



한국뇌연구원, 인간 감각과 운동정보를 처리하는 신경세포간의 연결을 해부학적으로 규명

- 뇌질환의 근본적 이해를 통한 치료방법을 개발하기 위한 원리 발견
- 뇌신경과학분야 국제 저명학술지 「Cerebral Cortex」에 게재

□ 한국뇌연구원(원장 서판길)은 대뇌피질융합연구사업단 라종철 단장과 김나리 연구원 등이 고위 뇌기능(기억, 정보의 통합, 감정, 의사결정 등)을 담당하는 대뇌피질로 유입되는 신경신호가 서로 협조를 통해 효과적으로 정보를 전달하고 있다는 해부학적 증거를 발견했다고 24(화)일 밝혔다.

○ 이번 연구결과는 신경과학 분야의 국제 저명 학술지 「**Cerebral Cortex**」 8월 5일(목)자로 온라인 게재되었으며, 논문명과 저자는 다음과 같다.

* (논문명) **Synapses from the Motor Cortex and a High-Order Thalamic Nucleus are Spatially Clustered in Proximity to Each Other in the Distal Tuft Dendrites of Mouse Somatosensory Cortex**

* (저자) 김나리(제1저자), 반상규, 최준호, 김진섭(교신저자), 라종철(교신저자)*

□ 실험동물(쥐)를 이용해 쥐의 수염이 움직이는 정보에 반응하는 뇌 부위(시상) 중 운동을 담당하는 신경세포의 핵(posteriomedial nucleus, POm)과 물체와의 접촉과 운동정보를

코딩하는 운동피질(vibrissal primary motor cortex, vM1)이 체성감각을 담당하는 뇌부위로의 시냅스 연결을 분석한 연구결과이다.

- 라종철 단장과 김나리 연구원은 그동안 쥐의 수염이 움직이는 신경세포 간 연결(시냅스)의 군집이 능동적 신호전달의 “기능적 단위(functional unit)” 역할을 수행함을 통합적으로 연구해 왔다.
- 배열단층촬영기법을 사용하여 이러한 기능적 유닛이 운동정보와 체성감각정보가 각자 고유의 군집을 형성하고 있으며 두 군집이 서로 가깝게 존재하여 시냅스간의 협조를 일으키며 효과적인 정보 전달을 만들 수 있음을 해부학적으로 발견해 낸 것이다.

□ 우리 뇌의 운동과 감각정보처리과정을 인공지능(AI) 알고리즘 개발에 이미 적용하여 인공지능신경망 구축에 활용해 왔으나, 우리 뇌의 이중 세포간의 서로 다른 정보처리과정은 명확하게 규명되어 있지 않았다.

- 이번 연구로 뇌의 기능적 단위의 정체를 규명, 서로 다른 정보의 공유와 활용, 뇌 세포의 물리적 거리를 극복한 정보의 전달 과정을 발견한 것으로, 이러한 정보처리과정의 원리를 인공지능 개발에서도 응용할 수 있을 것으로 기대된다.
- 또한, 뇌의 복잡한 신경회로의 연결 특이성(임의의 연결이 아닌 특성을 가진 시냅스간의 특이적 연결)을 파악하고, 신경세포의 고유 기능에 대한 연구로 중요한 정보를 제공할 수 있으며, 이를 토대로 뇌지도 작성 및 해독 연구에도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 전망된다.

□ 이번 연구의 책임자인 라종철 단장은 "이종의 신경세포간의 연결

과 분포 정도, 그리고 서로 다른 정보를 가진 두 개의 시냅스가 대뇌피질에서 어떻게 작용하여 물체를 인지하고 운동하는지에 대한 근본 원리를 이해하는 데 도움이 될 수 있는 발견이다.”라며 “이번 연구결과는 분자변이로 설명할 수 없는, 연결체 변이로 인한 뇌질환을 극복하고, 인간 뇌를 모사한 인공지능 개발의 단초를 제공할 수 있을 것” 이라 말했다.

- 동 연구는 한국뇌연구원 기관고유사업(21-BR-01-01 and 21-BR-03-01), 디지스트 R&D 프로그램(21-IJRP-01) 그리고 뇌과학원천기술개발사업 (NRF-2017M3C7A1048086 and 2017M3A9G8084463) 지원을 통해 수행되었다.



<사진> 좌측부터 최준호 선임연구원, 김나리 연구원, 라종철 책임연구원(단장), 반상규 연구원이 기념촬영을 하고 있다

□ 논문명, 저자정보

| | |
|------|--|
| 논문명 | Synapses from the Motor Cortex and a High-Order Thalamic Nucleus are Spatially Clustered in Proximity to Each Other in the Distal Tuft Dendrites of Mouse Somatosensory Cortex |
| 저널명 | Cerebral Cortex |
| 저자정보 | 김나리(제1저자), 반상규, 최준호, 김진섭(교신저자), 라종철(교신저자)* |

□ 논문의 주요 내용

1. 연구 배경

- 일차 체성감각피질(S1BF)에 존재하는 제5층 피라미드 뉴런의 말단 가지돌기에서 쥐 수염의 움직임 정보에 반응하는 시상의 고위핵 중 하나인 posteromedial nucleus (POm)과 물체와의 접촉 정보를 담당하고 있는 동모 일차운동피질 vibrissal primary motor cortex (vM1)의 정보는 수염을 이용한 물체의 위치 확인을 위해 필수적인 정보들이다.
- 운동정보(POm)와 체성감각정보(vM1)를 담당하는 두 종류의 시냅스는 제5층 피라미드 뉴런의 말단 가지돌기에서 시냅스 연결을 이루고 있다. 제 5층 뉴런의 말단 가지돌기에서 세포체까지 물리적 거리가 있지만 두 정보의 시냅스는 원위부에 밀집되어 있다.
- 말단 가지돌기에서 수동적 가지돌기의 흥분 전달만으로는 효과적으로 세포체까지 두 정보를 전달하는 것이 힘들지만 가지돌기 스파이크(dendritic spike)와 같이 능동적인 흥분 전달은 성공적으로 세포체에 정보를 전달할 수 있을 것이라고 기대되고 있다. 이는 가지돌기가 "기능적 유닛 (functional unit)"으로 역할을 할 것이라는 가능성이 있으며 이와 같은 이론이 사실로 확립되어지기 위해서는 기능적 유닛이 되는 하나의 가지돌기에서 같은 정보 가진 시냅스들이 모여 있을 것이라는 사실을 검증해야 한다. 본 연구에서는 운동정보와 체성감각정보를 지닌 이중의 시냅스를 다루므로 두 시냅스가 서로 다른 가지돌기에서 밀집되어 있는지 직접적으로 검증하였다.
- 본 연구팀은 배열단층촬영기법을 사용하여 제 5층 뉴런의 말단 가지돌기 및 운동정보와 체성감각정보의 시냅스를 3차원으로 재구성하였고 3차원 상의 시냅스의 배열을 분석하여 두 정보의 입력이 어떻게 통합되는지 연구했다.

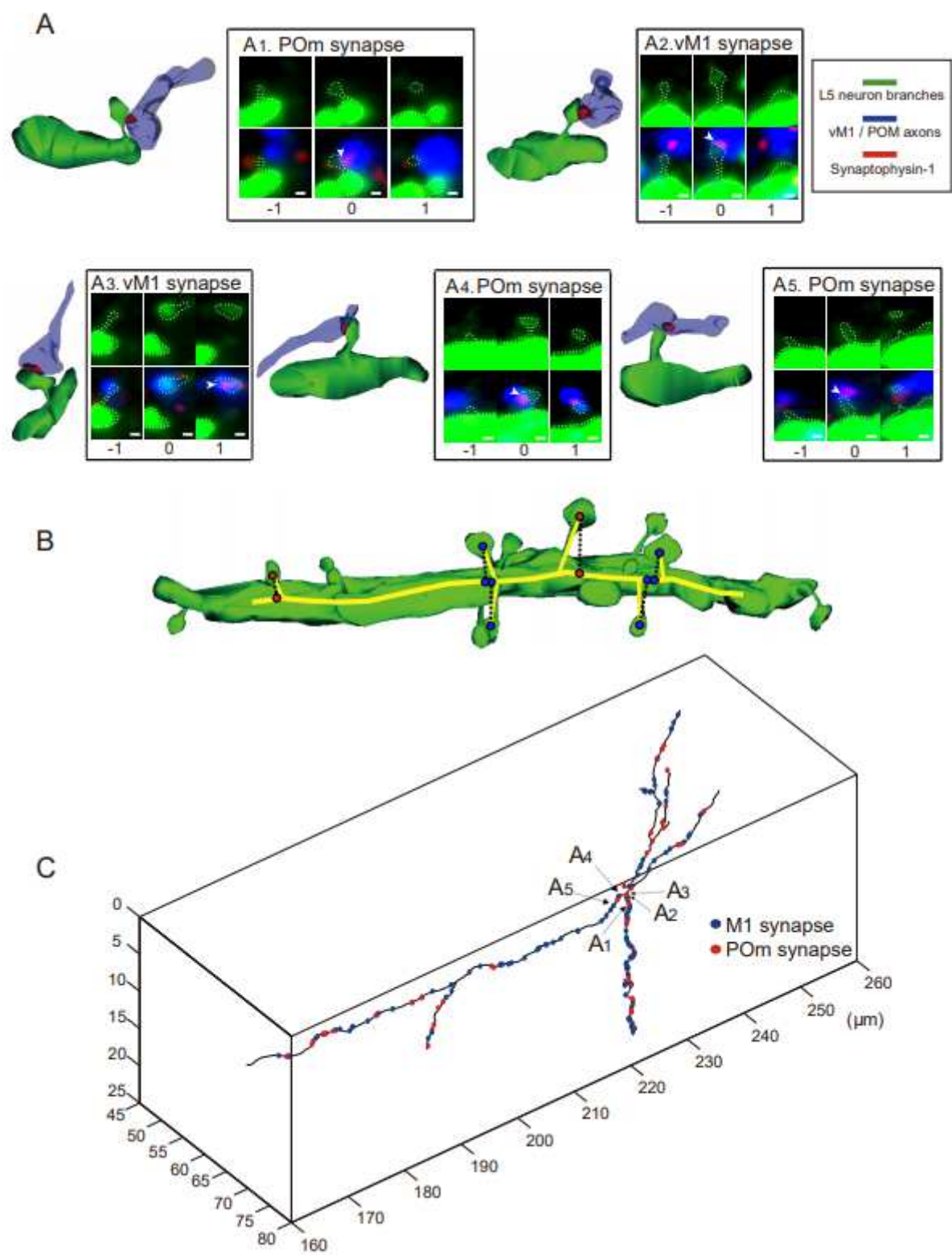
2. 연구 내용

- 라종철 박사 연구팀은 배열단층촬영기법을 사용하여 제5층 뉴런의 말단 가지돌기 및 운동정보와 체성감각정보의 시냅스를 3차원으로 재구성하고 3차원 상의 이중의 시냅스 분포가 임의분포에서 얼마나 벗어나 있는지를 확인하고 이를 정량화하였다.

- 분석된 말단 가지돌기 내의 이중의 시냅스들은 가지돌기 내에서 다른 정보를 전달하는 시냅스들이 서로 혼재 되어 있음을 밝혔다.
- 게다가 운동정보와 체성감각정보의 시냅스가 동일한 가지돌기 내에서 고유의 군집을 형성함과 동시에 두 정보의 시냅스 군집이 서로 인접하게 국소화 되어 있음을 밝혔다. 이러한 구조적 특징은 가지돌기가 아닌 시냅스 군집이 기능적 유닛으로 작용하여 고유의 정보를 가진 시냅스들 간의 협조로 인해 원위부에서 가지돌기 스파이크를 유발시키고 물리적으로 먼 거리에 존재하는 세포체까지 성공적으로 정보를 전달할 것이라고 강조했다.

3. 연구 성과 및 기대효과

- 본 연구를 통한 유사수준의 이중 정보의 융합과정은 새로운 인공지능 개발에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.
- 재구성된 신경회로는 뇌지도를 작성 및 해독하는 연구에 활용가치가 있으며 동시에 신경회로의 특이성을 파악하여 신경세포의 기능에 대한 연구에 중요한 정보를 제공할 것이다.



[배열단층촬영법으로 제 5층 피라미드의 말단가지에서 연결하고 있는 이종의 감각정보를 가진 시냅스를 명확히 식별]

(A) 3차원으로 재구성된 이미지 C 에서 대표적인 이종의 시냅스(A1-A5)들을 보여주는 사진

(B) 3차원 상에서 존재하는 각 시냅스들의 위치를 정의한 방법을 보여주는 사진

(C) 제5층 피라미드 뉴런의 말단가지에서 연결을 이루는 이종의 시냅스들을 3차원으로 보여주는 사진.

1. 인적사항

- 이 름 : 라 종 철
- 소 속 : 한국뇌연구원 대뇌피질융합연구단 및 감각운동연구그룹
- 전 화 : 053-980-8350
- E - mail : jcrah@kbri.re.kr
- Homepage : <https://cortex-lab.org>

2. 학력 및 경력사항

- 2014 ~ 현재 한국뇌연구원 책임연구원, 대뇌피질융합사업연구단장
- 2012 ~ 2014 자넬리아 연구소 연구원(Research Specialist)
- 2005 ~ 2012 NIH 연구원
- 2012 ~ 2014 막스플랑크 연구소 박사

3. 전문 연구분야

- 대뇌피질 신경회로의 작동원리 규명

1. 인적사항

- 이 름 : 김나리
- 소 속 : 한국뇌연구원 대뇌피질융합연구사업단
- 전 화 : 053-980-8352
- E - mail : nari@kbri.re.kr

2. 학력 및 경력사항

- 2013 ~ 현재 한국뇌연구원 연구원
- 2014 경북대학교 자연과학대학 생명공학 박사

3. 전문 연구분야

- 대뇌피질 신경회로망의 해부학적 분석