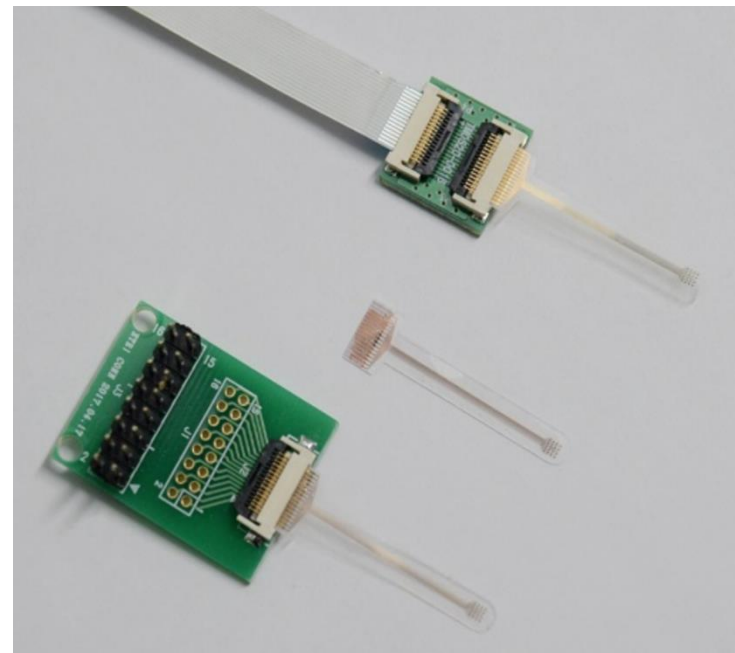
6. “나이 들면 기억력 나빠지게 하는 단백질 찾았다” (계속)

- 인지능력 저하가 시작되기 전인 생후 13개월에 한 번 인지능력 저하가 시작된 19개월에 추가로 한 번 두 번 벡터를 투여한 결과 FKBP1b가 인지능력 저하를 막고 심지어 회복시킬 수 있는 것으로 나타났다.
- 실제로 치료를 받지 않은 쥐들 보다 치료된 쥐들이 기억 작업을 더 잘 수행할 수 있었다.
- 이후 연구팀이 전사프로파일링(transcriptional profiling)을 한 결과 어린 쥐와 나이든 쥐에서 다르게 발현되는 2342개 유전자를 확인했고 FKBP1b 치료가 이 같은 나이가 들어서 영향받은 유전자들의 876개에서 활성을 회복시키는 것으로 나타났다.
- 연구팀은 "FKBP1b이 칼슘 조절과 구조적 완전성 유지와 인지능력 보존 등 여러면에서 기능을 하는 신경항상성의 핵심임이 입증됐다"라고 강조했다.
- 이어 "이번 연구를 통해 FKBP1b가 인지 노화 특히 기억 저하에 중요한 역할을 함이 다시 확인됐고 칼슘 기능부전이 알츠하이머질환에 중요한 역할을 하는 바 이번 연구결과가 이 분야 연구에 유용하게 사용될 수 있을 수 있다"라고 밝혔다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

1. “뇌 속에 넣을 수 있는 안전한 ‘신경자극’ 나왔다” 출처: 전자과학, 동아사이언스

- ▶ 국내 연구진이 생체 내에 전극을 넣어도 부식 등 변함없이 장기간 신경신호를 측정하고 세포에 효율적으로 전기 자극을 줄 수 있는 유연한 신경전극 개발에 성공했다.
- ▶ 한국전자통신연구원(ETRI)은 화학적 내구성이 뛰어나고 수분흡수 및 투과가 없으며 생체친화적인 금(Au)과 불소(F)계 고분자로만 구성된 신경전극 개발에 성공했다고 밝혔다. 이 연구 성과는 미국화학회가 발간하는 응용 재료 및 인터페이스(ACSAMI) 논문에 게재되었다.
- ▶ 이번에 개발된 기술은 화학적 부식요소가 없어 다양한 물질로 구성된 체액에서 장기간 삽입시 안정성을 가진다. 따라서 안정적인 뇌 신경신호를 검출하고 신경조직 자극도 지속적으로 가능하다. 최근 손상된 뇌신경에 전극을 심어 전기 자극을 계속 줘 식물인간인 환자가 깨어나 전 세계를 놀라게 했다. 하지만 환자가 정상이 되려면 대뇌 피질에 삽입한 전극이 내구성이 있어 지속적인 전기신호를 보낼 수 있어야 한다.
- ▶ 실리콘(Si)을 기판으로 하는 전극은 기계적 강도가 강한 대신 생물학적으로 거부반응이 심한 문제점이 있다. 반면에 유연한 고분자를 기판으로 하는 전극은 고분자 기판과 금속 전극 간 접합에 어려움이 있었다. 통상 크롬(Cr)과 티타늄(Ti)과 같은 접착층이 사용되는데, 이들 접착층은 생체에서 부식되는 문제가 있어 왔다.
- ▶ ETRI 연구진은 이러한 문제를 해결하기 위하여 흡습성이 거의 없는 불소(F)계 고분자 필름을 플라즈마 처리하여 금(Au)전극과 접착률을 향상시켰다.



접착력 향상과 생체내 부식 문제를 해결하여 장기간 생체삽입이 가능한 ETRI에서 개발한 신경자극

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

1. “뇌 속에 넣을 수 있는 안전한 ‘신경자극’ 나왔다” (계속)

- 또한, 플라즈마 처리된 불소계 고분자 필름을 녹는점 이하에서 열압착하여 불소계 고분자 간 화학적 결합을 통해 접착력도 키웠다.
- 연구진은 이를 통해 불소계 고분자 필름으로 보호된 전극의 직경이 $100\mu\text{m}$ (마이크로 미터)인 16채널 금 신경전극을 제작하였다. 아울러 ETRI는 개발한 유연 신경전극을 섭씨 70°C의 진한 질산에 1시간 이상 담가도 부식되지 않는 화학적 안정성을 확인했다. 연구진은 원광대학교 기초의학팀과 협력하여 실험용 쥐 머리에 삽입한 후 약물로 간질을 유도하게 한 뒤 발작 신호를 감지해 신경전극으로서 성능도 확인할 수 있었다.
- ETRI 정상돈 시냅스소자창의연구실장은 “향후 전임상(前臨床) 시험을 통해 장기간 생체적합성 확인 후 임상에 적용할 계획이다. 관련 기술의 보급은 국내외 뇌 기능의 이해 증진 등 실용화에 기여할 것이다.”고 말했다. 원광대학교 의과대학 김민선 교수도 “본 전극은 생체에 삽입하여 근육 및 신경세포의 지속적 전기자극을 통한 뇌 및 심장 기능의 조절에 활용될 수 있다. 또한 장시간 경두개 및 경막에 부착하여 뇌 활동성을 측정 및 조절을 할 수 있는 전극으로 다양한 뇌질환의 진단 및 치료에 활용할 수 있는 기초소자로 사용 가능하다.”
- ETRI는 본 전극이 생체 삽입용 혈당 센서, 착용형 유연 센서, 사지절단 장애인을 위한 신경보철 보급, 뇌질환자의 기능 회복을 통한 고령화 대응, 웨어러블 센서 및 극한환경에서 내구성이 요구되는 화학 센서 등에 널리 적용될 것으로 보고 있다. 특히, 연구진은 화학적 내구성이 뛰어나 생체 내 지속적으로 전극을 삽입하고 살아야 하는 팔, 다리 절단 환자, 인공망막 사용 환자들에게 향후 효과적일 것이라고 설명했다.
- ETRI는 본 기술을 바탕으로 장기간 생체안정성 및 내구성 검증과 더불어 수백 채널 급의 대뇌피질 삽입형 유연 제작 기술 등 공정개발을 중점 연구개발 할 계획이다. 또한 전임상 및 임상 협력 시험을 통해 의학적인 효용성도 검증할 예정이라고 밝혔다. 아울러, 연구진은 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술개발을 위해 이번 성과가 감도 좋은 전극을 개발함에 따라 향후 전극으로 동물에 전기 자극 실험을 한 뒤, 뇌신호 추출을 통해 신경망 시스템과 양방향 통신을 하는 것이 최종 목표라고 설명했다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

2. “수술 중 네비게이션으로 뇌 변화 확인해 정밀하게 절제” 출처: 조선일보

- 두개골 내에 생긴 모든 종양을 통칭하는 '뇌종양'은 흔한 질환은 아니지만 치료가 까다롭다. 뇌는 우리 몸의 모든 신경과 운동을 관장하는 부위로, 조금만 손상돼도 큰 후유증이 생길 수 있기 때문이다.
- 특히 뇌의 바닥 부위에 종양이 생긴 '뇌기저부 종양'과 악성도가 높아 치료 효과가 낮거나 재발이 잘되는 '악성 뇌종양'은 뇌종양 중에서도 '난치성 뇌종양'에 속한다. 중앙암등록본부에 따르면 2014년도에 1569명의 뇌종양 환자가 새롭게 발생했으며, 일반적으로 전체 뇌종양의 약 10%를 난치성 뇌종양으로 추정하고 있다.
- 경희대병원 신경외과 박봉진 교수는 "난치성 뇌종양은 뇌 손상에 의한 합병증 발생 위험이 크고, 재발이 잘되는 탓에 사망률도 높은 편"이라며 "환자의 뇌를 최대한 살리면서, 종양을 확실하게 제거해야 환자의 삶의 질과 생존율을 높일 수 있다"고 말했다.
- 뇌종양은 일반적으로 뇌를 둘러싼 두개골의 일부를 잘라낸 뒤 종양을 수술적으로 제거하는 치료를 한다. 그중에서도 뇌의 바닥 부위에 종양이 생긴 뇌기저부 종양은 뇌를 들어올린 상태로 수술을 진행해야하기 때문에 수술이 까다롭다.
- 뇌기저부에는 각종 신경과 혈관이 모여있어 견인 과정에서 자칫하면 뇌신경이나 혈관이 손상돼 심각한 후유증이 생길 수 있다. 박봉진 교수는 "뇌 견인을 최소화하기 위해서는 뇌기저부에 있는 두개골을 정교하게 잘라내야하기 때문에 수술 시간이 길고 고난도의 술기를 필요로 한다"고 말했다.
- 악성 뇌종양 역시 치료가 쉽지 않다. 악성 뇌종양은 암세포가 재발이 잘되는 특성을 가지고 있어 수술 후 항암 치료 등을 받아도 생존 기간이 14개월 정도다. 박봉진 교수는 "환자의 생존 기간을 늘리기 위해서는 처음 수술을 할 때 가능한 많은 암세포를 찾아내 정확하게 제거하는 것이 중요하다"고 말했다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

2. “수술 중 네비게이션으로 뇌 변화 확인해 정밀하게 절제” (계속)

- 경희대병원 난치성 뇌종양 클리닉은 난치성 뇌종양 치료 효과를 높이고, 수술 후 유증을 최소화하기 위해 2008년 국내 최초로 난치성 뇌종양 수술에 기능성 신경 네비게이션 기기를 도입했다.
- 기능성 신경 네비게이션이란 수술 전 촬영한 기능성 MRI 등 영상 검사 결과를 이용해 수술 진행 과정에서 실시간으로 수술 부위를 확인할 수 있도록 하는 기기다. 박봉진 교수는 "기능성 네비게이션을 통해 병변 부위와 그 주변의 신경이 있는 위치를 확인할 수 있어 수술 시 발생할 수 있는 뇌손상을 최소화하도록 했다"고 말했다.
- 다만, 기존의 기능성 네비게이션은 두개골을 잘라냈을 때 뇌의 움직임이라든가, 수술 중 뇌가 붓는 등의 변화를 예측하는 데는 한계가 있었다. 경희대병원 난치성 뇌종양 클리닉에서는 2013년부터 수술 중 CT 촬영을 통해 환자의 뇌 변화를 실시간으로 확인하면서 수술을 하고 있다.
- 또한 올해부터는 난치성 뇌종양 환자의 숨은 종양을 찾아내기 위해 환자들에게 수술 3시간 전에 형광 발광 약물인 '글리오란'을 복용하도록 하고 있다. 글리오란이 체내로 들어오면 악성 종양에 흡수돼 붉은 빛을 띄기 때문에 수술 중 놓칠 수 있는 작은 종양까지 찾아내 제거할 수 있다. 박봉진 교수는 "양성 뇌종양의 경우 수술만 정확하게 하면 후유증 없이 일상적인 생활이 가능하고, 악성도가 높아도 종양의 완전 절제가 가능하면 생존 기간을 늘릴 수 있다"고 말했다.
- 경희대병원 난치성 뇌종양 클리닉에서는 뼈를 잘라내고 다시 붙이는 과정에서 전문성을 높이기 위해 신경외과와 이비인후과, 안과, 성형외과, 종양혈액내과 등 8개 진료과가 협진해 치료하고 있다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

3. “미세 생명현상 보여주는 ‘나노램프’” 출처: 동아사이언스

- ▶ 최근 생체 내 병든 세포만 눈에 잘 띄게 만들어 주는 ‘나노입자 조영(造影)제’를 이용해 세포 내에서 나타나는 분자 수준의 생화학적 변화를 추적하려는 연구가 활발하다.
- ▶ 조영제는 자기공명영상(MRI)이나 컴퓨터단층촬영(CT), 광학영상 등 의료영상을 찍을 때 화면상에서 조직이나 세포가 밝고 선명하게 보이도록 해 주는 물질이다. 나노입자 조영제는 보통 1~200nm(나노미터·1nm는 10억 분의 1m) 수준인 나노입자 내부에 조영제가 담겨 있는 구조다. 표면에는 암세포, 줄기세포, 대식세포 등 표적 세포나 이와 연관된 효소, 이온, 산성도(pH) 등에 특이적으로 반응하는 부위가 있어 표적 세포를 인식하고 추적할 수 있다.
- ▶ 나노입자 조영제를 활용하면 암세포 같은 표적 세포만 주변보다 10배가량 밝고 선명하게 볼 수 있다. 불을 켜듯 표적 세포를 밝혀 준다는 데서 ‘나노램프’로도 불린다.
- ▶ 침습적 조직 검사 없이도 몸속 깊숙한 곳에 있는 소량의 암세포까지 쉽게 찾을 수 있어 신속하고 정확한 조기 진단이 가능하다. 또 입자 크기가 작은 만큼 세포에 잘 흡수되고 부피 대비 표면적이 넓은 데다 체내 체류 시간이 길어 적은 양으로도 높은 효과를 나타낸다.
- ▶ 광학영상 나노램프를 개발한 권익찬 한국과학기술연구원(KIST) 책임연구원은 “일반적인 조영제를 이용해 치료 경과를 확인하려면 최소 4주간의 시간이 필요하다”고 말하며



산화철 나노입자 조영제(나노램프)를 이용해 원숭이의 혈관을 자기 공명영상(MRI)으로 촬영한 모습. 미세한 뇌 혈류까지 선명하게 볼 수 있어 뇌중풍 등 뇌질환 진단에 활용할 수 있다. - 기초과학연구원 제공

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

3. “미세 생명현상 보여주는 ‘나노램프’” (계속)

- “나노램프를 활용하면 5분 안에도 암조직의 변화를 실시간으로 포착할 수 있다”며 “암세포의 활동을 추적 연구할 수 있어 여러 치료제 개발의 효율과 속도를 크게 높일 수 있다”고 말했다.
- 나노램프 연구가 본격적으로 시작된 것은 2000년대 초부터다. 리포솜(지질소포체) 등 인체 유래 나노입자를 활용한 약물 전달체는 미국 셀진의 ‘아브락세인’(궤장암 치료제) 등 이미 상용화된 것들이 꽤 있지만, 이보다 더 늦게 개발된 나노램프의 경우 세계적으로도 아직 제품화된 것은 거의 없는 상황이다. 2003년 미국 매사추세츠공대(MIT)는 ‘테크놀로지 리뷰’에서 나노램프를 ‘분자영상’이라는 이름으로 세상을 바꿀 10대 기술로 꼽기도 했다. 당시 랄프 바이슬레더 미국 하버드대 의대 종신교수 등이 약물 전달용 나노입자에 조영제를 접목하면서 관련 연구가 늘었다.
- 국내에서는 현택환 기초과학연구원(IBS) 나노입자연구단장(서울대 특훈교수), 권 연구원 등을 중심으로 2006년부터 연구 성과가 나오기 시작해 현재는 세계 정상 수준이라는 평가를 받고 있다. 지난달 15일 클래리베이트 애널리틱스(전 톰슨로이터 지식재산과학사업부)는 세계에서 가장 많이 인용된 논문을 기준으로 상위 1% 연구자 3300여 명을 발표했는데, 여기에 든 국내 연구자 27명 중 무려 8명(30%)이 나노램프 같은 기능성 나노입자를 연구하는 과학자들이었다.
- 최근에는 하나의 나노입자가 여러 기능을 수행하는 ‘다기능성 나노입자’가 대세가 됐다. 나노램프 하나가 2가지 이상의 의료영상 조영제로 작용하거나 나노램프가 약물 전달체 역할까지 하는 식이다. 후자의 경우 진단(diagnosis)과 치료(therapy)를 한 번에 할 수 있다는 데서 ‘테라그노시스(theragnosis)’라고도 한다. 입자에 서로 다른 역할을 하는 물질 여러 가지를 담거나 결합시켜 만든다. 김광명 KIST 테라그노시스연구단장은 “조기 진단부터 치료, 경과 확인까지 한 번에 할 수 있기 때문에 암 치료뿐만 아니라 면역 치료, 줄기세포 치료 등에서도 중요한 역할을 할 것으로 기대한다”며 “의약품의 투여량을 줄이고 비용과 시간을 아낄 수 있는 장점도 있다”고 설명했다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

3. “미세 생명현상 보여주는 ‘나노램프’” (계속)

- ▶ 나노입자 자체가 조영제 역할을 하는 나노램프를 활용할 수도 있다. MRI 나노램프, CT 나노램프로 각각 개발된 산화철 나노입자, 금 나노입자가 대표적이다. 표적 세포에서만 자기장 변화를 일으켜 영상신호 세기를 높여 주는 원리다. 현 단장은 “나노입자의 구조 자체가 조영제 역할을 하도록 만들면 그 안에 치료제를 넣어 입자 하나로 진단과 치료를 동시에 할 수 있다”고 설명했다.
- ▶ 현 단장 연구팀은 이미 2008년에 치료제를 담을 수 있는 캡슐형 산화철 나노입자를 개발했다. 올해 7월에는 중국 산후이병원과 공동으로 기존 기술로는 영상화가 어려웠던 뇌 혈류까지 선명하게 볼 수 있도록 산화철 나노입자의 조영 성능을 개선하고, 임상시험 직전 단계인 원숭이 실험을 통해 입증했다. 현 단장은 “뇌종양(뇌졸중) 등 뇌질환의 조기 진단에 활용 가치가 높다”고 말했다. 김 단장도 “상용화에 가장 가까이 간 기술”이라며 “아직까지 임상시험을 통과한 다기능성 나노입자는 없다”고 말했다.
- ▶ 천진우 IBS 나노의학연구단장(연세대 특훈교수) 연구팀도 올해 2월 자성을 띤 두 물질 사이의 거리에 따라 MRI 신호의 세기가 달라지는 ‘자기공명튜닝(MRET)’ 현상을 이용해 입자 자체가 조영제 역할을 하는 나노램프를 개발했다.
- ▶ 방사성 나노입자를 활용한 양전자방출단층촬영(PET) 조영제, 광학영상 조영제로 쓰이는 퀀텀닷 나노입자, 초음파 영상에서 표적 세포가 잘 보이도록 주변에 기포를 생성하는 나노버블 등도 동물실험 단계에 있다. MRI의 나노 조영제로 활용되는 소재도 망간 나노입자 등 다른 소재로 점차 확대되는 추세다.
- ▶ 김 단장은 “새로운 약물이 임상시험을 통과하는 데 보통 10년 이상이 걸린다는 점을 감안하면 2020년대에는 나노램프도 시장에 나올 것으로 보고 있다”며 “최근 국내 바이오기업들이 급성장하고 있어 향후에는 국내에서도 상용화가 활발해질 것으로 기대한다”고 말했다. 다만 권 연구원은 “앞으로는 장기간 지속 투여했을 경우에도 독성이 없는지 밝히는 것이 주된 과제가 될 것”이라고 말했다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

4. “레고 로봇에 벌레의 뇌 업로드 성공” 출처: 로봇뉴스

- 과학자들이 레고 로봇을 벌레의 뇌로 제어하는데 성공한 것으로 알려졌다. 사이언스알럿에 따르면 국제 연구팀이 회충의 종류인 예쁜꼬마선충(Caenorhabditis elegans)의 뇌 신경회로를 레고 로봇에 업로드해 로봇을 제어하는데 성공했다. 예쁜꼬마선충은 그동안 광범위하게 연구된 작은 선충의 종류로 모든 유전자와 신경계가 여러 차례 분석된 바 있다.
- 뇌는 전기 신호의 집합에 다름 아니다. 우리가 만약 그 신호들을 목록화하는 법을 배울 수 있다면 이론적으로는 누군가의 뇌를 컴퓨터에 업로드해서 디지털 의식으로 영원히 살게 할 수도 있다. 공상과학처럼 들리지만 사실이다. 기술적으로나 윤리적으로나 절대 쉬운 문제는 아니지만 말이다.
- 마리스 페센든(Marissa Fessenden)이 스미소니언에 리포트한 바에 따르면 2014년 오픈웜(OpenWorm) 프로젝트라고 불리는 그룹이 선충의 302개 뉴런 간 모든 연결을 매핑하고 이를 소프트웨어로 시뮬레이션하는 작업을 진행했다. 이 프로젝트의 궁극적인 목표는 예쁜꼬마선충을 가상 유기체로 완전히 복제하는 것이었다. 그리고 놀라운 출발지점으로 레고 로봇을 선택했다. 뇌를 시뮬레이션한 다음 간단한 레고 로봇에 업로드한 것이다. (출처: <https://www.youtube.com/watch?v=YWQnzylhgHc>)



예쁜꼬마선충 뇌 신경회로를 레고 로봇에 업로드해 로봇을 제어하는데 성공했다.

02. 과학 기술 정책 및 산업 동향

4. “레고 로봇에 벌레의 뇌 업로드 성공” (계속)

- 이 레고 로봇은 선충이 갖고 있는 것과 비슷하게 제한된 신체부위가 있다. 코 역할을 하는 수중음파 탐지기와 신체의 각면에 있는 벌레의 운동 뉴런을 대체하는 모터가 그것이다. 놀랍게도 어떤 지시도 프로그래밍되지 않은 상태에서 선충의 가상 뇌가 레고 로봇을 제어하고 움직이는 일이 벌어졌다.
- 루시 블랙은 I프로그래머에서 이렇게 썼다. "로봇은 관찰된 선충과 비슷한 방식으로 행동했다고 주장한다. 코의 자극은 전방 움직임을 멈췄다. 전방 및 후방 터치 센서를 만지면 로봇이 앞뒤로 움직였으며 음식 센서를 자극하면 로봇이 전진했다." 레고웜 로봇 비디오는 오픈웜 설립자인 티모시 버스바이스(Timothy Busbice)가 발표했으며 이동, 정지, 역방향의 동작을 보여준다.
- 물론 뇌 시뮬레이션은 여전히 정확하지 않다. 우선 연구자들은 인공 신경세포를 발사하는 과정을 단순화시켜야 했다. 하지만 이 로봇이 움직일 수 있다는 사실은 무언가에 부딪치기 전에 멈출 수 있다는 것으로 이는 벌레의 뇌를 모방한 연결망 이상의 것을 역공학할 수 있음을 의미한다. 오픈웜 프로젝트는 웹 브라우저를 통해 시뮬레이션과 시각화를 할 수 있도록 확장되고 있다. 유감스럽게도 iOS 앱은 최근에 사라졌다.
- 과학자들은 이제 인간의 뇌에 있는 모든 연결을 매핑하는 방법을 연구하고 있다. 우리가 뇌를 컴퓨터에 업로드하지 않더라도 인간의 뇌를 시뮬레이션할 수 있다면 인공지능과 컴퓨터에 혁명을 일으킬 수 있다. 언젠가 우리가 마음을 사로잡는 육체의 취약함에서 탈출할 수 있다면 그 기회는 대단할 것이다.



감사합니다