



국제엠바고를 준수하여 주시기 바랍니다
2021. 8. 7.(토) 0:00(한국시간)부터 보도해 주시기 바랍니다.

문의 : 담당자 연락처(02-880-9024)
 연구단장/연구책임자 강봉균 교수(02-880-7525) / 교신저자
 연구단/연구진 최동일, 김주영, 이훈원, 김지일 연구원(02-880-9024) / 공동 제1저자

공포 기억 소거 메커니즘 규명

- 기억저장 시냅스의 역할 증명 -

□ 내용 1

- 강봉균 교수(서울대학교) 연구팀은 기억을 저장하는 시냅스를 표지할 수 있는 Dual-eGRASP라는 기술을 이용하여, 기억의 소거로 인한 신경세포의 물리적인 변화를 밝혀내었다.

□ 내용 2

- 이 연구는 최고 수준의 국제학술지 뉴런(Neuron)에 8월 6일자로 발표되었다.
- 논문명 : Synaptic correlates of associative fear memory in the lateral amygdala
- 주저자 : 강봉균 교수 (교신저자, 서울대), 최동일 박사 (공동 제1저자, 서울대), 김지일 박사 (공동 제1저자, 서울대), 김주영 (공동 제1저자, 서울대), 이훈원 (공동 제1저자, 서울대)

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명

연구결과

Synaptic correlates of associative fear memory in the lateral amygdala

Dong Il Choi, Jooyoung Kim, Hoonwon Lee, Ji-il Kim, Yongmin Sung,
Ja Eun Choi, S.J. Venkat, Pojeong Park, Hyunsu Jung and Bong-Kiun Kaang
(Neuron, *in press*)

청각 공포연합 학습에는 청각 피질과 편도체가 중요한 역할을 한다. 기억이 형성될 때 활성화된 신경세포는 기억저장세포(Engram cell)가 되어 기억의 회상에 중요한 역할을 한다. 신경 세포사이의 연결 부위는 ‘시냅스’로서 우리 뇌의 기능적 단위이다. 수없이 많은 뉴런 사이의 시냅스 중, 공포기억을 저장한 기억저장 시냅스(Synaptic engram)를 Dual-eGRASP 기술을 이용하여 선택적으로 표지할 수 있다.

본 연구진은 공포기억의 형성과, 소멸 그리고 재학습 과정에서 기억저장 시냅스가 어떠한 구조적 변화를 보이는지를 추적하였다. 1) 공포학습으로 기억저장 시냅스의 크기가 증가하였다. 2) 공포기억 소거로 기억저장 시냅스의 크기가 감소하였다. 3) 동일한 학습으로 작아졌던 기억 저장 시냅스의 크기가 다시 회복되었다.

이 결과를 통해, 기억저장 시냅스가 기억의 상태를 반영한다는 것과 기억의 물리적 실체임을 증명하였다.

용 어 설 명

1. 뉴런 (Neuron)誌

- 뉴런(Neuron)은 신경과학 분야 최상위 학술지 중 하나로서 학술지표 평가기관인 Thomson JCR 기준 영향지수 (impact factor 17.173)를 가지고 있다.

2. 편도체 (Amygdala)

- 대뇌변연계에 존재하는 아몬드 모양의 뇌 영역으로, 감정을 조절하고, 공포 및 불안에 대한 학습 및 기억에 중요한 역할을한다

3. 기억저장세포 (Engram)

- 기억을 저장한다고 알려진 신경세포로, 엔그램 세포라고도 한다.

4. 시냅스 (Synapse)

- 두 신경세포 사이의 신호를 전달하는 연결지점이다. 뇌는 신경세포들 사이의 연결, 즉 네트워크로 구성되어 있기 때문에 신경세포 자체보다는 그들 사이의 연결인 시냅스 수준에서 연구하는 것이 중요하다.

5. Dual-eGRASP

- 본 연구팀이 개발한 dual-eGRASP는 서로 다른 신경 세포로부터 온 연결 시냅스를 청록색과 노란색으로 구분하여 표지할 수 있는 기술이다. 이 기술을 이용하여 기억저장 세포와 기억저장에 관여하지 않는 세포 사이의 연결을 4가지 조합으로 구분할 수 있다. 기억저장 세포 사이의 연결 시냅스를 기억저장 시냅스(Synaptic engram)으로 정의하여, 기억의 상태에 따른 기억저장 시냅스의 구조적 변화를 추적 할 수 있다.

6. 청각 공포기억 학습 (Auditory fear conditioning)

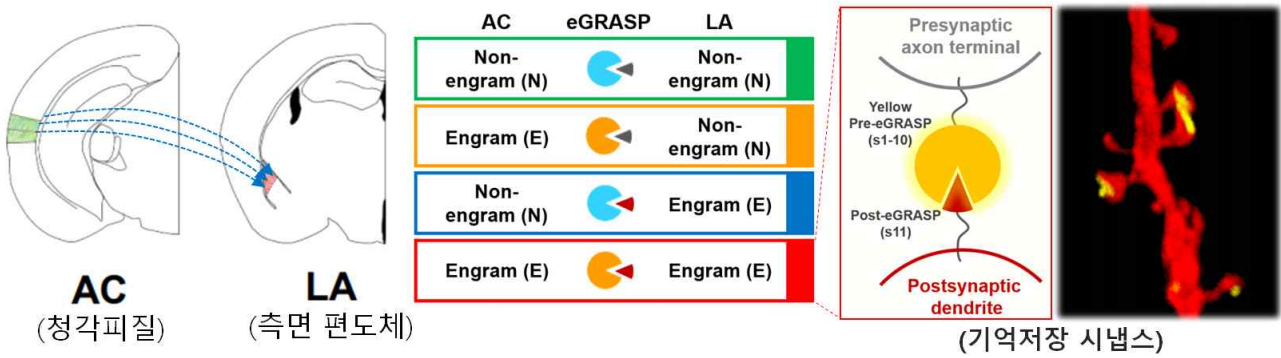
- 대표적인 연합 학습기법으로, 특정 소리를 일정 시간동안 들려준 후 소리 종료 마지막 수초 간 약한 전기충격을 함께 가해준다. 이를 통해 특정 소리에 대한 공포기억이 형성되어, 전기충격 없이 학습에 사용된 소리만 들려주어도 공포로 인하여 쥐의 행동이 얼어붙는 (Freezing) 반응이 나타난다.

7. 공포기억 소거 (Fear extinction)

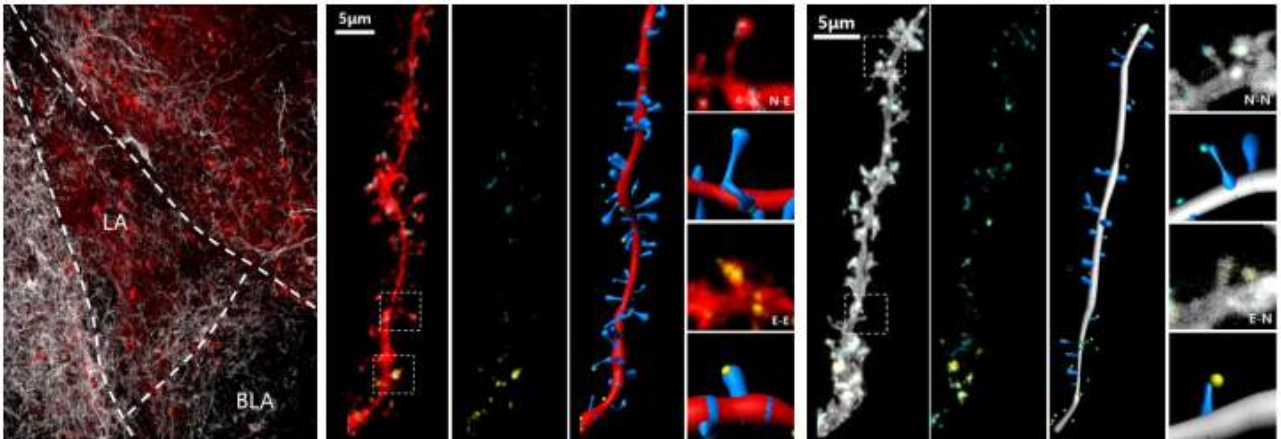
- 청각 공포기억이 형성된 쥐에서, 전기충격 없이 학습에 사용한 소리를 반복적으로 들려주게 되면, 공포기억 소거로 더 이상 소리로 인한 공포반응이 나타나지 않는다.

그림 설명

청각피질과 편도체 사이의 기억저장 시냅스 표지

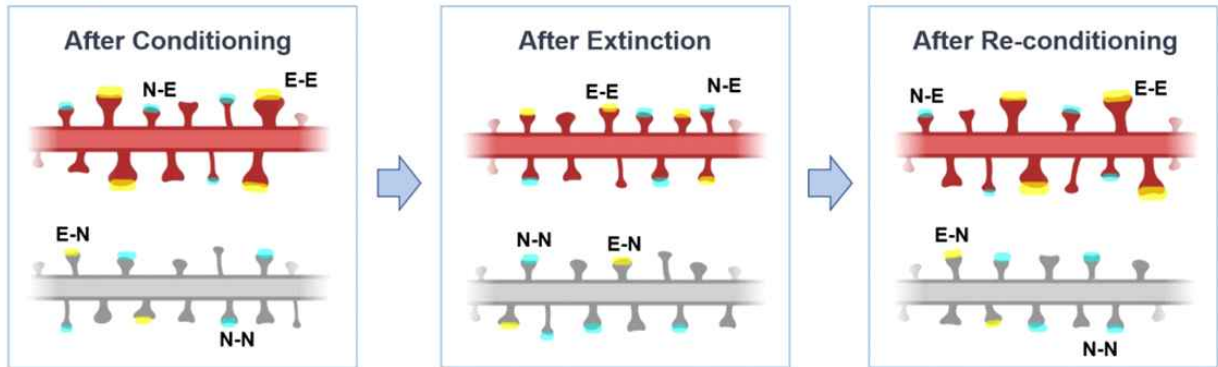
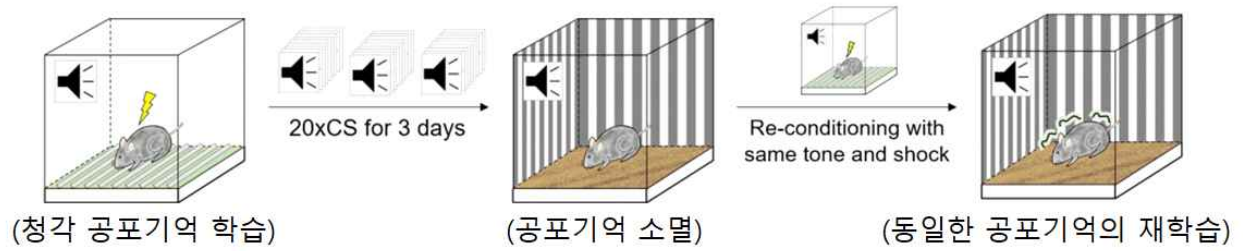


Dual-eGRASP 기술을 이용하여, 청각피질(AC)와 측면 편도체(LA)의 기억저장세포 (Engram)와 비기억저장세포 (Non-engram) 사이 연결 시냅스를 4가지 조합으로 표지할 수 있다. 그중 기억저장 세포 사이의 연결 시냅스를 ‘기억저장 시냅스 (Synaptic engram)’ 라고 정의하였다.



4종류의 시냅스의 수상돌기 가지 (Dendrite spine) 크기를 분석하여, 공포기억의 학습, 소멸 그리고 재학습에 의한 구조적 변화를 관찰 하였다.

공포기억의 상태에 따른 기억저장 시냅스 구조 변화 관찰



공포학습에 의해서 기억저장 시냅스 (Synaptic engram, E-E)의 크기가 증가하였으며, 공포기억의 소멸로 크기가 감소하였다. 그리고 동일한 공포기억을 다시 학습시키면, 작아졌던 기억저장 시냅스의 크기가 회복되었다. 이는 기억저장 시냅스가 기억의 상태를 반영 하는 것을 밝혀낸 것이다.