

통증과 감정의 뇌과학

우충완

조교수

계산인지정서신경과학 연구실 (Cocoan Lab)
 뇌과학이미징연구단, 기초과학연구원(IBS)
 글로벌바이오메디컬공학과, 성균관대학교



Web: <http://cocoanlab.github.io>

2020.09.02

계산인지정서신경과학 연구실: 뇌라는 렌즈를 통해 통증과 감정을 들여다 보다

Cocoan lab ABOUT ▾ NEWS ▾ PEOPLE ▾ PUBLICATION RESEARCH ▾ LAB STORIES ▾ RESOURCES JOBS

COCOAN lab

Computational Cognitive Affective Neuroscience Laboratory



Cocoan lab is a neuroimaging research lab led by Dr. Choong-Wan Woo.

We are joining the [IBS Center for Neuroscience Imaging Research \(CNIR\)](#) at [Sungkyunkwan University \(Wikipedia\)](#) located in Suwon, South Korea (starting March 2017).

The **keywords** of our research include:

fMRI; Machine learning; Neuroimaging biomarkers; Data science; Translational research; Predictive modeling; Brain decoding, Encoding-decoding model; Pain; Emotions; Psychiatric and neurologic disorders; Mind-body interaction; Behavioral medicine; Network science; Psychological and social pain modulation; Emotion regulation, and more.

The mission of our lab is to understand **pain** and **emotions** in the perspective of data science, cognitive/affective/social neuroscience, and psychology. We also aim to develop clinically useful neuroimaging models and tools that can be used and shared across different research groups and clinical settings.



<http://cocoanlab.github.io>

“내 속엔 내가 너무도 많아...”

- 극심한 통증을 지속적으로 경험하는 만성 통증 환자들을 만나서 이야기해 볼 기회가 있었음
- 한가지 두드러지는 특징은 통증으로 인해 외부의 환경이나 타인에게 신경을 쓸 수가 없음. **자기 함몰.**
- “고통이 몸과 마음을 모두 장악하면 눈앞에 다른 타자들은 보이지 않는다. 오직 고통만이 타자이다.”
- 엄기호, “고통은 나눌 수 있는가” p. 54
- 세계는 무너지고 자기만이 남는다
- 다른 감정들은 대체로 무언가에 대한 것 (feelings for) 이지만, 고통은 무언가에 대한 것이거나 무언가는 향한 것이 아님. 고통은 그 자체가 주체가 됨 from 일레인 스캐리, “고통받는 몸”
- “내 속엔 내가 너무도 많아” 통증 환자에게 내가 너무도 많은 것은 실제로 “내”가 많기 때문이 아니라 내가 아닌 것들이 다 무너지고 파괴되었기 때문임.
- 이러한 특징은 사실 우울, 불안 환자에게도 종종 나타남: self-focused attention

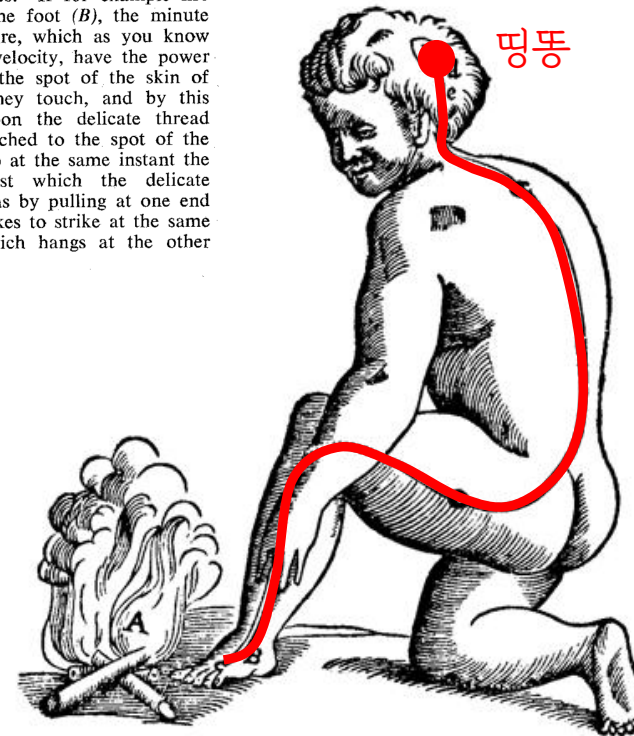
통증은 언어를 분쇄한다

- “고통은 나눌 수 있는가”와 “고통받는 몸” 두 책에서 공통적으로 지적하는 사항:
“고통은 말할 수 있는 언어가 없다.” “고통은 언어에 저항한다.”
- 고통은 철저하게 주관적인 경험. 말하는 순간, 언어는 즉시 미끄러지고 의미를 잃어버림. 진실한 고통을 표현하는 건 둘째치고 듣는 상대방이 그것을 있는 그대로 이해할 수 있는 가능성이 매우 낮음.
- 그래서 극심한 고통에 있는 사람들은 말이 아닌 소리를 지름. “아!” 탄식과 비명, 울부짖음 외에는 자신의 고통을 표현할 바가 없는 것임.
- “고통받는 몸”의 저자인 일레인 스캐리는 자신이 이 책을 집필한 목적이 언어가 없는 고통이라는 내적 경험에 언어 구조를 만들고, 이를 통해 고통을 “대상화”(objectification)할 수 있도록 돕기 위해서라고 함.
- 이 부분을 읽는 순간, 강한 공명이 있었고, 제가 통증의 뇌과학을 연구하는 목표와 일치한다고 느낌
- 뇌과학을 통해 “고통을 알아주는 것, 고통에 언어를 안겨주는 것, 고통을 대상화할 수 있는 방법을 만들어주는 것, 이것이 바로 고통을 이길 힘을 줄 것이다.” 통증의 뇌과학이 이 목표에 조금이라도 도움이 되길...

통증은 단순한 감각 정보 이상의 것 (1)

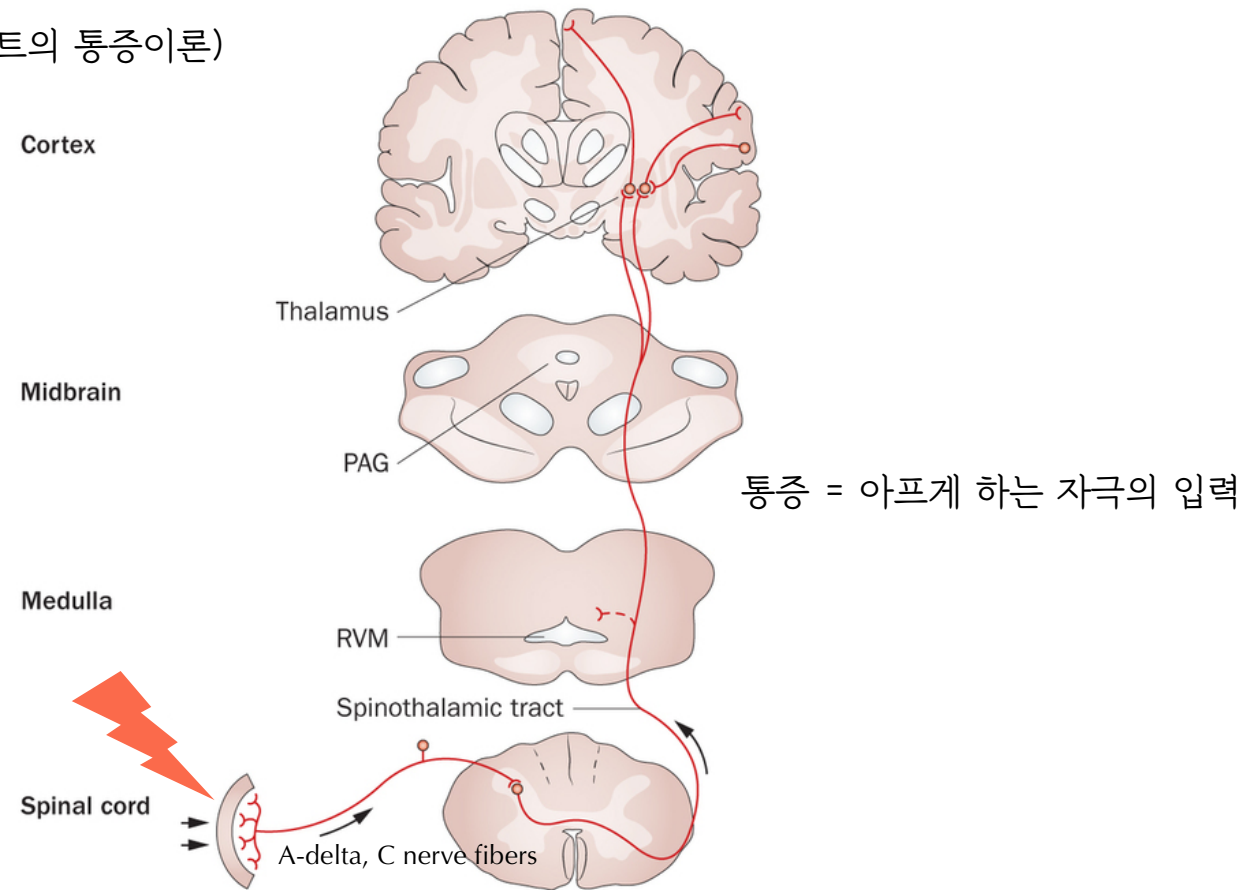
- 뇌의 통증 경로 v1.0 (데카르트의 통증이론)

Fig. 1. Descartes' (76) concept of the pain pathway. He writes: "If for example fire (A) comes near the foot (B), the minute particles of this fire, which as you know move with great velocity, have the power to set in motion the spot of the skin of the foot which they touch, and by this means pulling upon the delicate thread CC, which is attached to the spot of the skin, they open up at the same instant the pore, *d.e.*, against which the delicate thread ends, just as by pulling at one end of a rope one makes to strike at the same instant a bell which hangs at the other end."



통증은 단순한 감각 정보 이상의 것 (2)

- 뇌의 통증 경로 v1.0 (데카르트의 통증이론)



“뇌의 통증 경로 v1.0”에 따른 치료방법?

Surgical interventions for pain **컷! 잘라라!**

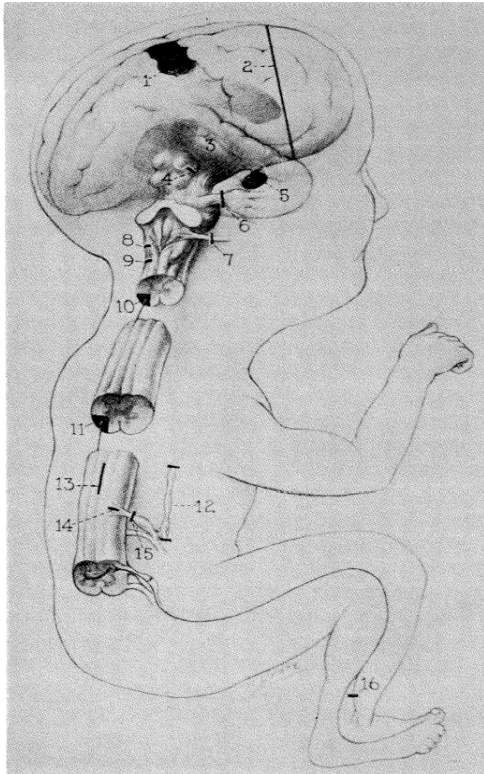


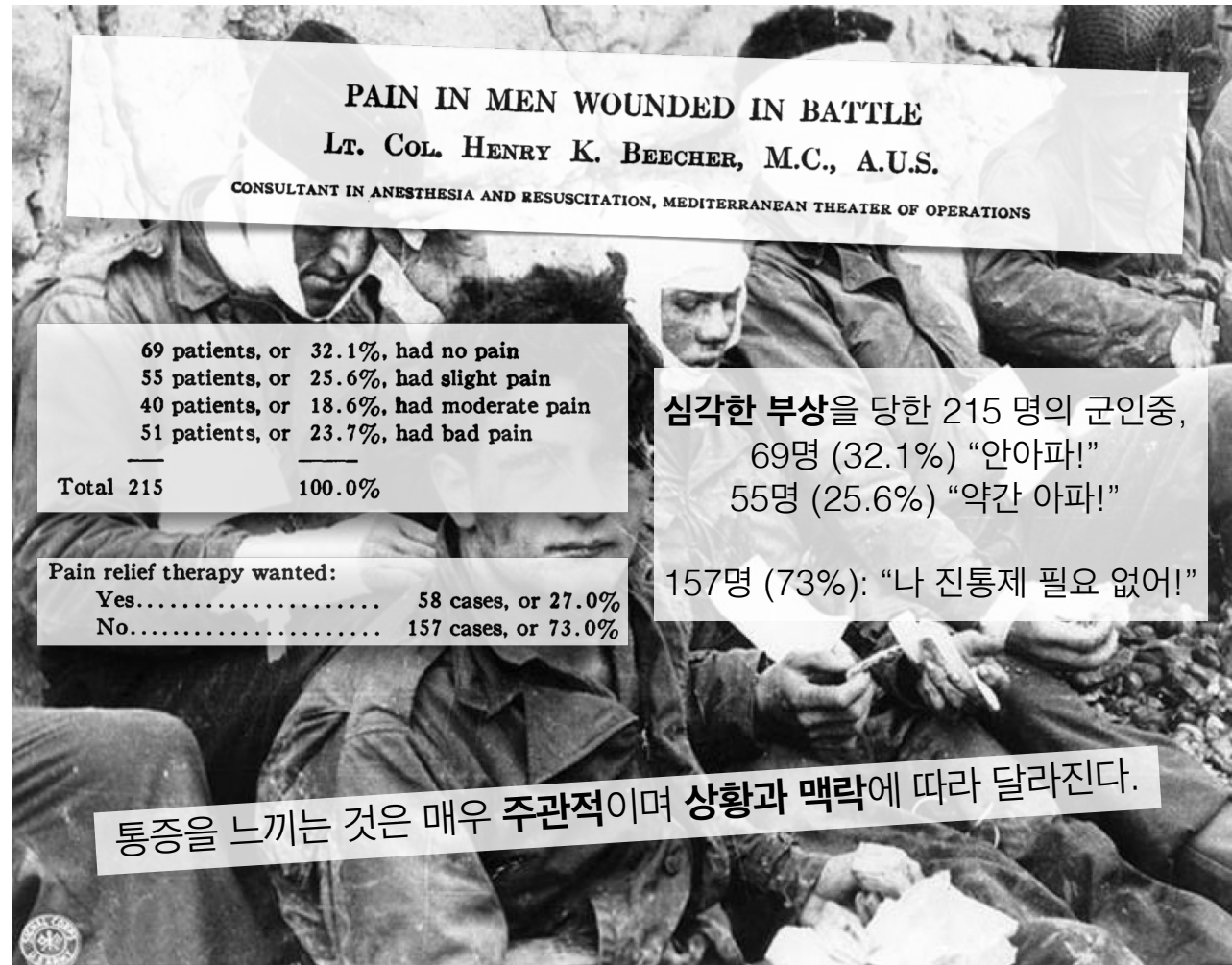
Fig. 2. MacCarty and Drake's (77) schematic diagram illustrating various surgical procedures designed to alleviate pain: 1, gyrectomy; 2, prefrontal lobotomy; 3, thalamotomy; 4, mesencephalic tractotomy; 5, hypophysectomy; 6, fifth-nerve rhizotomy; 7, ninth-nerve neurectomy; 8, medullary tractotomy; 9, trigeminal tractotomy; 10, cervical chordotomy; 11, thoracic chordotomy; 12, sympathectomy; 13, myelotomy; 14, Lissauer tractotomy; 15, posterior rhizotomy; 16, neurectomy.

- 1 Gyrectomy (cingulotomy)
- 2 Frontal lobotomy
- 3 Thalamotomy
- 4 Mesencephalic tractotomy
- 5 Hypophysectomy (pituitary)
- 6 C.N. V
- 7 C.N. IX
- 8 Medullary tract
- 9 Trigeminal tract
- 10, 11 Spinal cord
- 12 Sympathetic ganglia
- 13 Crossing STT fibers
- 14 Zone of Lissauer
- 15, 16 Peripheral nerves or roots

결론: 통증이 나아지지 않는 경우가 많음.
때로는 통증을 더 악화시킴.

“뇌의 통증 경로 v2.0”

제2차세계대전



PAIN IN MEN WOUNDED IN BATTLE

LT. COL. HENRY K. BEECHER, M.C., A.U.S.

CONSULTANT IN ANESTHESIA AND RESUSCITATION, MEDITERRANEAN THEATER OF OPERATIONS

69 patients, or	32.1%,	had no pain
55 patients, or	25.6%,	had slight pain
40 patients, or	18.6%,	had moderate pain
51 patients, or	23.7%,	had bad pain

Total	215		100.0%
-------	-----	--	--------

Pain relief therapy wanted:

Yes.....	58 cases, or	27.0%
No.....	157 cases, or	73.0%

심각한 부상을 당한 215 명의 군인중,
69명 (32.1%) “안아파!”
55명 (25.6%) “약간 아파!”

157명 (73%): “나 진통제 필요 없어!”

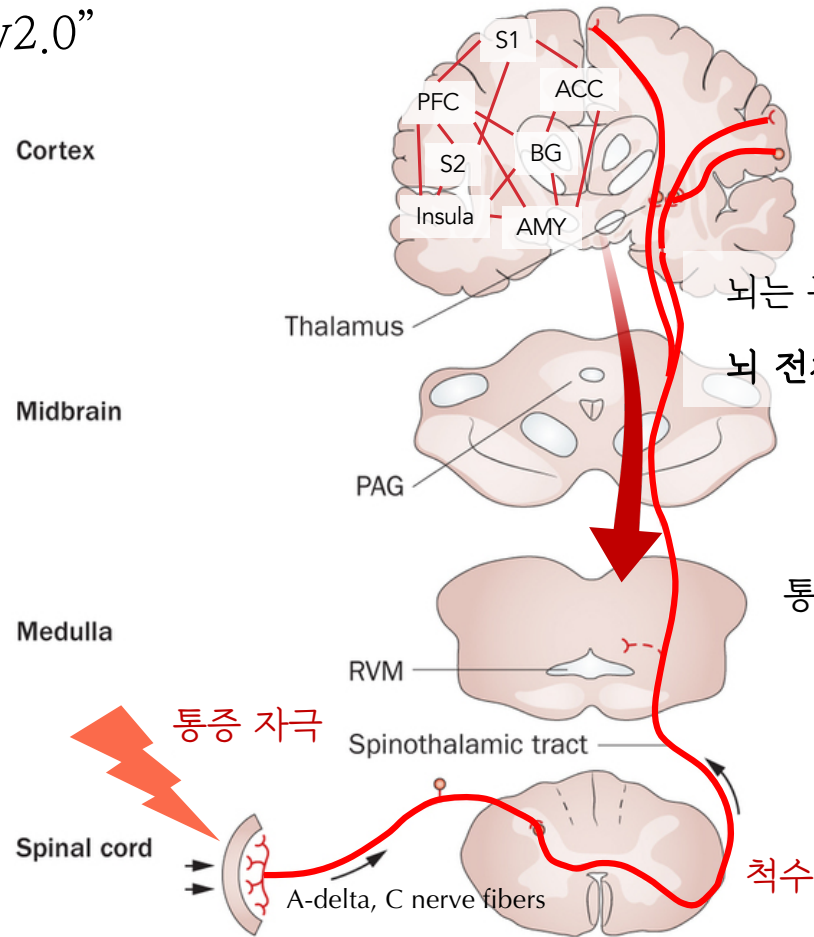
통증을 느끼는 것은 매우 주관적이며 상황과 맥락에 따라 달라진다.

“뇌의 통증 경로 v2.0”

“뭣을 조금만 움직여도 너무 아파서,
마약성 진통제와 신경안정제를 투여해야만 했다.”



“뇌의 통증 경로 v2.0”



뇌는 통증 신호를 적극적으로 선택, 여과, 조절한다.
 뇌 전체가 아픈 경험을 만들어내는 데 관여한다.

통증 > 아프게 하는 자극의 입력

만성통증의 경우?

doi:10.1093/brain/awt211

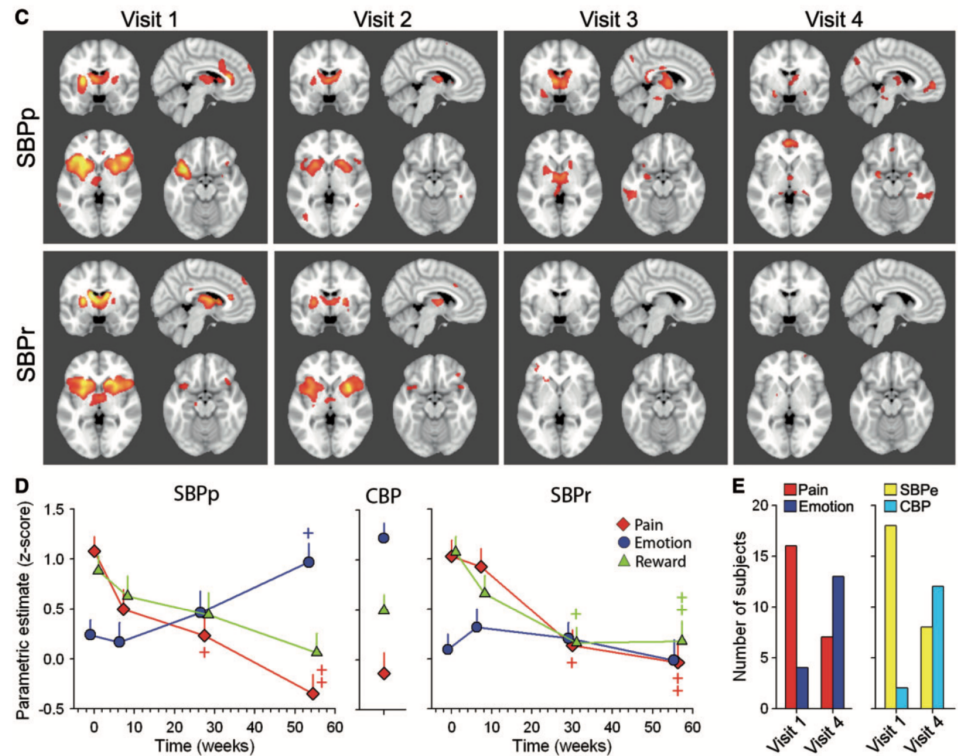
Brain 2013; 136; 2751–2768 | 2751

BRAIN
A JOURNAL OF NEUROLOGY

Shape shifting pain: chronification of back pain shifts brain representation from nociceptive to emotional circuits

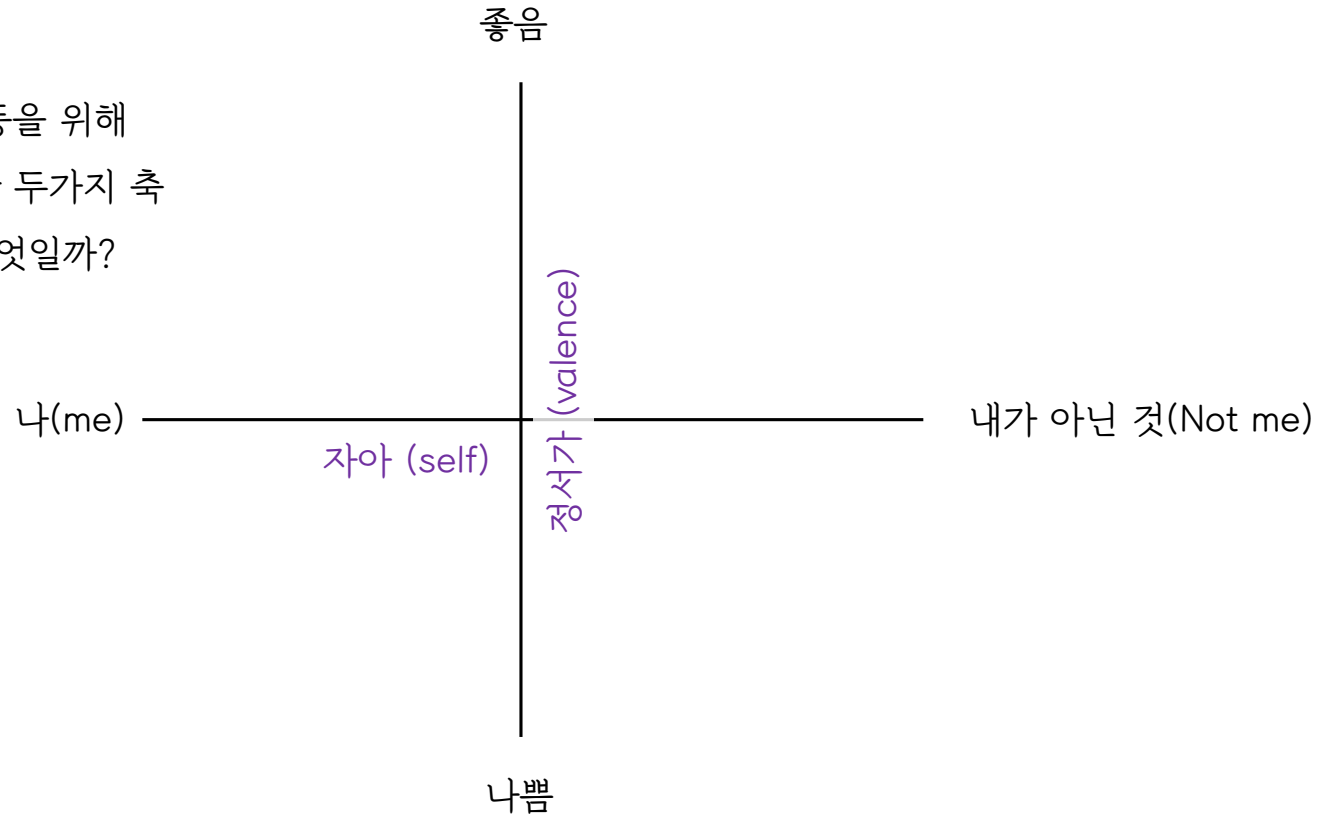
Javeria A. Hashmi,¹ Marwan N. Baliki,¹ Lejian Huang,¹ Alex T. Baria,¹ Souraya Torbey,¹ Kristina M. Hermann,¹ Thomas J. Schnitzer² and A. Vania Apkarian^{1,3,*}

- 통증이 만성화 되면서 감각 정보 이상(beyond sensory processing)의 것이 되어감
- “나의 이야기”의 일부가 되는 것
“나의 일부”가 되는 것
- 어떻게 통증을 극복할 수 있을까?



“내부”의 중요성 (안의 문제)

- 생존, 자기보존, 웰빙 등을 위해 생명체에게 가장 중요한 두가지 축 (key dimensions)은 무엇일까?



“나”의 가장 중요한 부분: 몸 (body)

Text box 1. IASP definition of pain (1979).

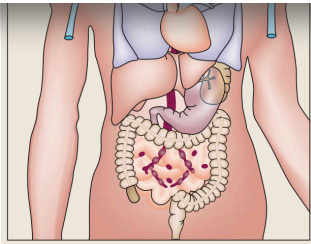
Pain

An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage.

Text box 2. Revised IASP definition of pain (2020).

Pain

An unpleasant sensory and emotional experience associated with, or resembling that associated with, actual or potential tissue damage.



나(me)

자아 (self)

정서가 (valence)

내가 아닌 것(Not me)

나뉘

특히, 몸의 내부(the interior part of the body)

내부감각수용(interoception)

- = sensing the interior part of the body
- = the key feature of the affect (good vs. bad)

몸의 내부와 외부의 근본적 이원화

5

The Vertebrate as a Dual Animal - Somatic and Visceral

ALFRED SHERWOOD ROMER

*Museum of Comparative Zoology
Harvard University
Cambridge, Massachusetts 02138*

INTRODUCTION

In the study of vertebrate anatomy and embryology, one frequently encounters the terms "somatic" and "visceral." Musculature is somatic or visceral; there is a somatic skeleton and a visceral skeleton: a somatic nervous system and a visceral nervous system. Are these two systems separate or do they regard external or internal position? I believe structural differences between the two elements in great measure, the differences in embryological origin, contrasts appear to be basic in the make-up of a vertebrate.

In many regards the vertebrate organism, when well-knit unit structure. But in other respects there is an imperfect welding, functionally and structurally, between the two systems. The vertebrate is a dual being: (1) an external, "somatic," animal, including the musculature of our body, with a well organized nervous system; and (2) an internal, "visceral," animal, so to speak, of "external affairs," and (2) an internal, "visceral," animal, basically consisting of the digestive tract and its associated organs. The visceral animal, to a considerable degree, conducts its own affairs, and over which the somatic animal exerts but incomplete control.

A consideration of what evidence can be gathered from our knowledge of living vertebrate relatives among chordates or hemichordates suggests that this dichotomy has a historical background; that the remote chordate ancestor, as

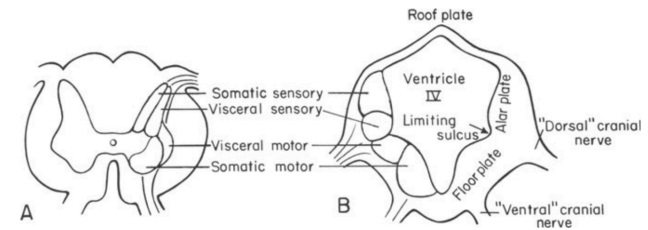


Fig. 5. Diagrammatic cross section of: (A), the spinal cord in an embryonic vertebrate, and (B), the medulla, to show the arrangement of the "visceral" and "somatic" cell areas in the grey matter of the cord and brainstem.

Research article | [Open Access](#) | Published: 30 April 2013

Ancient origin of somatic and visceral neurons

[Marc Nomaksteinsky](#), [Stefan Kassabov](#), [Zoubida Chettouh](#), [Henri-Corto Stoeklé](#), [Laure Bonnaud](#), [Gilles Fortin](#), [Eric R Kandel](#) & [Jean-François Brunet](#) ✉

BMC Biology 11, Article number: 53 (2013) | [Cite this article](#)

9813 Accesses | 28 Citations | 6 Altmetric | [Metrics](#)

뇌의 기능적 구조(1)

REVIEW ARTICLE

From sensation to cognition

M.-Marsel Mesulam

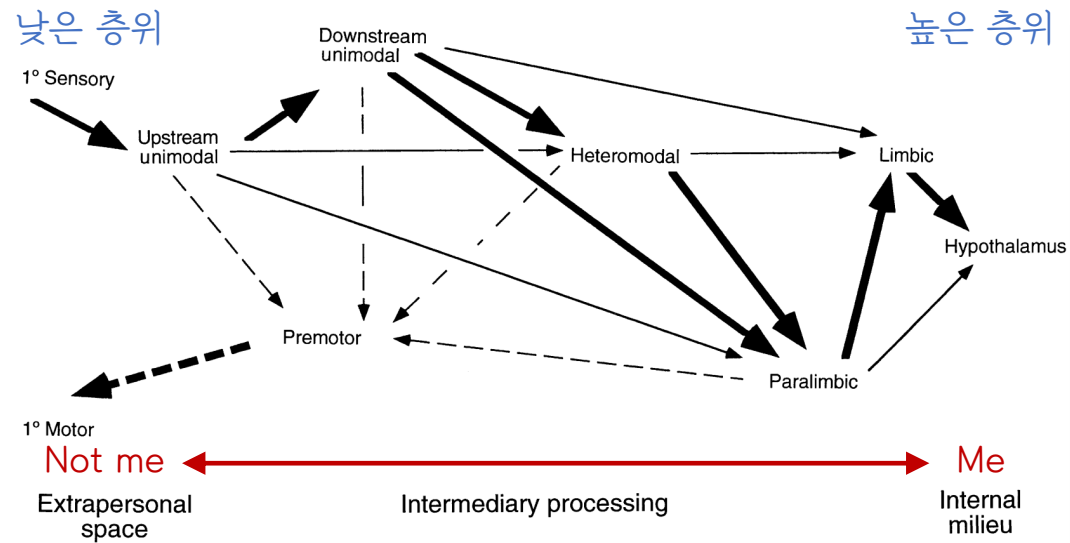
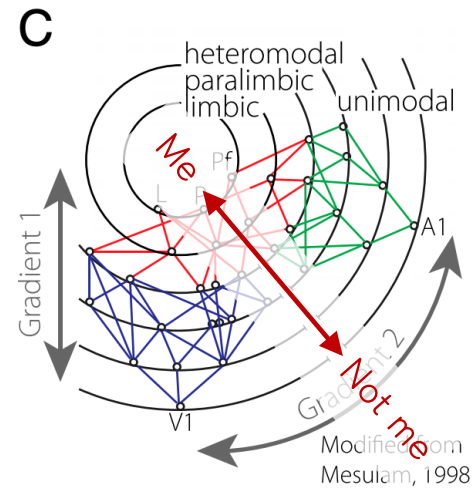
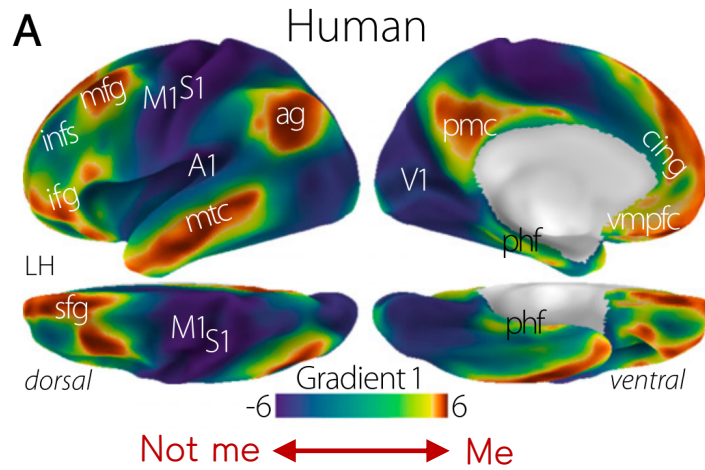


Fig. 1 The straight arrows illustrate monosynaptic sensory-fugal neural connections in the visual and auditory modalities. The thick arrows represent more massive connections than the thin arrows. The broken arrows illustrate motor output pathways. The latter are not discussed in this review.

뇌의 기능적 구조(2)

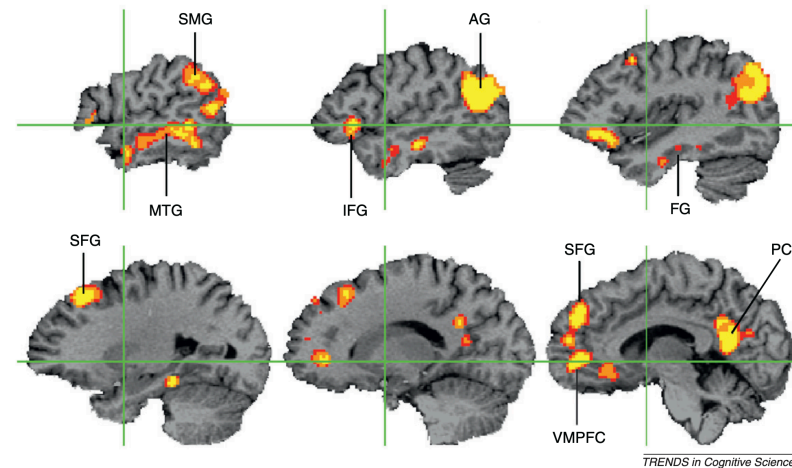
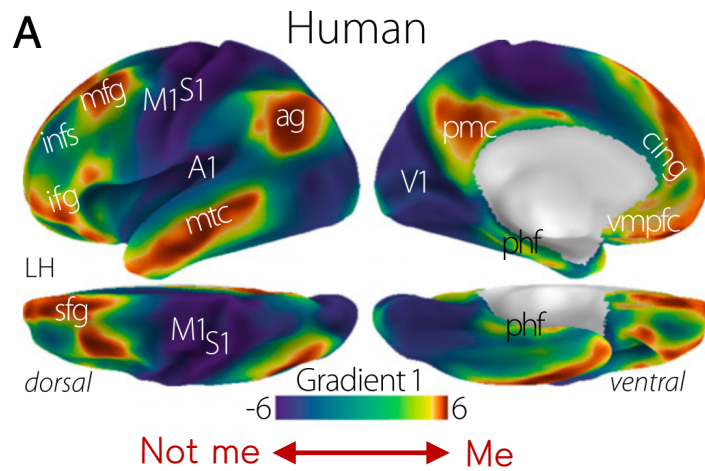
Situating the default-mode network along a principal gradient of macroscale cortical organization

Daniel S. Margulies^{a,1}, Satrajit S. Ghosh^{b,c}, Alexandros Goulas^d, Marcel Falkiewicz^a, Julia M. Huntenburg^{a,e}, Georg Langs^{f,g}, Gleb Bezgin^h, Simon B. Eickhoff^{i,j}, F. Xavier Castellanos^{k,l}, Michael Petrides^m, Elizabeth Jefferies^{n,o}, and Jonathan Smallwood^{n,o}



뇌의 기능적 구조(3)

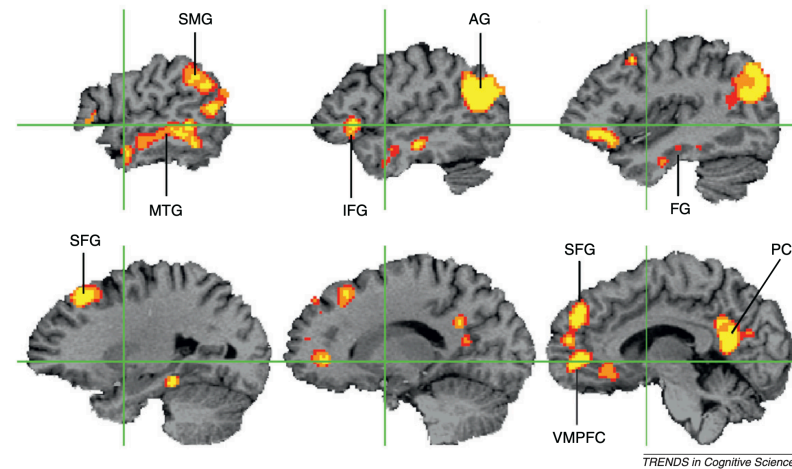
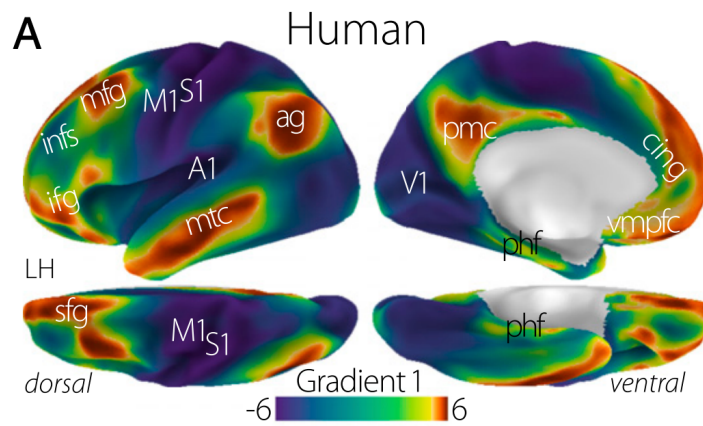
“몸의 내부”를 조절하는 시스템과
 “의미”를 처리하는 시스템이
 뇌에서는 같은 곳에 존재한다



의미 처리 뇌기능 네트워크
 Meta-analysis of semantic processing

휴지기 (resting-state) 뇌기능 이미징

이 영역들은 또한 아무 것도 하고 있지 않을 때
(즉, 쉬고 있을 때) 활성화 되는 영역들:
디폴드 모드 네트워크 (Default mode network)



과연 진정한 디폴트 모드일까?

여러분은 **실 때...** 가만히 있지 않고 이런 저런 생각을 합니다

가족 생각

일에 대한 생각

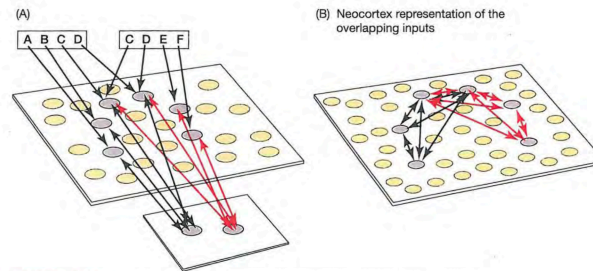
미래에 대한 생각

오늘 저녁 뭐 먹지?

자발적인 생각
(마음방랑, mind-wandering)
과거에 대한 생각

학생들 생각

자발적인 패턴 활성화 및 패턴 완성



디폴트 모드 네트워크는 실제로 많은 일을 한다

자기 투영 (Self-projection)

과거회상(retrospection)/미래생각(prospection)
/자기 자신에 대한 생각(introspection)
/다른 사람의 입장에서 생각(theory of mind)



Opinion

TRENDS in Cognitive Sciences Vol.11 No.2

Full text provided by www.sciencedirect.com
ScienceDirect

Self-projection and the brain

Randy L. Buckner^{1,2,3,4} and Daniel C. Carroll¹

¹ Department of Psychology and Center for Brain Science, Harvard University, William James Hall, 33 Kirkland St, MA 02138, USA

² Howard Hughes Medical Institute, 4000 Jones Bridge Road, Chevy Chase, MD 20815-6789, USA

³ Department of Radiology, Harvard Medical School, 25 Shattuck Street, Boston, MA 02115, USA

⁴ Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging, Massachusetts General Hospital, 149 Thirteenth Street, Charlestown, MA 02129, USA

When thinking about the future or the upcoming actions of another person, we mentally project ourselves into alternative perspectives based on our past. The processes of the network are characterized by alternative perspectives based on our past. The processes of the network are characterized by alternative perspectives based on our past.

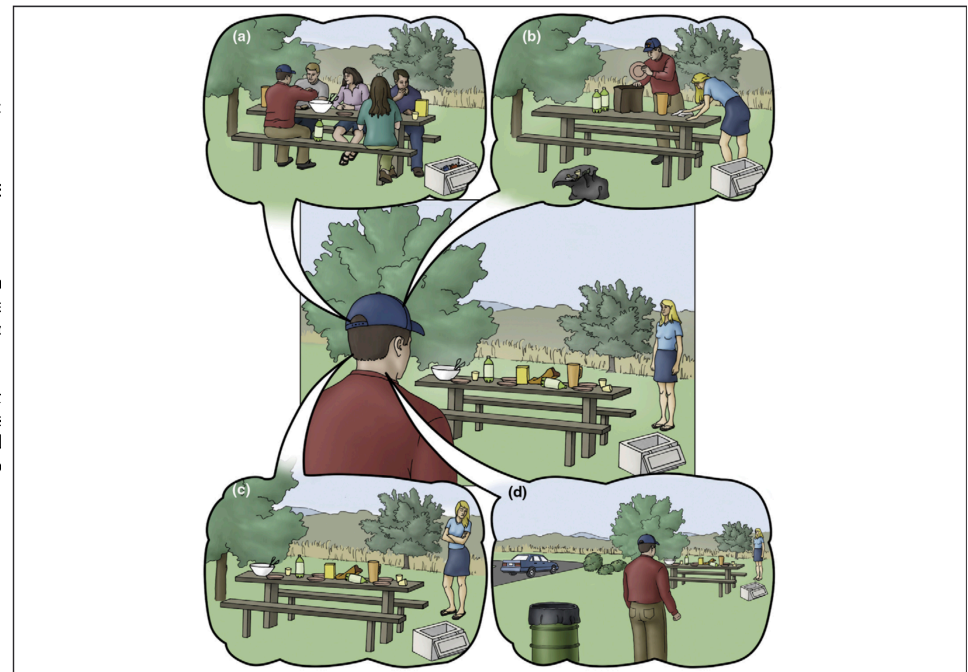
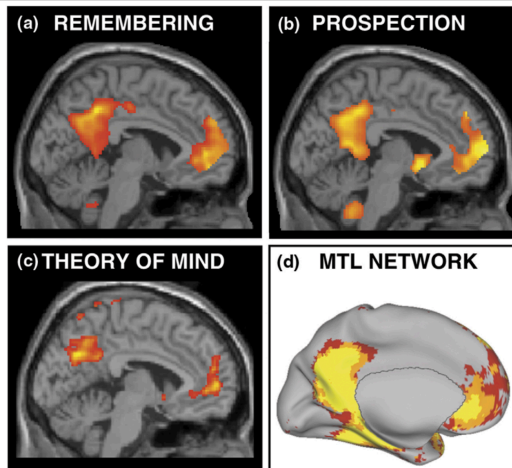
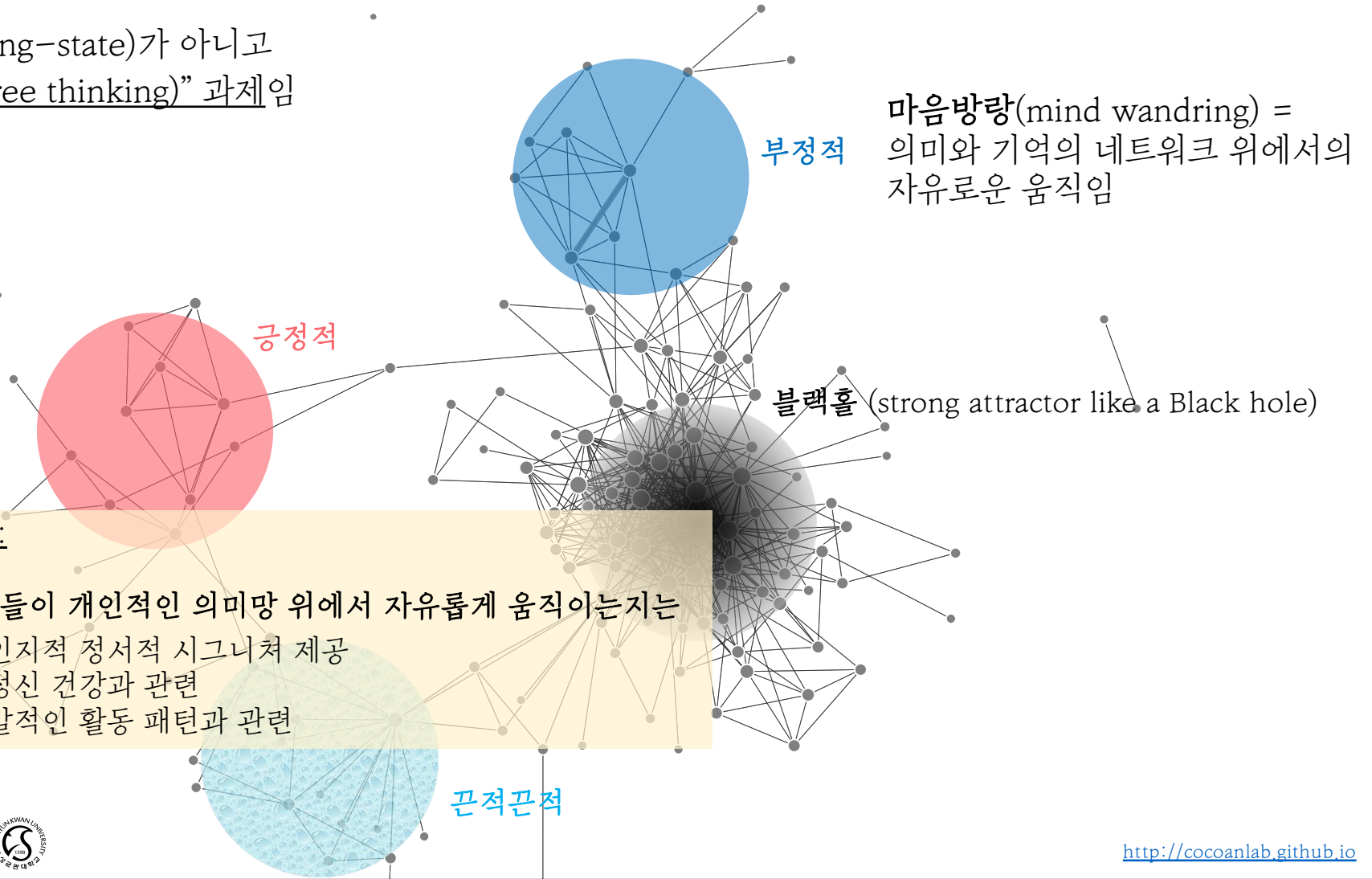


Figure 1. Forms of self-projection. Four forms of self-projection are illustrated to highlight their common reliance on a personal, mental simulation of another time, place or perspective. The scene being experienced is shown in the center and each alternative form of conceived perspective is in a thought bubble. Simulated perspectives include first-person and third-person views. (a) Remembering involves simulating the past, such as the picnic earlier. (b) Prospection involves simulating a possible future event, such as cleaning up the mess. (c) Theory of mind involves conceiving another person's perspective – in this instance, the mental state of the person about to be recruited to help clean. (d) Navigation – or topographic orientation – involves simulating another view or mapping the environment, such as a mental map of the world that surrounds the picnic area, including the location of the nearest trash bin. All these abilities depend on a shift from the present perspective to a simulated model of an alternative world. All use specific past instances from memory as constraints in forming the mental simulations. In this article, we provide evidence that these forms of self-projection might rely on a common brain network. <http://cocoanlab.github.io>

휴지기(resting-state)가 아니고
“자유생각(free thinking)” 과제임



마음방랑(mind wandering) =
의미와 기억의 네트워크 위에서의
자유로운 움직임

긍정적

부정적

블랙홀 (strong attractor like a Black hole)

끈적끈적

현재의 가설:

어떻게 사람들이 개인적인 의미망 위에서 자유롭게 움직이는지는

- 개인의 인지적 정서적 시그니처 제공
- 개인의 정신 건강과 관련
- 뇌의 자발적인 활동 패턴과 관련

자유연상의미과제

Free Association Semantic Task (FAST)

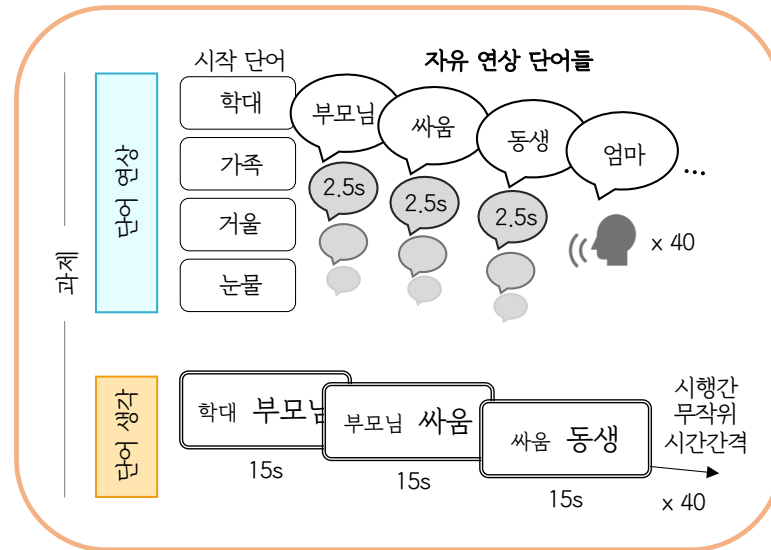
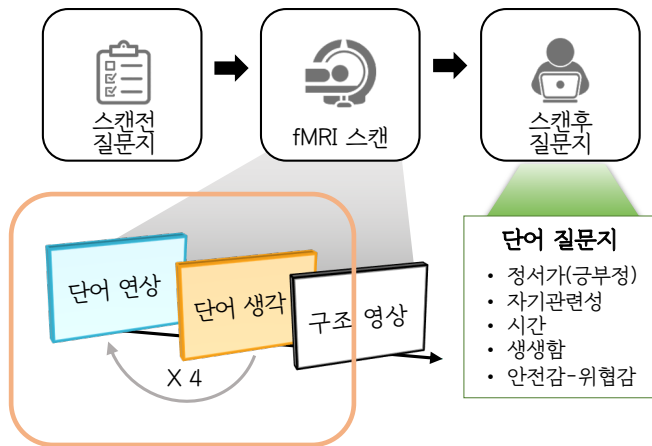


Byeol Kim



Jessica Andrews-Hanna

예제 실험 과정: 자유연상과제



자유연상의미과제

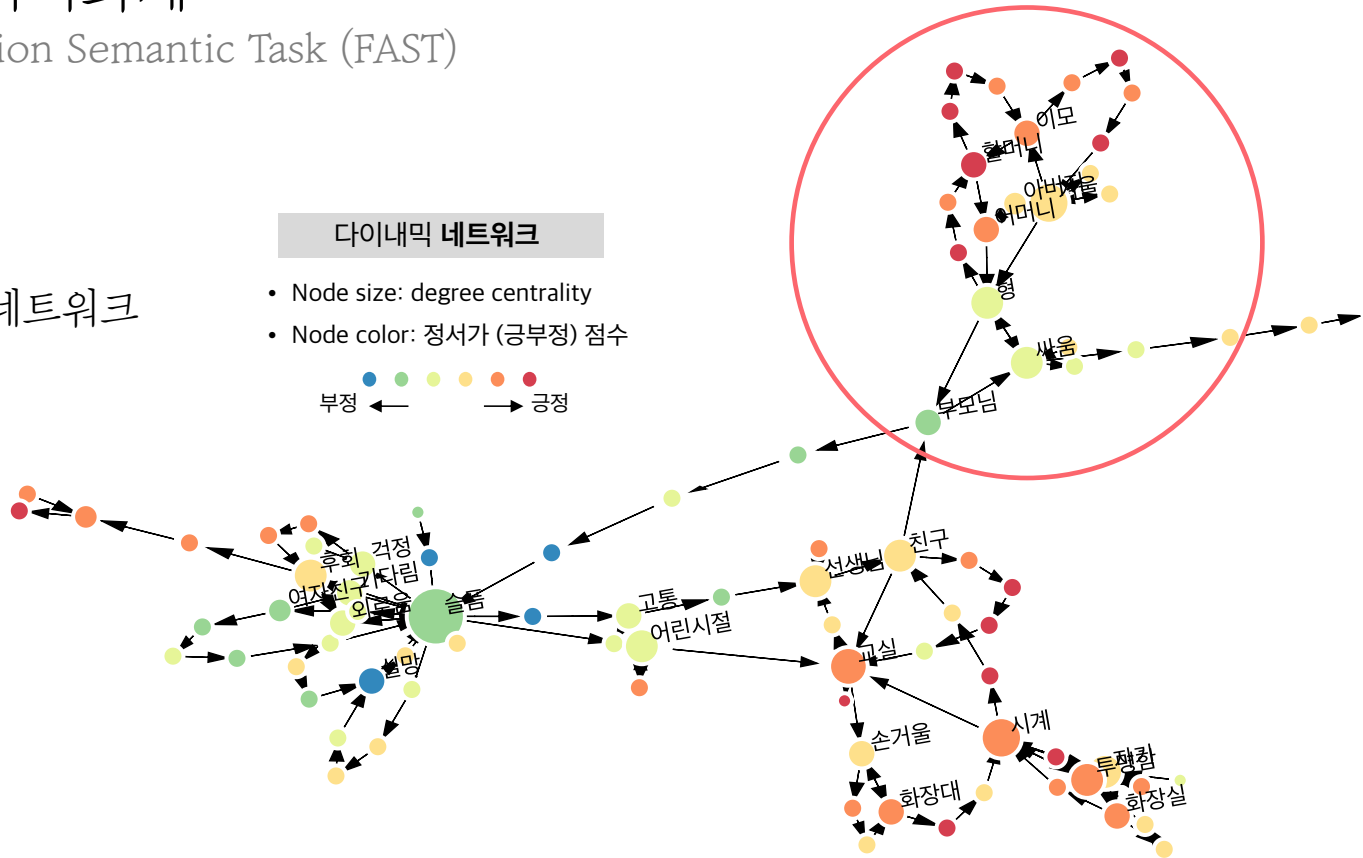
Free Association Semantic Task (FAST)

생각의 흐름 네트워크

다이나믹 네트워크

- Node size: degree centrality
- Node color: 정서 (금부정) 점수

부정 ← → 긍정



자유연상의미과제

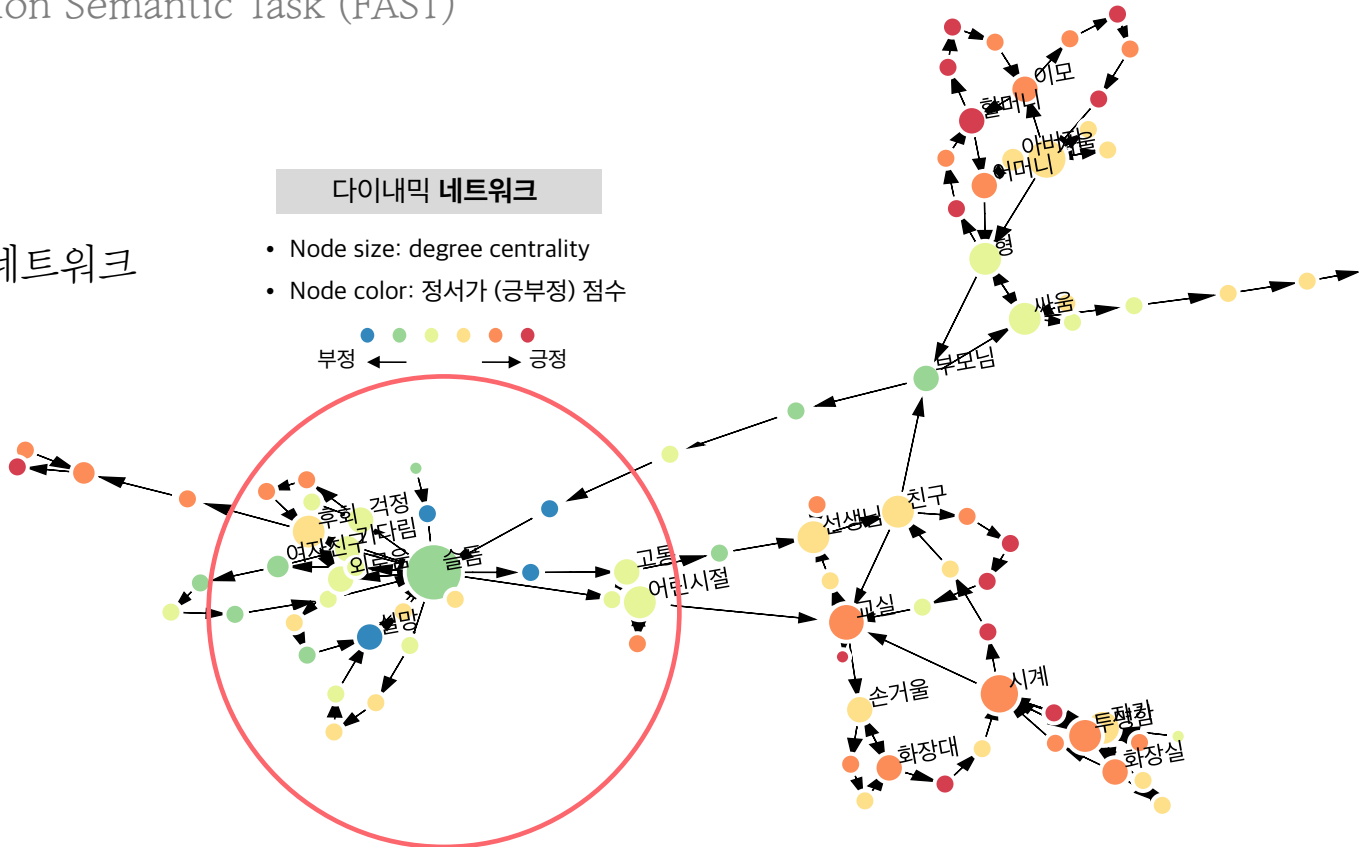
Free Association Semantic Task (FAST)

생각의 흐름 네트워크

다이나믹 네트워크

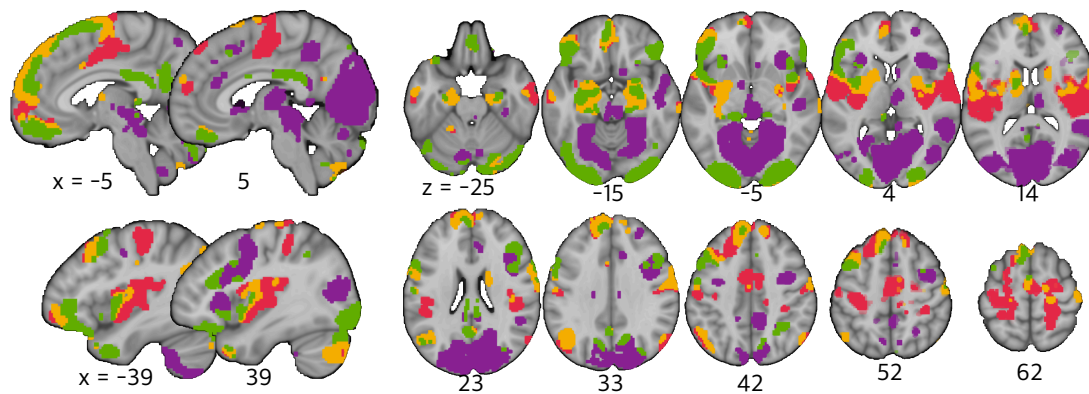
- Node size: degree centrality
- Node color: 정서가 (금부정) 점수

부정 ← → 긍정

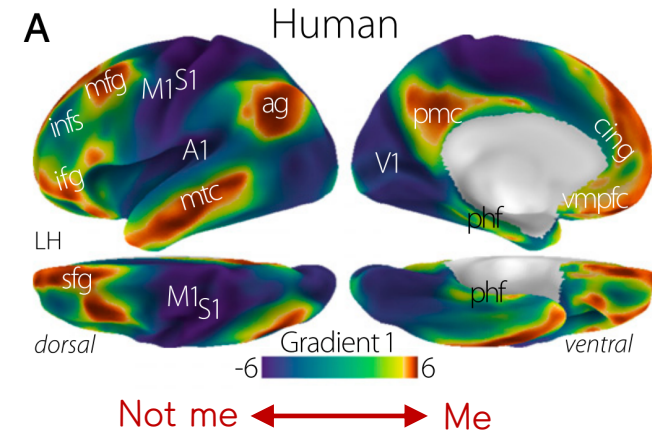


자유연상 단어들을 생각할 때 활성화 되는 뇌 영역들

노랑/초록: 단어의 개인적 의미에 대해 생각할 때 시간이 지날 수록 활성화 수준이 높아지는 영역들



바로 “몸의 내부”와 “의미”를 처리하는 “me” 영역



이러한 연구들의 궁극적 목표:

- 내밀한(personal, internal) 통증과 감정의 개인의 시그니처를 발견하기
- 이를 통해 한 명 한 명 개인의 아픔을 읽고 말해줄 수 있다면... 그리고 도와줄 수 있다면...

방문객 - 정현종

사람이 온다는 건

실은 어마어마한 일이다

그는

그의 과거와

현재와

그리고

그의 미래와 함께 오기 때문이다.

한 사람의 일생이 오기 때문이다.

부서지기 쉬운

그래서 부서지기도 했을

마음이 오는 것이다—그 갈피를

아마 바람은 더듬어볼 수 있을

마음.

내 마음이 그런 바람을 흉내낸다면

필경 환대가 될 것이다.

- 우리의 피험자가, 또 코코안랩 연구실 구성원 한 명 한 명이 나에게 이 방문객이라는 걸 기억하고,
- 우리가 가진 기술을 통해 개인의 내면의 이야기에 귀기울여주고 알아주고 또 치료해줄 수 있길 바랍니다.

Acknowledgement



COCOAN lab

Computational **C**ognitive **A**ffective **N**euroscience Laboratory

