

중추신경계 및 자율신경계에 기초한 비침습적 명상 바이오마커

최정미 박사
jmchoi@brnd.co.kr

인체항노화표준연구원

HASRI, Human anti-aging standards research institute
<http://www.hasri.co.kr>



명상	내용	기원과 서구의 유명한 지도자
사마타	‘고요한’을 의미하는 사마타 명상은 ‘고요히 머무는 명상’이라 불린다. 호흡, 이미지, 대상에 집중하여 마음을 한 곳에 두는 수행으로 마음을 침착하고 고요하게 한다.	불교 수행, 붓다로 거슬러 올라가고, 그 이전일 수도 있다.
위빠사나 (통찰명상)	‘있는 그대로 보기’라는 뜻의 위빠사나는 호흡이 코를 통해 들어오고 나가는 것에 알아차림을 둔다. 생각과 경험이 일어나는대로 주의를 끄는 대상을 확인하고 거기에 이름을 붙여 알아차리는 수행이다.	전통 불교명상이고 인도명상이다. 마하시 사야도, 고엥까, 새론 잘츠버그, 죠셉 골드스틴, 잭 콘필드, 마이클 스톤 등.
마음챙김	일어나는 모든 것에 초점적 주의를 두고 관찰하고 판단 없이 받아들임을 수행하여 알아차림과 통찰을 생성하는 방법에 대한 포괄적 용어. 이 형태의 명상은 수행자가 판단이나 집착 없이 주의를 자유롭게 흐르도록 두어 ‘열린 추적관찰’이라고도 부른다.	불교 가르침에서 기원. 존 카밧진, 타라 브랙, 새론 잘츠버그, 죠셉 골드스틴, 잭 콘필드, 페마 초드론
선(좌선)	자신의 호흡에 의식을 두고 마음과 환경을 지나가는 생각과 경험을 관찰하는 명상. 어떤 면으로는 위빠사나와 유사하나 호흡의 초점을 배에 두고, 앉음의 자세를 강조하는 것이 다르다.	일본에서 온 불교명상. 틱낫한, 존 핼리팩스 로시
라자 요가	‘정신 요가’ ‘마음의 요가’ ‘키리야 요가’라 불리기도 함. 마음을 안정시켜 1점 초점에 가져가는 집중 수행. 만트라, 호흡법, 차크라/척수의 초점 포인트에 대한 명상을 혼합하기도 한다.	수천년 전 힌두 수행에서 유래. 서구에는 1893년 스와미 위웨까난다가 도입. 서양인들을 위해 빠라 한사 요가난다가 발전시킴.
자애명상 (메따)	자신에게 자애를 보내고, 이후 친구나 사랑하는 이, 좋지도 싫지도 않은 이, 대하기 어려운 이, 그리고 온 우주에 자애를 보내는 수행. 이 수행을 통해 명상자는 자신과 타인에게 자애로운 느낌을 닦는다.	불교 가르침에서, 주로 티벳불교에서 유래. 새론 잘츠버그, 페마 초드론
초월명상	만트라 기반의 명상으로서 수행자는 마음을 안으로 안정시키는데 도움이 되는 개인적 만트라를 받는다. 4일간의 정형화된 코스를 통해 교사자격증을 받는다. 하루 20분씩 수행.	고대 인도의 베다 전통에서 유래. 서구에서는 마하리시 마헤시에 의해 대중화되고, 현재 미국에서 마하리시재단이 가르치고 있다.
이완 반응	알아차림과 호흡 추적, 한 단어나 짧은 구절이나 기도를 반복하는 것 등을 포함한 다면적 수행	1970년대에 허버트 벤슨 박사가 개척한 수행으로 부분적으로 초월명상 수행에 기반한다.

명상, 디폴트 모드 네트워크 및 노화와 연관된 뇌의 변화

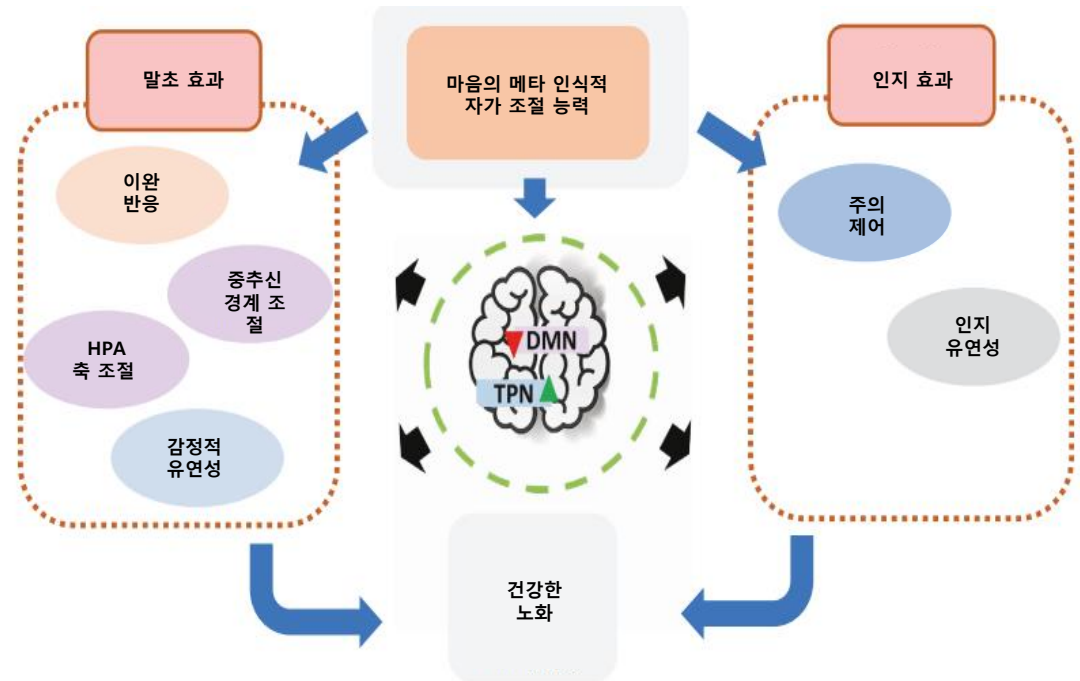
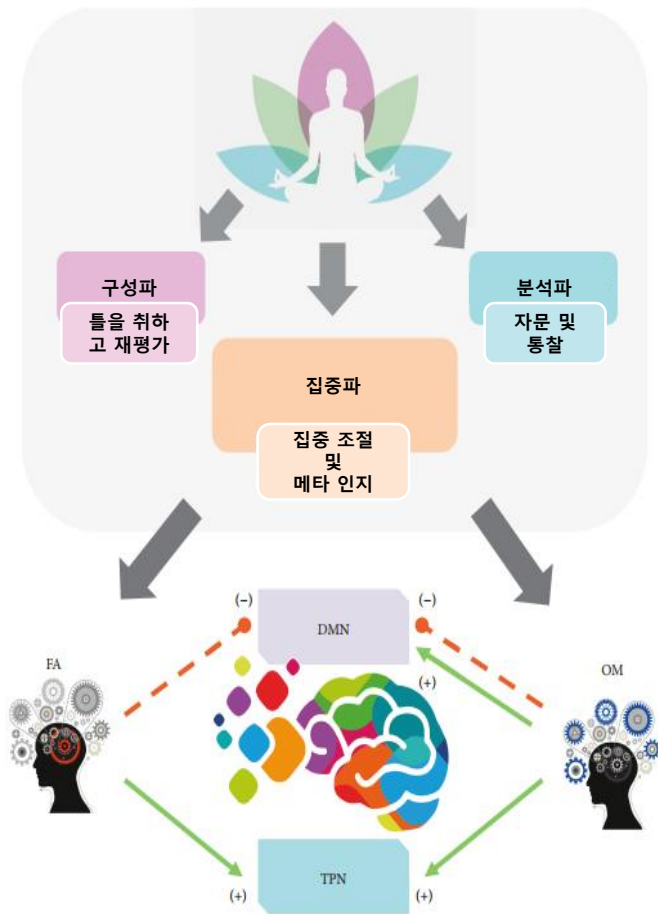
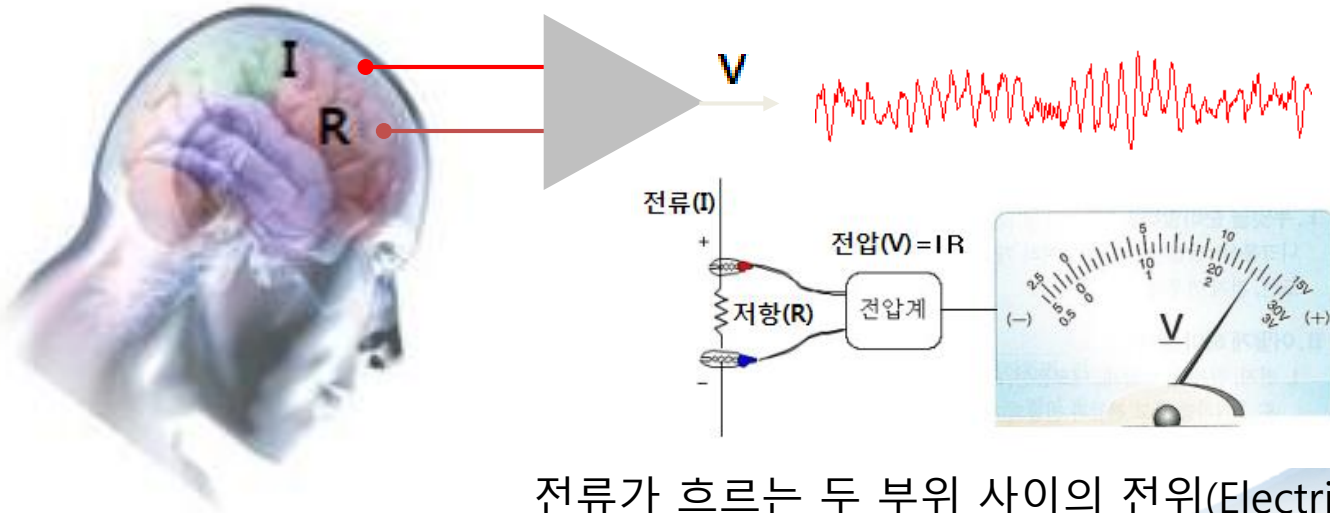


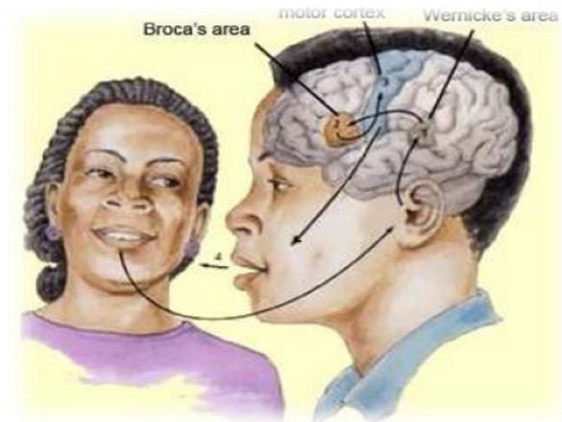
FIGURE 2: Model of meditation effects to promote optimal aging. The constant practice of attentional family meditation develops the metacognitive self-regulatory capacity of the mind. This consists in the voluntary control of attentional focus and keeping the attention in the present experience, without self-referential thinking and mind wandering. This metacognitive ability can modulate cognitive, emotional, behavioral, and autonomic output. The question is: Can these skills promote a healthy aging? ANS: autonomic nervous system, HPA: hypothalamic-pituitary-adrenal axis.

중추신경계 : 비침습적 EEG



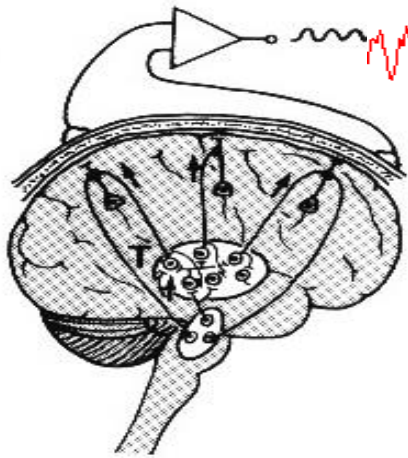
전류가 흐르는 두 부위 사이의 전위(Electric Potential) 차이를 측정하는 '전압계'와 동일한 원리

- 복잡하게 진동하는 형태
- μV 수준의 미세한 전위신호
- 살아있는 동안 자발적으로 계속 발생

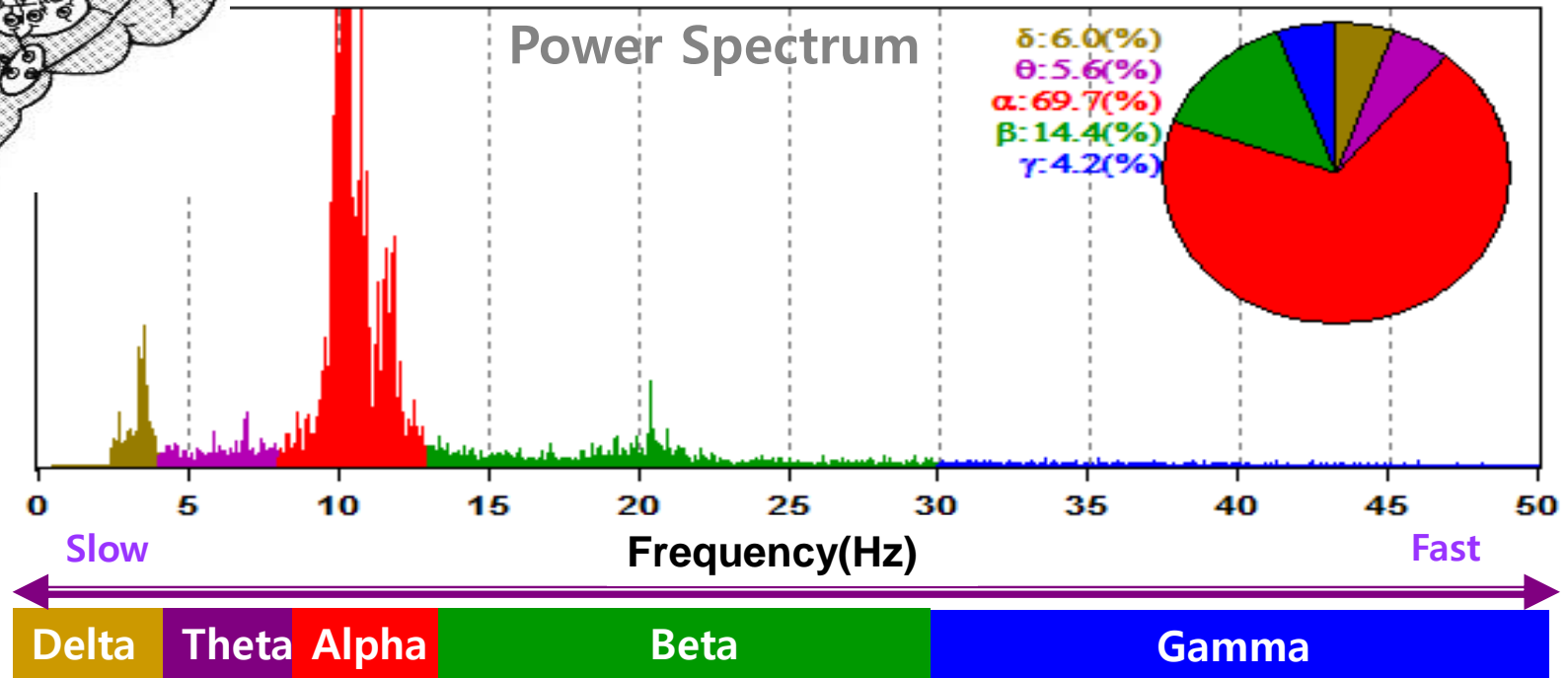


디폴트 모드 네트워크

눈을 감고 휴식하는 동안 EEG 고유 진동



- 5-13 Hz 사인 파형
- 시상피질 및 피질간 상호 작용에 의해 조정



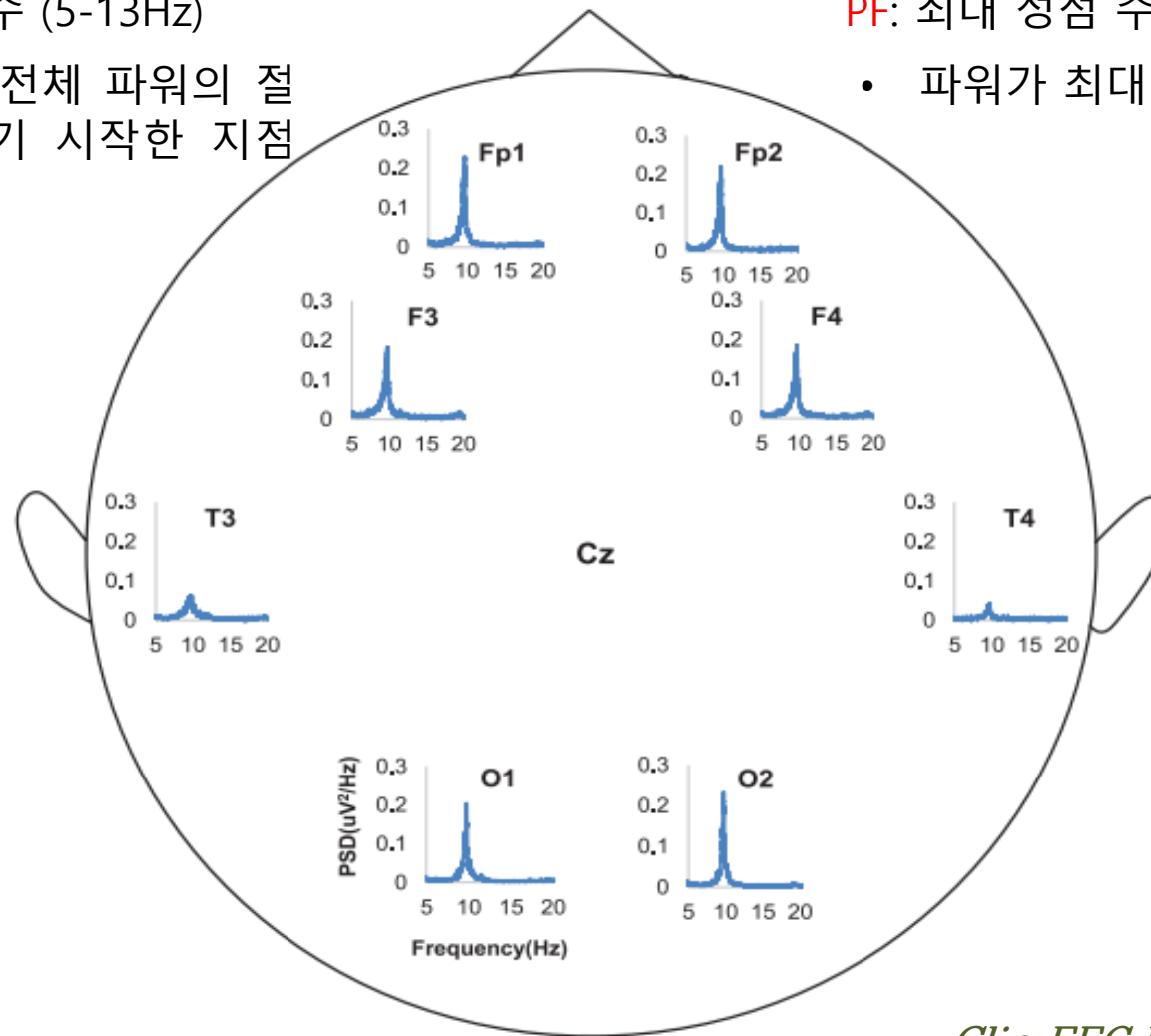


MDF: 중간 주파수 (5-13Hz)

- 누적 파워가 전체 파워의 절반을 초과하기 시작한 지점의 주파수

PF: 최대 정점 주파수

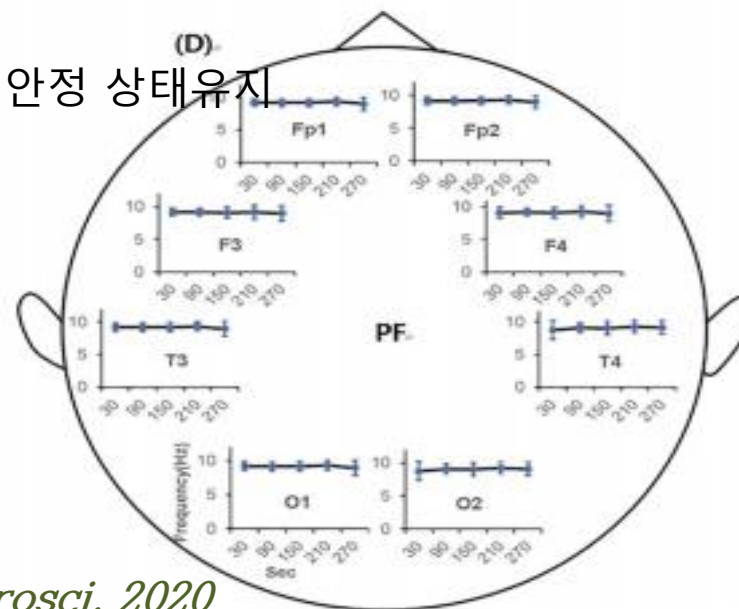
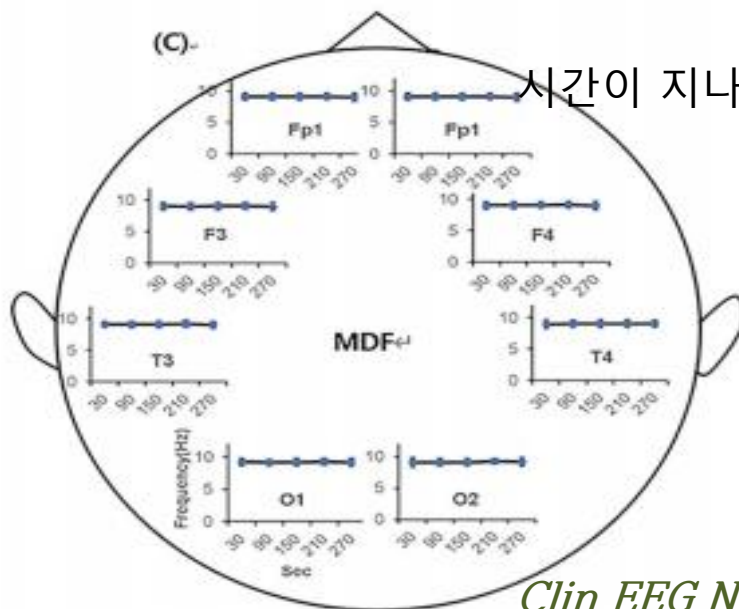
- 파워가 최대인 지점의 주파수



Clin EEG Neurosci. 2020

이 고유 진동의 특징은 MDF 또는 PF와 같은 뇌전도 마커로 정량화할 수 있다.

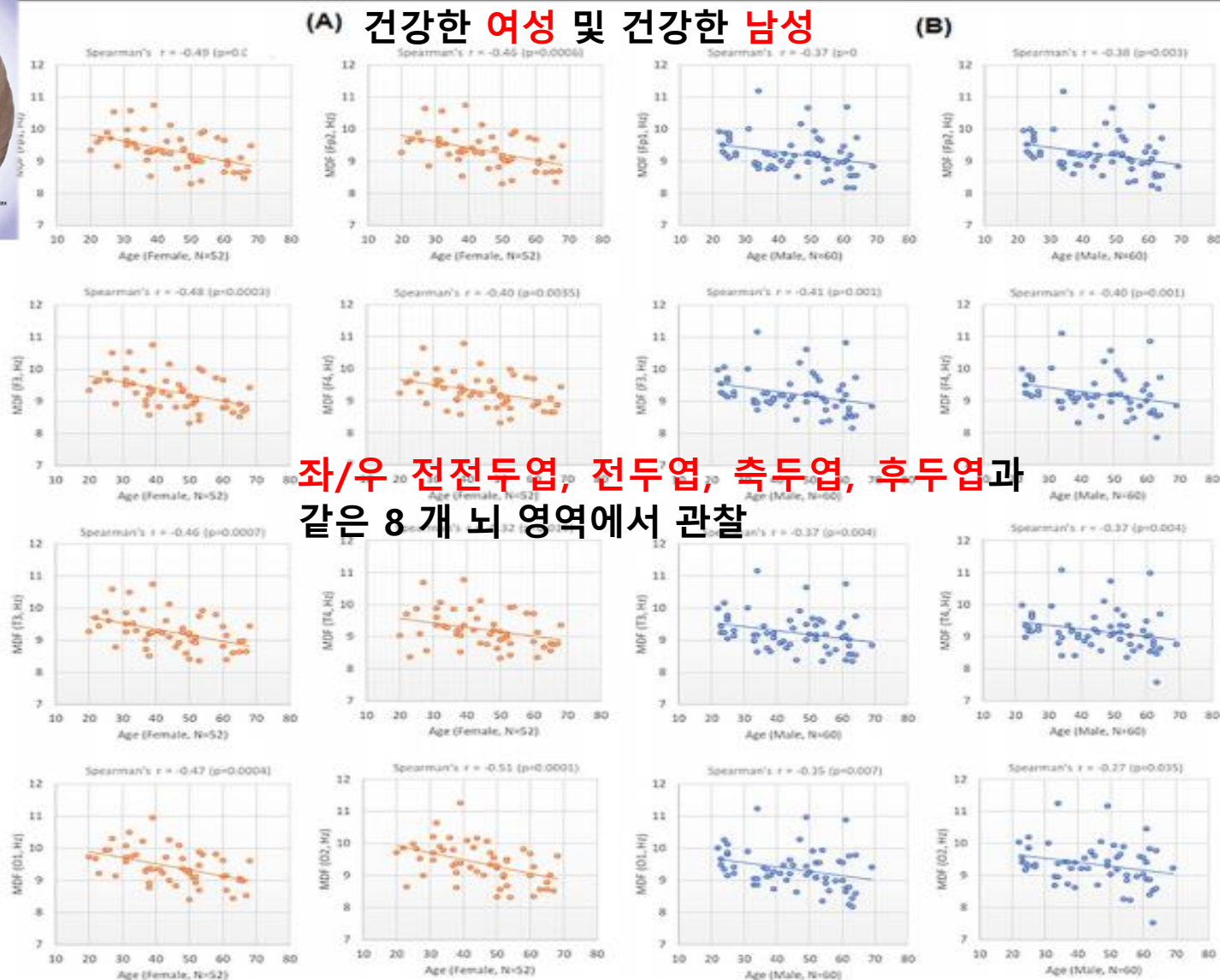
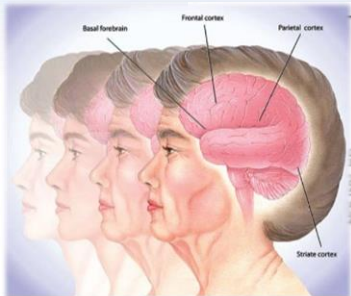
여타 부위 및 시간 대역과 비교한 전전두엽 EEG 마커의 정확성과 재현성



Clin EEG Neurosci. 2020

전전두엽 EEG 마커인 MDF와 PF는 일관성이 있고 재현성이 있어 신뢰할 수 있다.

고유 중간 주파수와 뇌의 노화는 반비례 관계



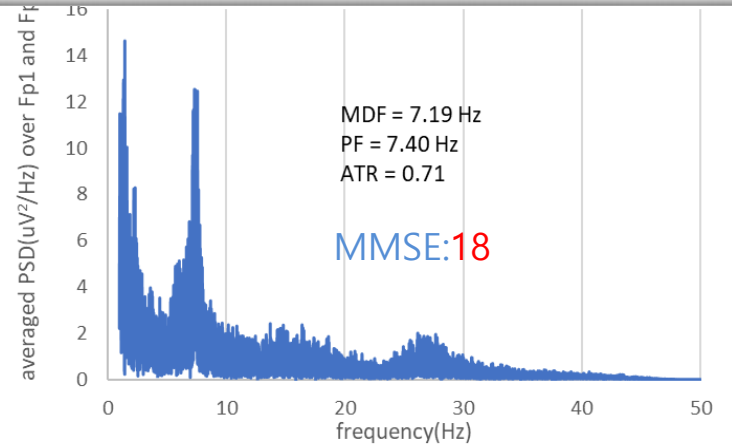
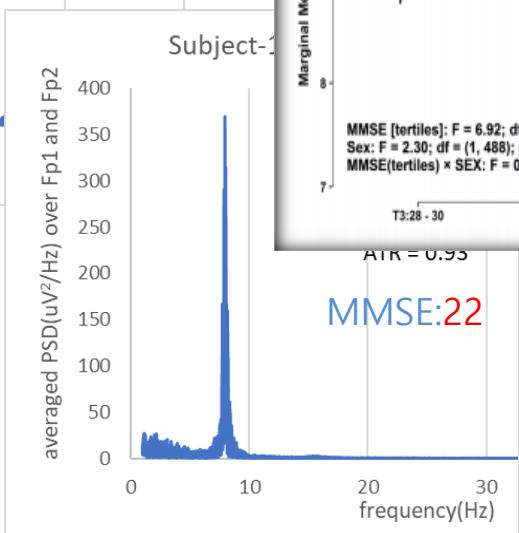
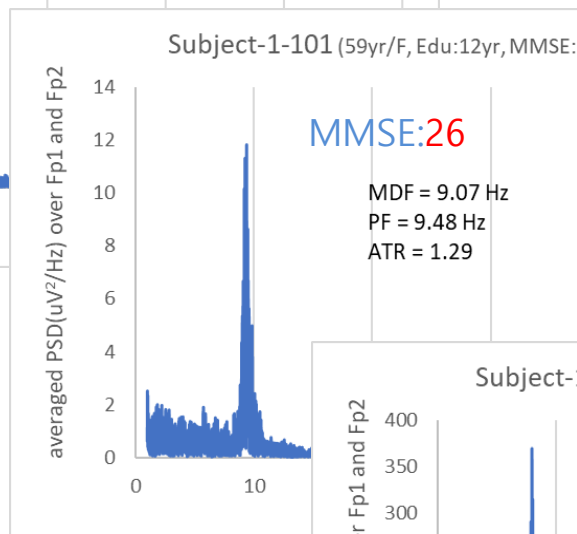
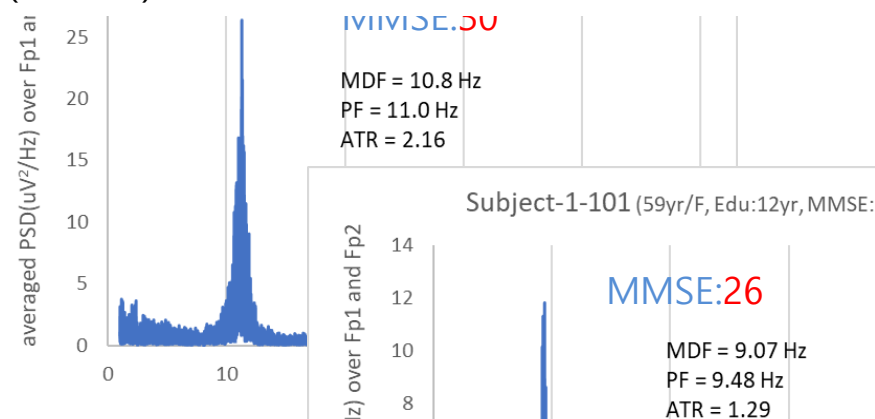
젊은 성인의 고유 중간 주파수는 약 10 Hz, 나이 많은 성인의 경우는 이보다 낮은 9 Hz. 이러한 뇌의 노화와 주파수의 관계는 모든 뇌 영역에서 유의함.

Clin EEG Neurosci. 2020

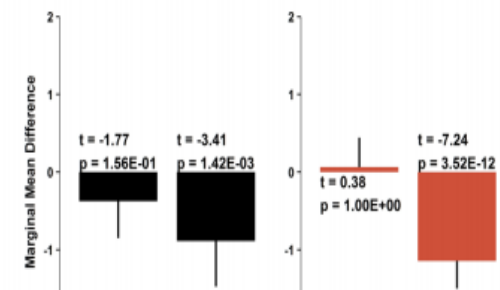
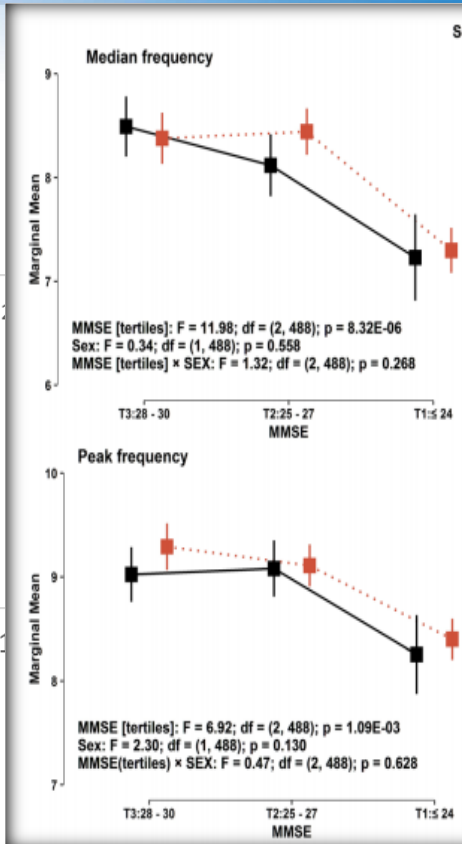
인지 저하는 전전두엽 고유 진동으로 설명할 수 있다



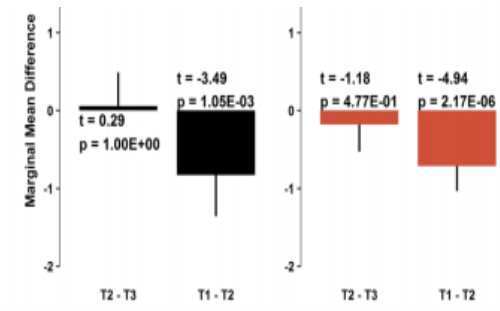
노인군을 상대로 '간이 정신 상태 검사 (MMSE)'로 진행한 전반적 인지 기능 평가



결과 : 전전두엽 뇌전도 마커 MDF와 PF는 MMSE 점수가 감소하면 함께 감소하였다



인지 기능 저하 중증도에 따라서 T3, T2, T1, 세그룹으로 분류



아밀로이드 부하는 알츠하이머 질환의 주된 병리학적 소견으로

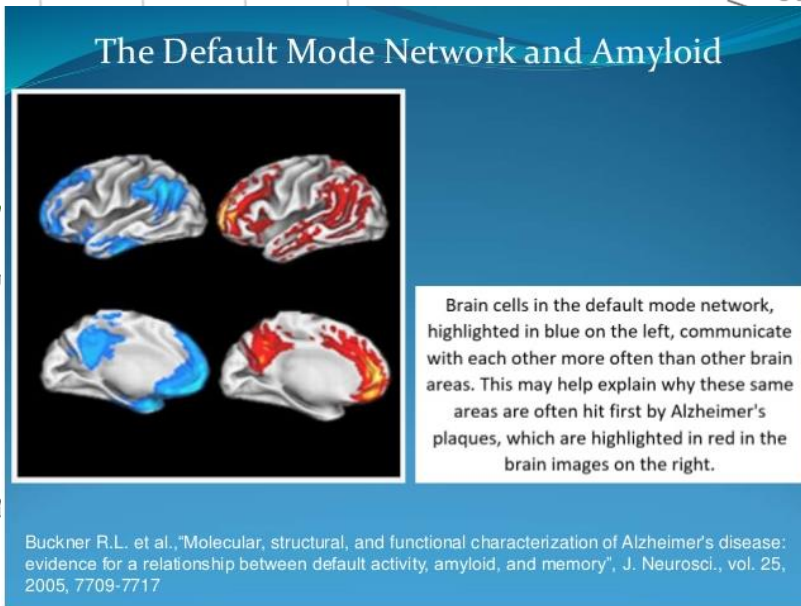
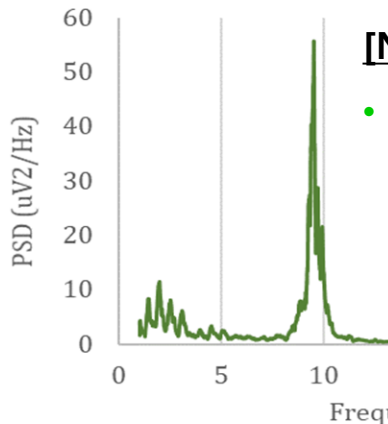
전전두엽 고유 진동으로 설명할 수 있다



아밀로이드와 인지 상태를 조합하여 피험자를 4 그룹으로 분류

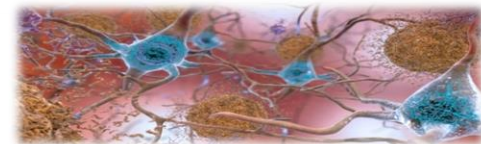
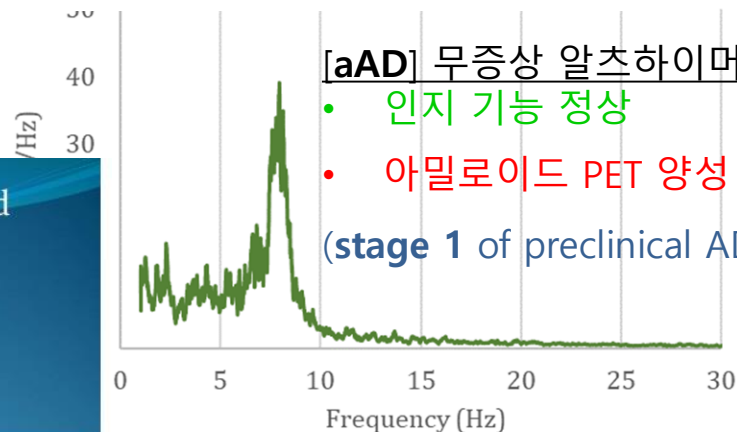
[INC] 건강한 대조군

- 인지 기능 정상 아밀로이드 PET 음성



[aAD] 무증상 알츠하이머

- 인지 기능 정상
- 아밀로이드 PET 양성 (stage 1 of preclinical AD)

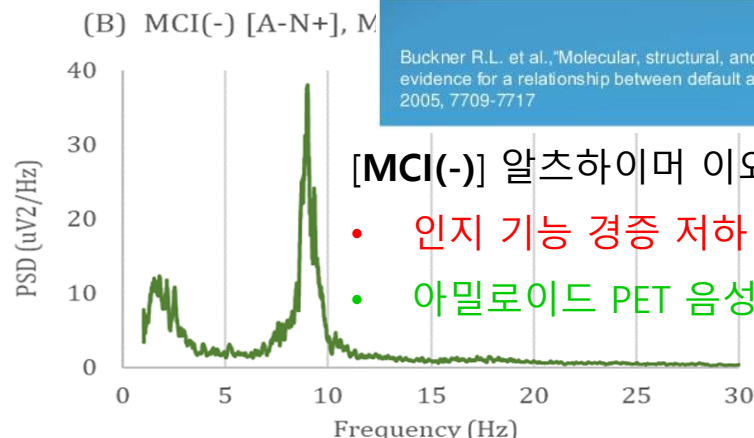


아밀로이드 양성 그룹, 음성

그룹보다 중간 주파수 더 감소

[MCI(-)] 알츠하이머 이외 기타 병리 의심

- 인지 기능 경증 저하
- 아밀로이드 PET 음성



[pAD] 알츠하이머 전구단계

- 인지 기능 경증 저하
- 아밀로이드 PET 양성 (stage 2 of preclinical AD)



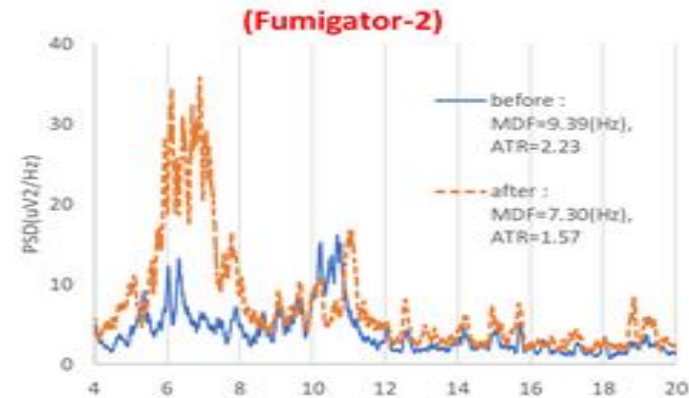
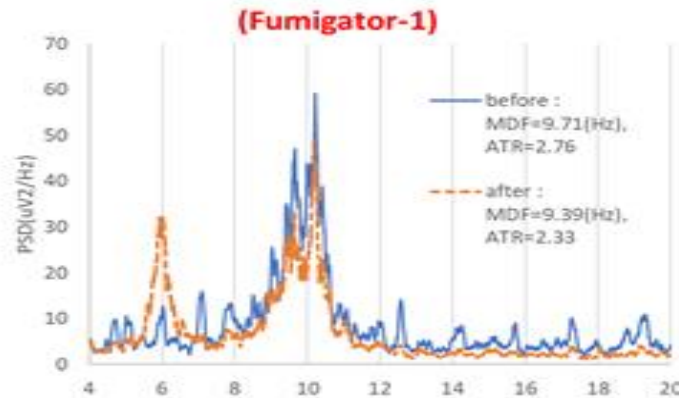
임상전 알츠하이머 질환의 뇌전도 변화는 비침습적이고 비용 효과적인 선별 도구로 환자가 알츠하이머 질환으로 진행할지 여부를 예견하는데 도움이 될 수 있다

메틸브로마이드 훈증제 작업, 중추신경계에 부정적인 영향 미쳐

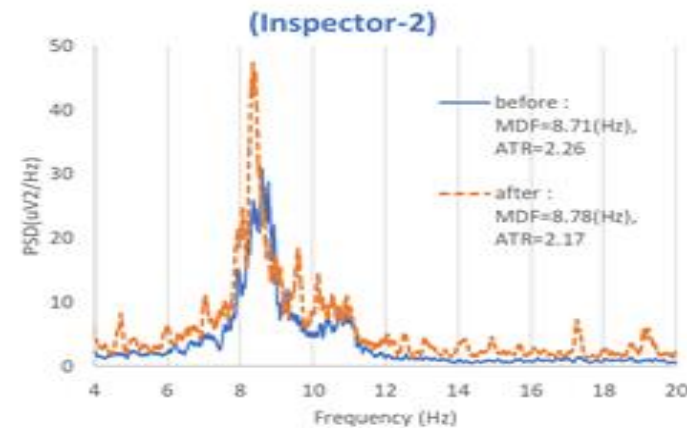
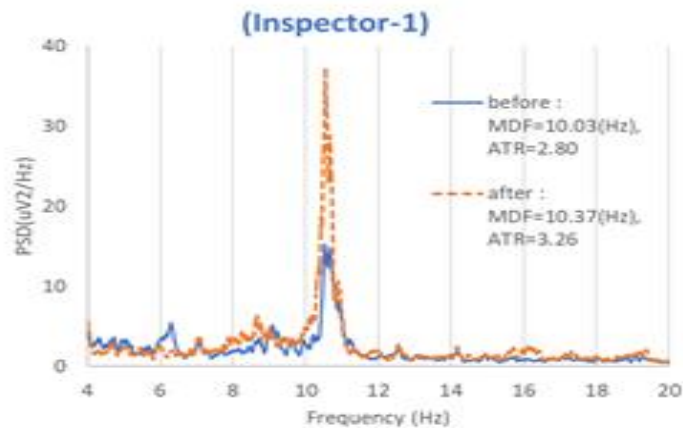


메틸브로마이드는 수출입되는 식물, 토양, 구조물 내 해충을 죽이는데 널리 사용되는 훈증제

(a)



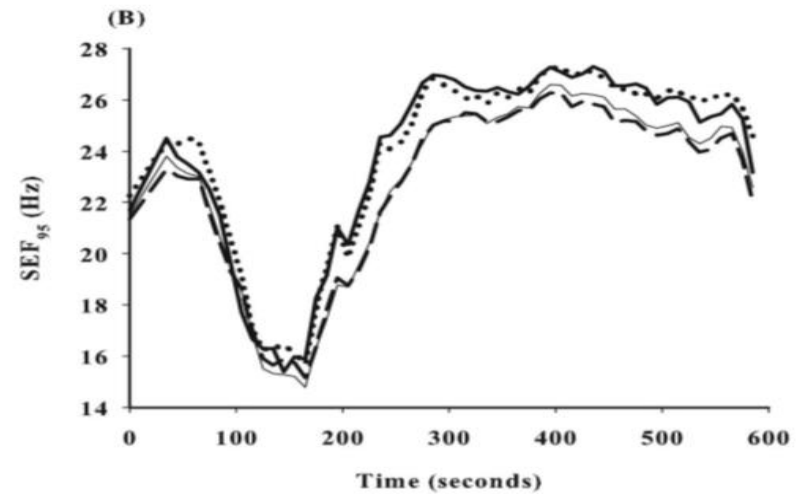
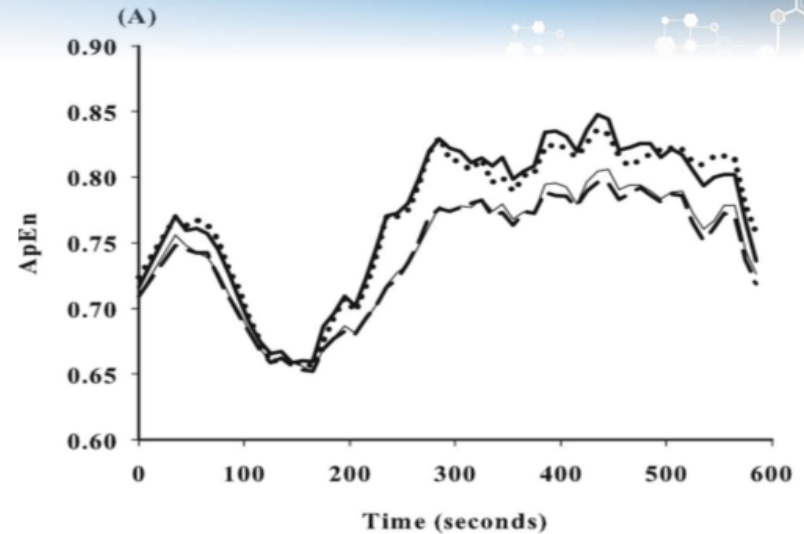
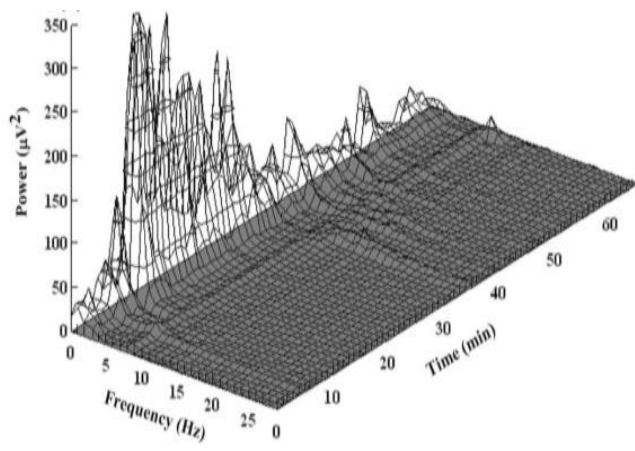
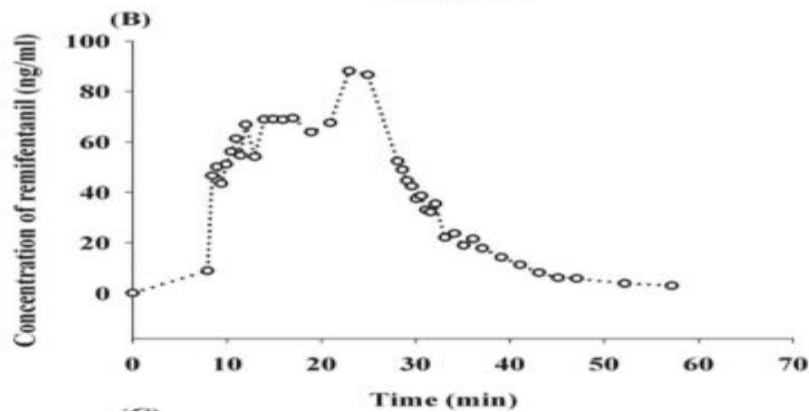
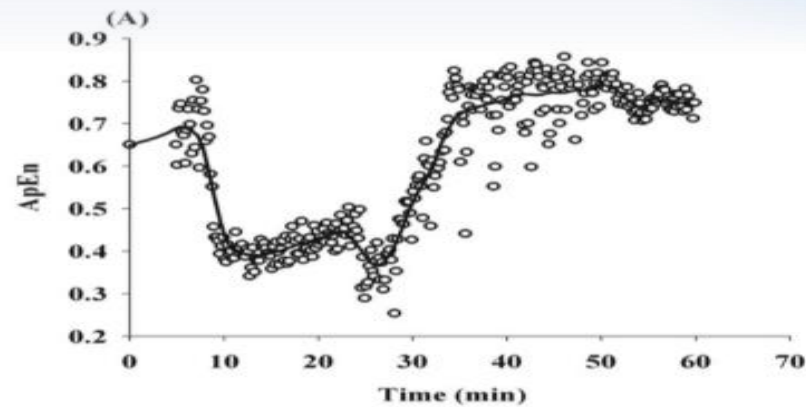
훈증제를 사용한 **작업후 중간 주파수**가 작업전보다 의미있게 감소하였다.
반면 **대조군 (조사 담당자)**에서는 차이가 없었다



또한 소변 브로마이드 이온 수치는 전전두엽 중간 주파수와 반비례하였다. 이는 직업상 메틸브로마이드 MB에 노출되는 경우 건강에 **부정적인 영향**을 받게 된다는 점을 시사한다.

진정 및 전신 마취 상태에서의 일정한 네트워크 (DMN) 활성화도

(Greicius et al., 2008; Vincent et al., 2007)



Anesthesiology 2006; 104:921-32

© 2006 American Society of Anesthesiologists, Inc. Lippincott Williams & Wilkins, Inc.

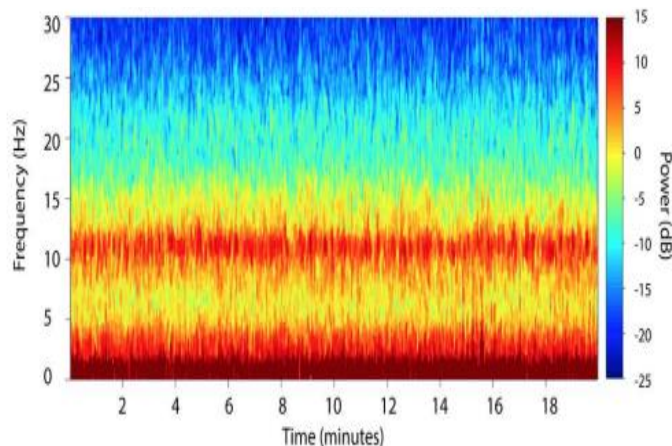
Electroencephalographic Approximate Entropy Changes in Healthy Volunteers during Remifentanyl Infusion

Gyu-Jeong Noh, M.D.,* Kye-Min Kim, M.D.,† Yong-Bo Jeong, M.D.,‡ Seong-Wook Jeong, M.D.,§ Hee-Suk Yoon, M.D.,|| Sung-Moon Jeong, M.D.,‡ Sung-Hong Kang, Ph.D.,# Olinto Linares, M.S.,** Steven E. Kern, Ph.D.††

쉽게 영향을 받는 취약한 뇌 : 낮은 전두엽 알파 파워



버스트 억제가 없는 높은 수준의 알파 파워



버스트 억제가 없는 낮은 수준의 알파 파워

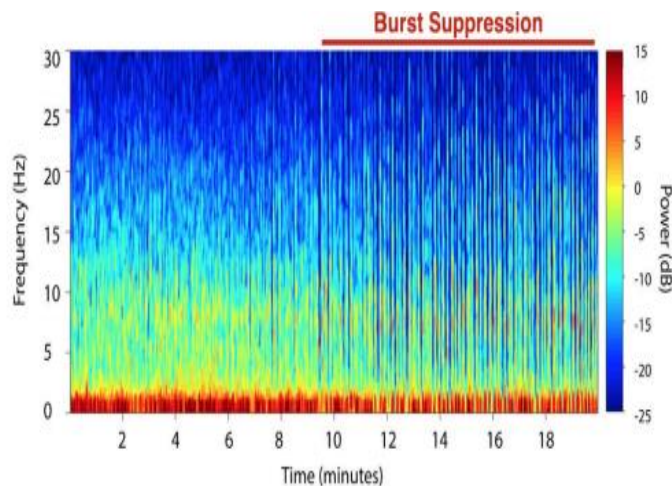
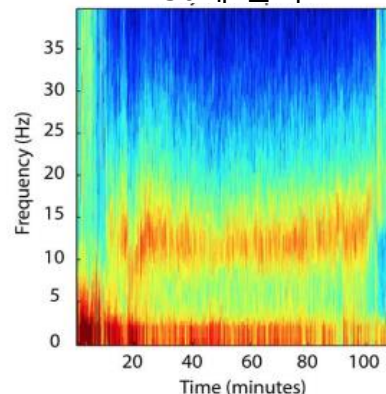
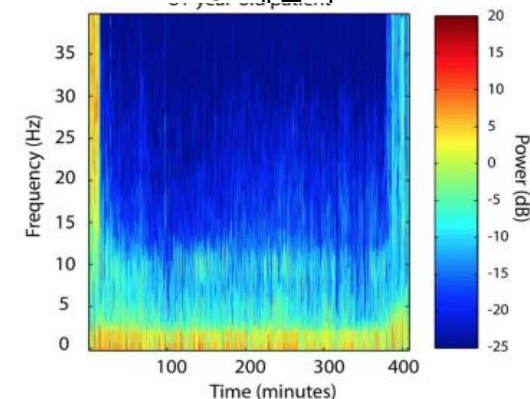


Figure 2. Electroencephalogram spectrograms from individual patients illustrating the relationship between power in anesthesia-induced alpha band activity and burst suppression. Top, The spectrogram shows an example of a patient with high alpha power and no burst suppression. Bottom, The spectrogram shows an example of a different patient with low alpha power and prolonged burst suppression.

30세 환자



81세 환자



The Vulnerable Brain Under Anesthesia

마취로 인해 취약해진 뇌

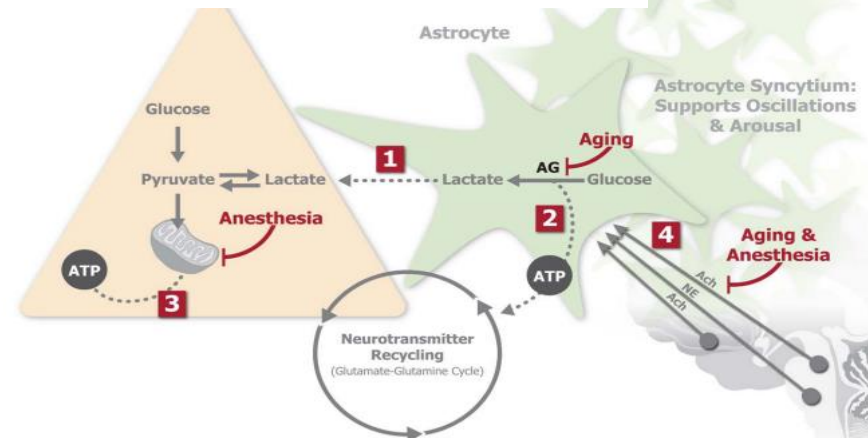


Figure 6. The "vulnerable brain" under anesthesia: a hypothesis linking metabolism, brain oscillations, burst suppression, and cognitive decline. Decreased astrocytic AG in prefrontal cortex fails to provide adequate metabolic support for neuronal oxidative phosphorylation (1) and sustained synaptic neurotransmission (2). Burst suppression is thought to occur when the brain has an inadequate supply of ATP. If metabolism is compromised as in (1) and (2), further depression of brain metabolism by anesthetic drugs via impaired mitochondrial function (3) results in a higher propensity for burst suppression. Astrocytes support brain metabolism, but are also thought to support brain oscillations through their highly connected syncytial networks. In the aging brain with preexisting neuromodulatory deficits, general anesthesia further inhibits subcortical neuromodulatory inputs on astrocyte syncytial networks (4) and suppresses astrocyte-neuron metabolic interactions, leading to less robust brain oscillations. ACh indicates acetylcholine; AG, aerobic glycolysis; ATP, adenosine triphosphate; NE, norepinephrine.

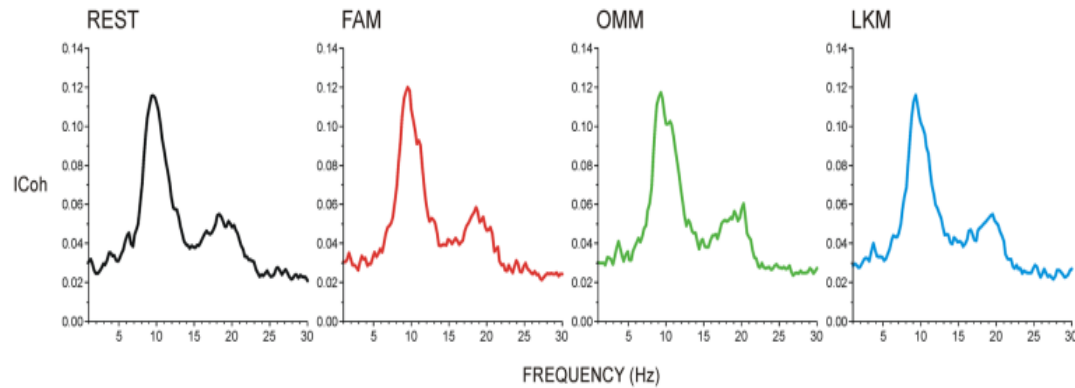


Figure 1. Grand average of the imaginary part of coherence (*ICoh*) as a function of frequency pooled for all investigated electrode combinations during resting state (REST), focused attention meditation (FAM), open monitoring meditation (OMM), and loving kindness meditation (LKM).

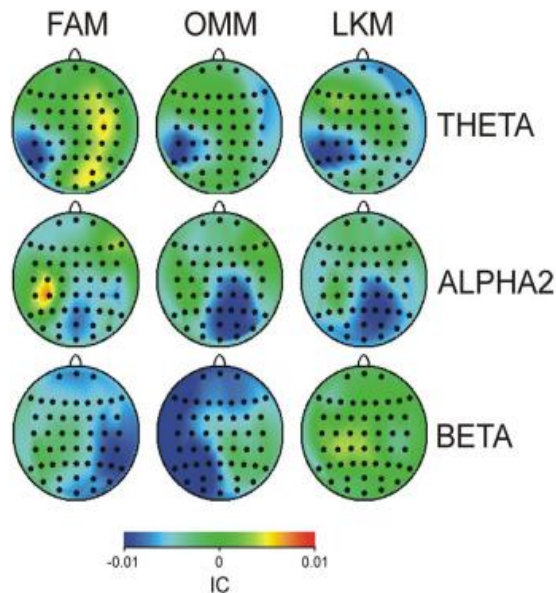
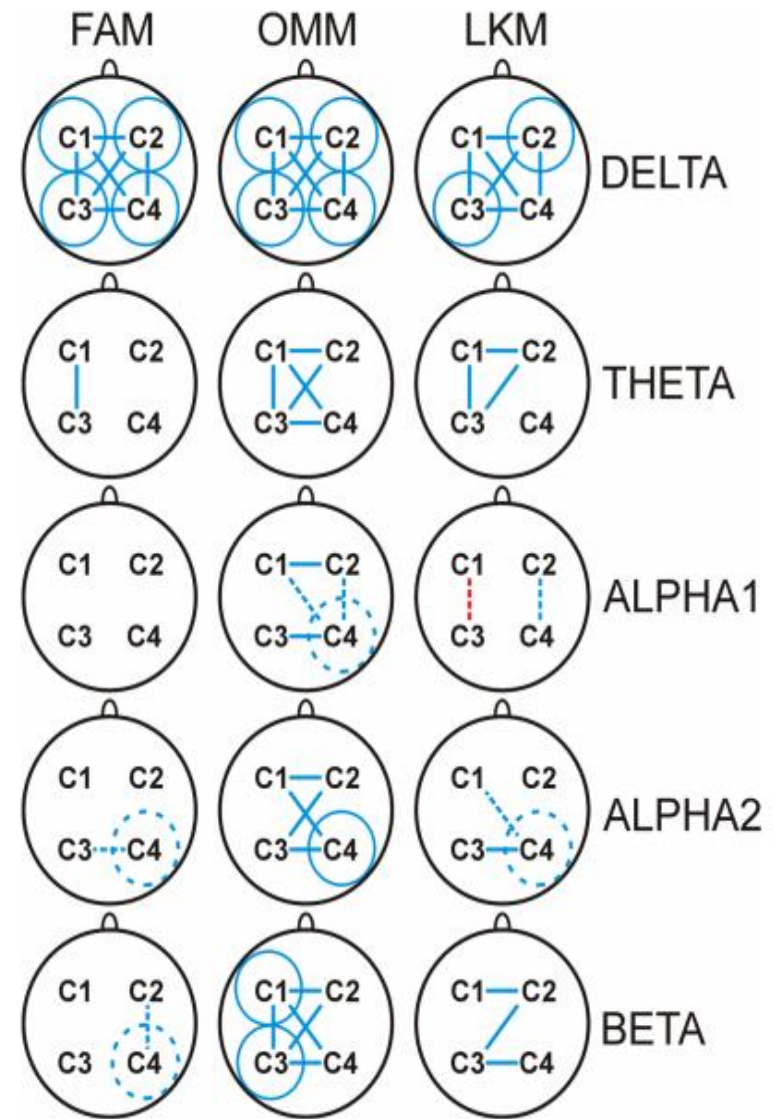
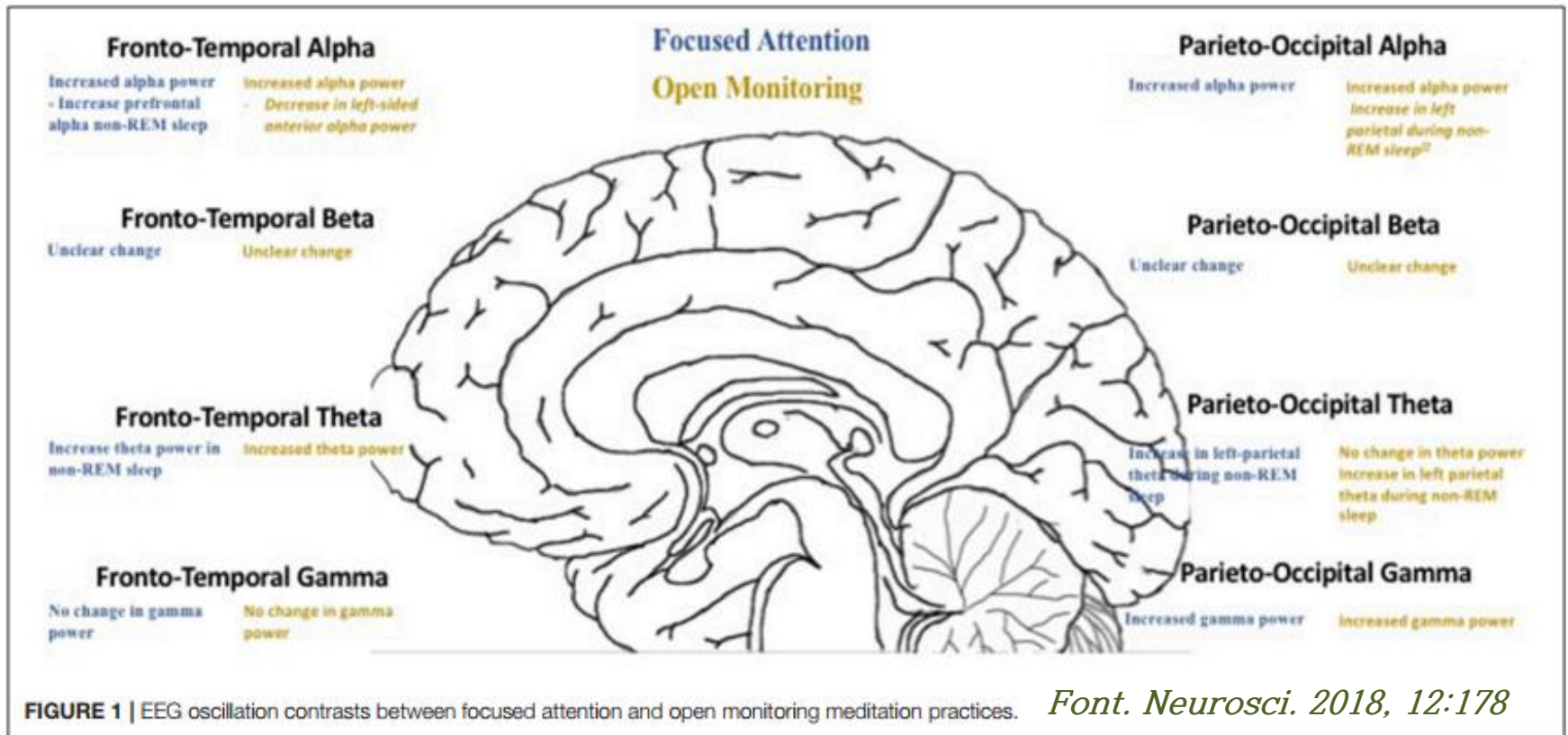


Figure 5. Topography maps of grand average integrated connectivity (IC) presented as a difference between REST and the respective meditation condition (FAM, OMM, and LKM) for three frequency ranges (theta, alpha 2, and beta), which showed systematic differences. Blue colour indicates meditation-related increase; red colour indicates meditation-related decrease.

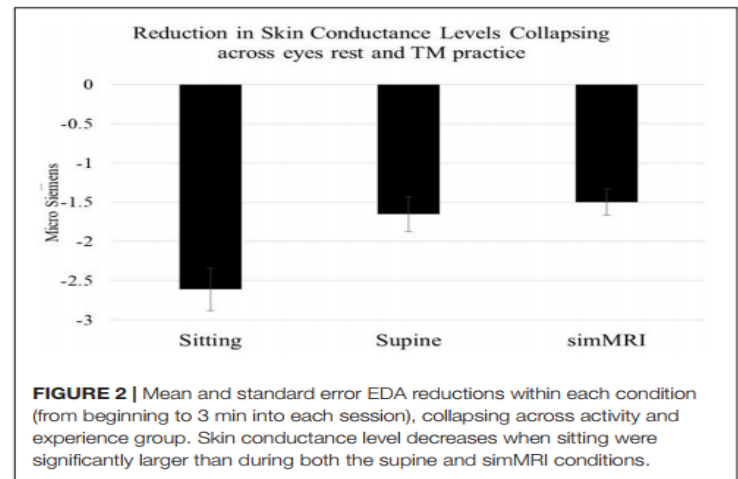
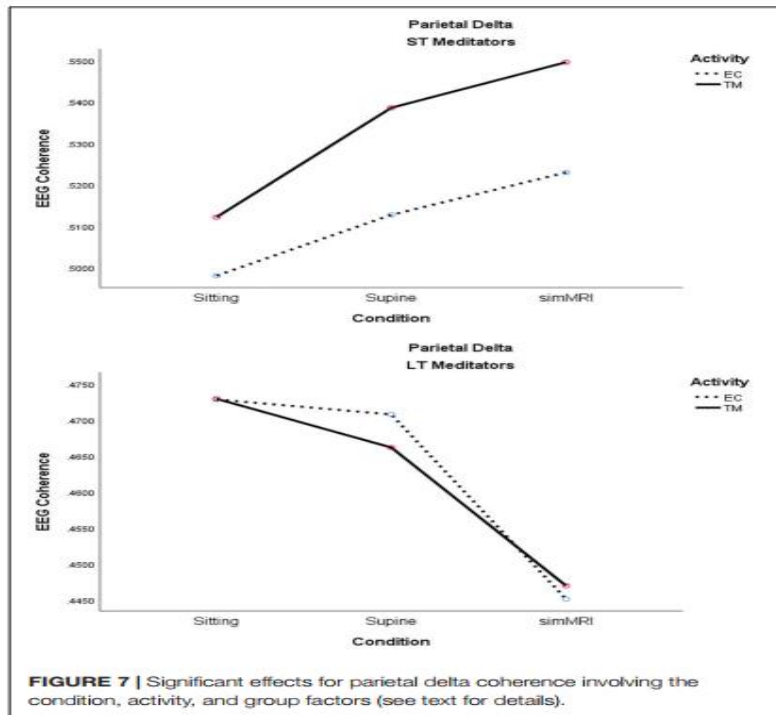
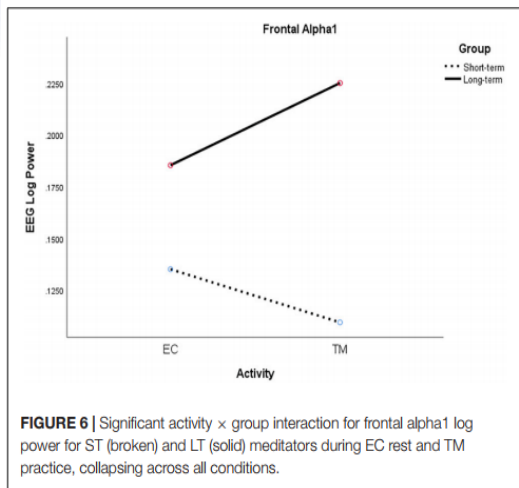




- FA, OM, TM, 및 LK 명상은 명상 훈련 기간이 증가할수록 더 큰 변화가 생기며, 명상을 하지 않는 사람과 비교할 때 명상하는 사람의 경우 진동 활성화도가 전반적으로 증가한다.
- 알파 활성화도는 FA 및 OM 명상을 하는 동안 뇌의 후방 영역에서 증가한다. 전방 영역에서 FA 명상은 양측에서 알파 파워가 증가하고 OM 명상은 왼쪽에서 파워가 감소한다.
- 이런 명상 과정 중 감마 활성화도는 전두엽 영역에서 비슷하지만 두정엽과 후두엽 영역에서 증가 정도가 다양하게 나타난다.



초월명상 (TM): EEG 코히런스 (일관성)



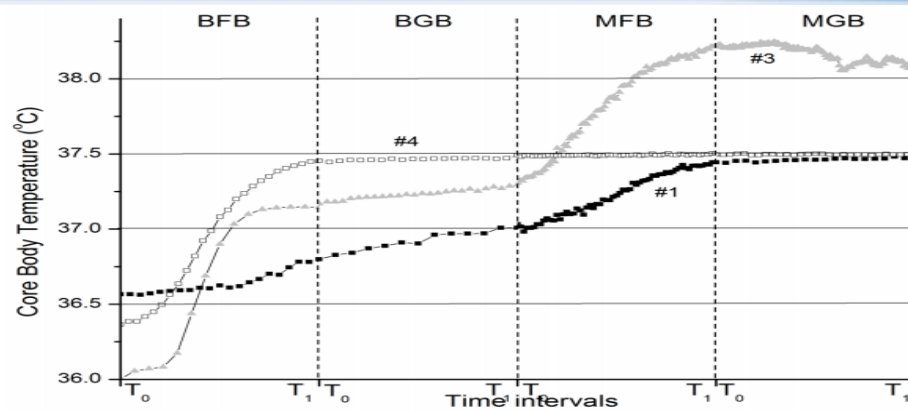


Figure 3. CBT increases for Study 1 participants #1, #3, and #4 during BFB, BGB, MFB, and MGB performed in a continuous sequence. Since the duration of each of the four practices varied from participant to participant, to simplify the figure presentation, the duration of each practice is rescaled from 0 to 1, with t_0 the starting point of each practice, and t_1 the ending point.
doi:10.1371/journal.pone.0058244.g003

힘찬 호흡 (FB) 및 부드러운 호흡 (GB)

- 1) Baseline FB (BFB)
- 2) Baseline GB (BGB)
- 3) Meditation FB (MFB)
- 4) Meditation GB (MGB)

* 참가자들 모든 상황에서 눈 뜬 상태 유지.

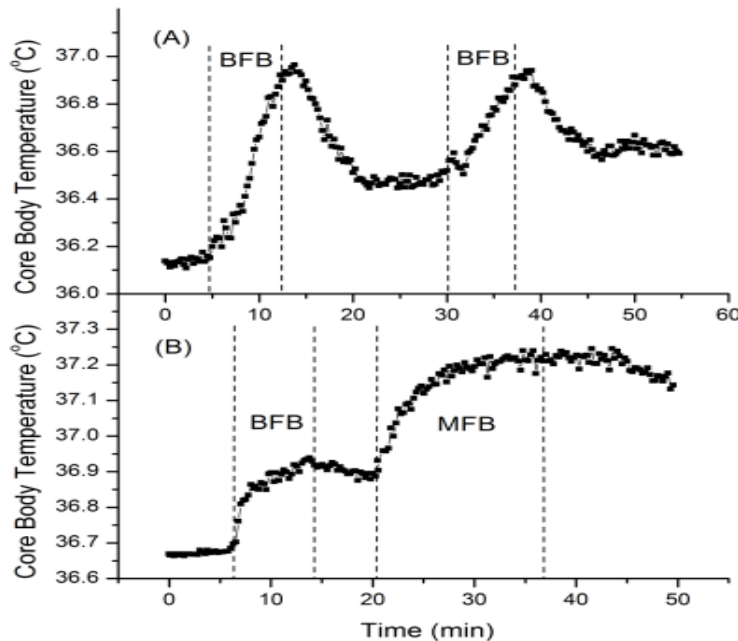


Figure 7. CBT increases during FB as performed by a Western non-meditator and a Western g-tummo practitioner. The vertical dashed lines indicate the beginning/end of different phases of the practice; (A, Western non-meditator): rest, BFB, rest, BFB, rest, and (B, Western g-tummo practitioner): rest, BFB, rest, MFB, rest.
doi:10.1371/journal.pone.0058244.g007

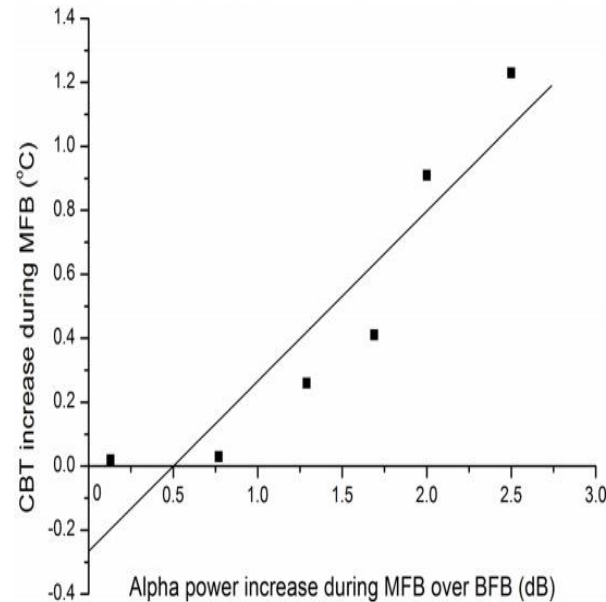


Figure 5. CBT increases during FB meditation in Study 1 as a function of alpha power increases during MFB over BFB (solid line represents regression).

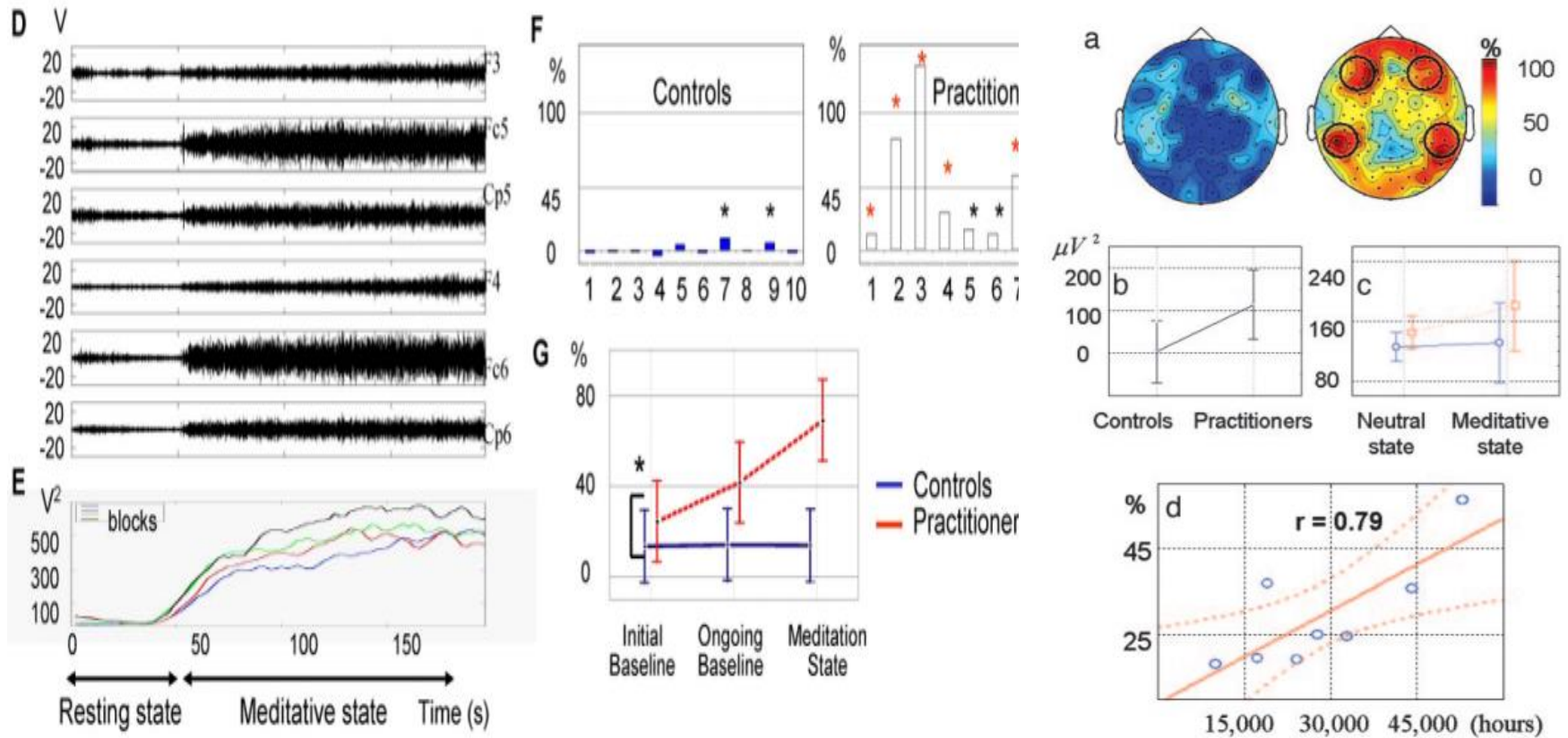
doi:10.1371/journal.pone.0058244.g005



Figure 2. Hand position during g-tummo meditation.
doi:10.1371/journal.pone.0058244.g002

붓다의 뇌 : 장기 불교 수행자

고진폭 감마 동기화는 분산된 신경 프로세스를 고도로 정돈된 인지 기능 및 정서 기능으로 통합하는 일시적인 네트워크 구성에 결정적인 역할을 할 수 있다.



PNAS, 2004, vol.101, no.46

IEEE Signal Process Mag. 2008, 25(1)

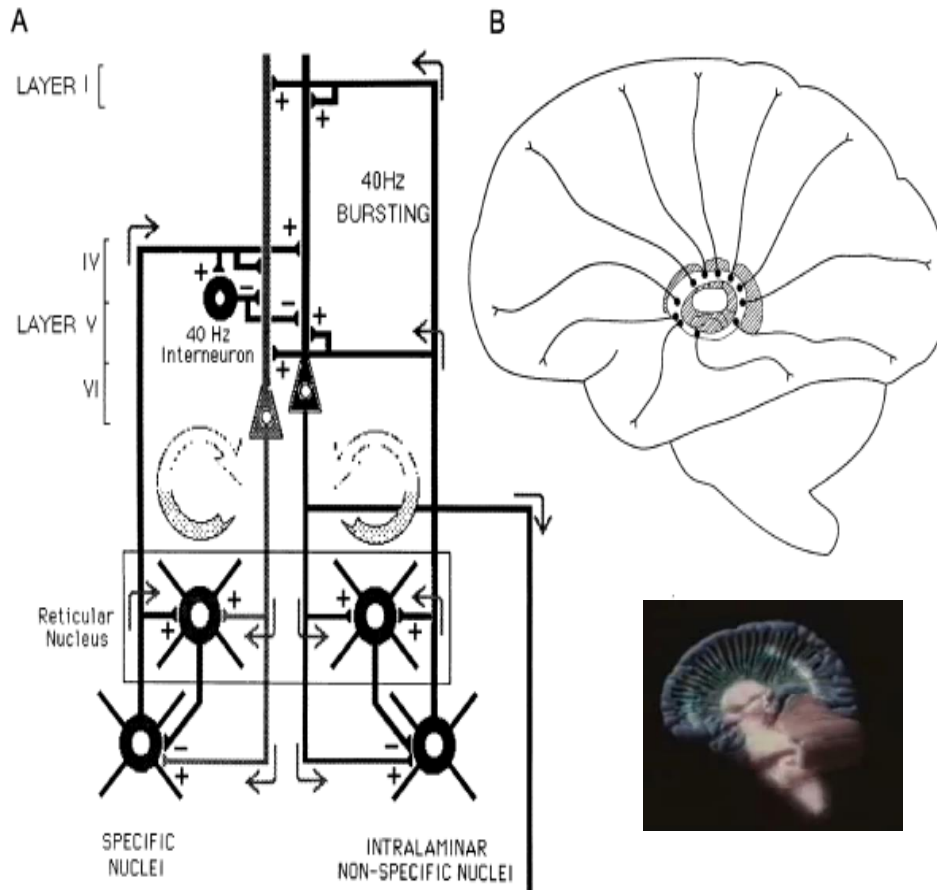


FIG. 4. Thalamocortical circuits proposed to serve temporal binding. (A) Diagram of two thalamocortical systems. (Left) Specific sensory or motor nuclei project to layer IV of the cortex, producing cortical oscillation by direct activation and feed-forward inhibition via 40-Hz inhibitory interneurons. Collaterals of these projections produce thalamic feedback inhibition via the nucleus reticularis. The return pathway (circular arrow on the right) reenters this oscillation to specific and reticularis thalamic nuclei via layer VI pyramidal cells. (Right) Second loop shows nonspecific intralaminar nuclei projecting to the most superficial layer of the cortex and giving collaterals to the reticular nucleus. Layer V pyramidal cells return oscillation to the reticular and the nonspecific thalamic nuclei, establishing a second resonant loop. The conjunction of the specific and nonspecific loops is proposed to generate temporal binding. (B) Diagram of the intralaminar nuclear complex, seen as a circular neuronal mass (stippled shading). Other nuclei in the thalamus are shown as hatched shading. The intralaminar nuclear complex projects throughout neocortical layer I.

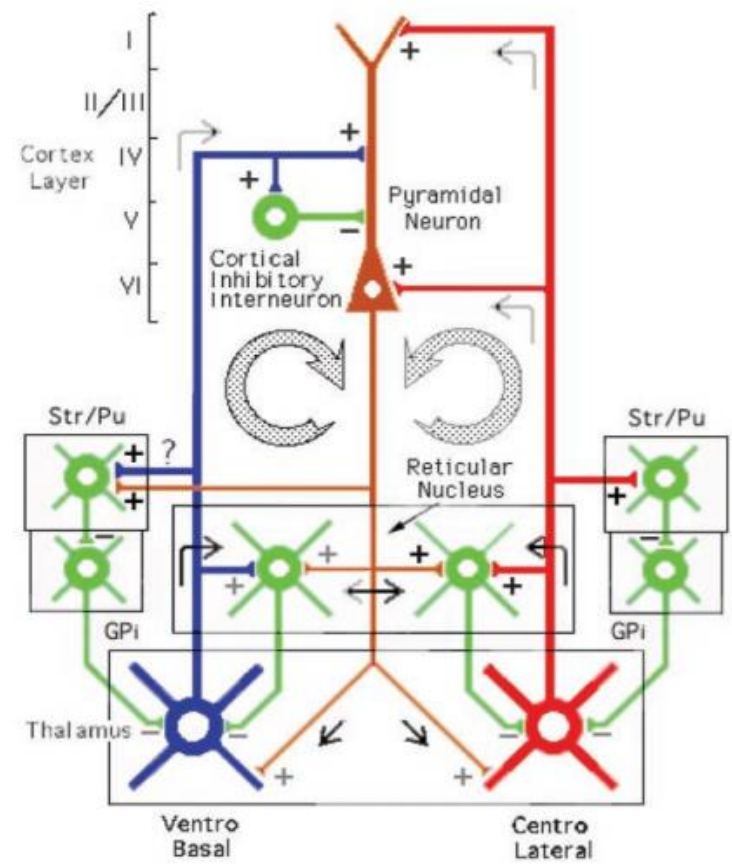
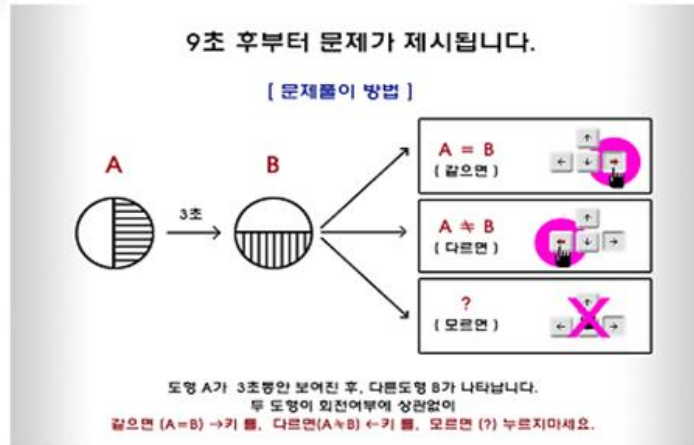


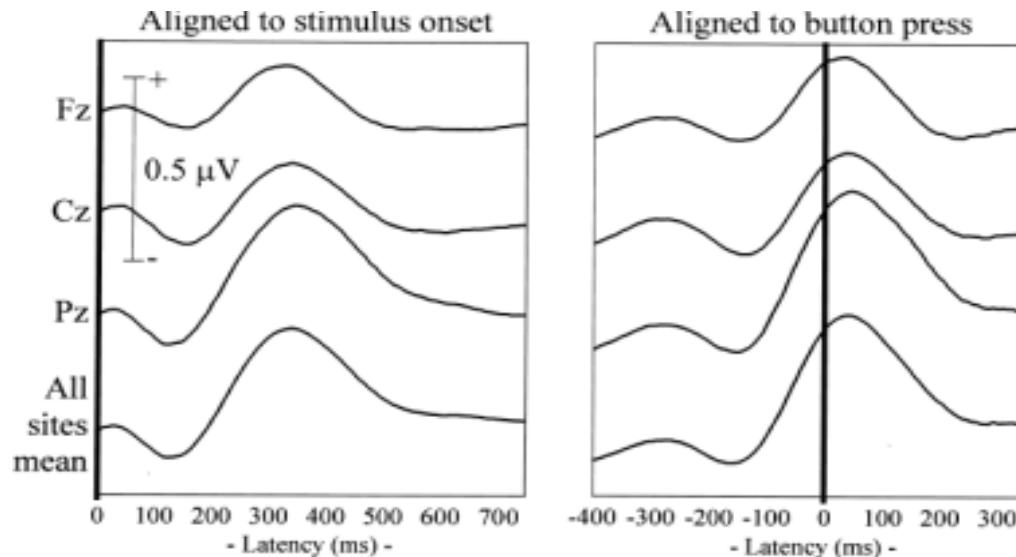
Fig. 5. Thalamocortical circuits proposed to subserve temporal binding; diagram of the two thalamocortical systems. The first loop shows the specific ventrobasal nucleus projecting to layer IV of the cortex and to inhibitory interneurons and collaterally to reticular nucleus and striatum/putamen. The second loop shows the nonspecific centrolateral intralaminar nucleus projecting to layers I and VI and also giving collaterals to reticular nucleus and striatum/putamen. Collaterals of these two thalamocortical projections also produce thalamic feedback inhibition via the reticular nucleus and globus pallidus (GPI). The return pathway (in brown) from deep layers V-VI returns the oscillation to the thalamic reticular, ventrobasal, and centrolateral nuclei.



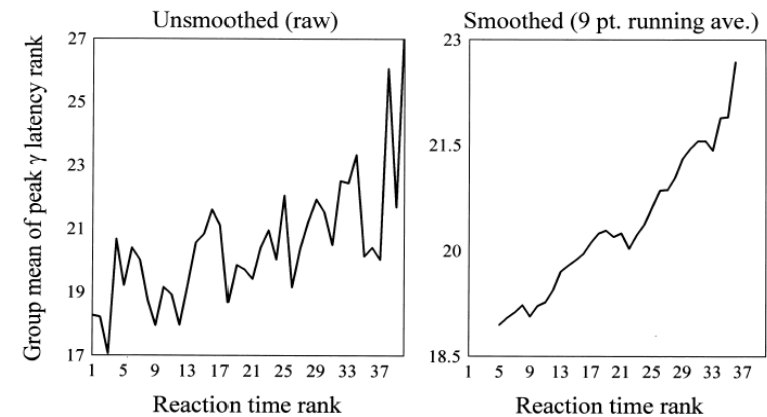
Cognitive Discrimination Task

지각(Perception), 주의(Attention), 재인(Recognition memory match with LTM), 단기 기억(Short term memory(STM)), 추론(Reasoning), 비교(Comparison)와 같은 고차인지과정(Higher Cognitive Process)들이 효율적으로 연합(Binding) 작동하는 Cognition Task

감마 진폭 파형의 대 중간값



피크 감마 대기 시간 및 반응 시간 : 상관관계



International journal of Psychophysiology, 1996, Vol.24.

Frontal gamma-band enhancement during multistable visual perception

감마 엔트레인먼트: 고차의 뇌 영역들을 연합하고 신경보호

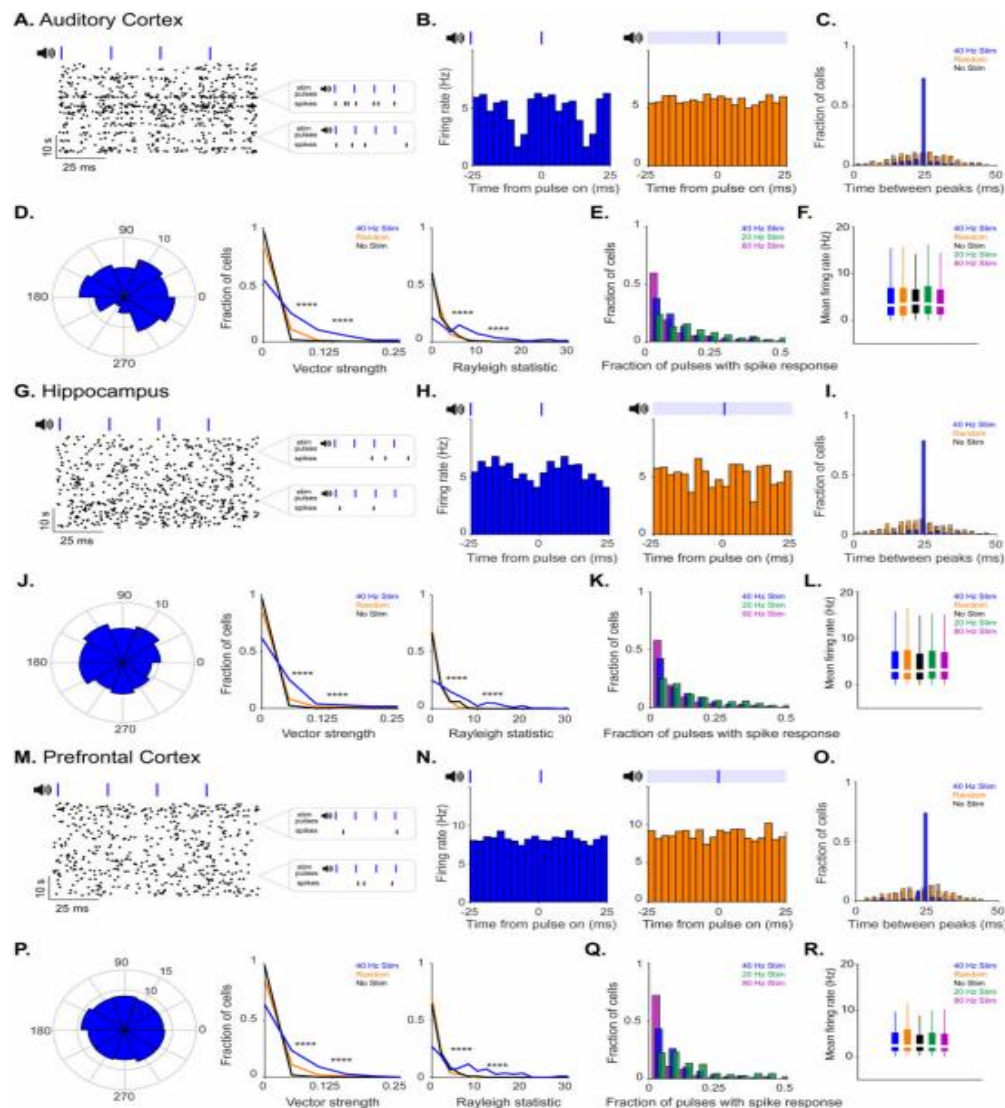
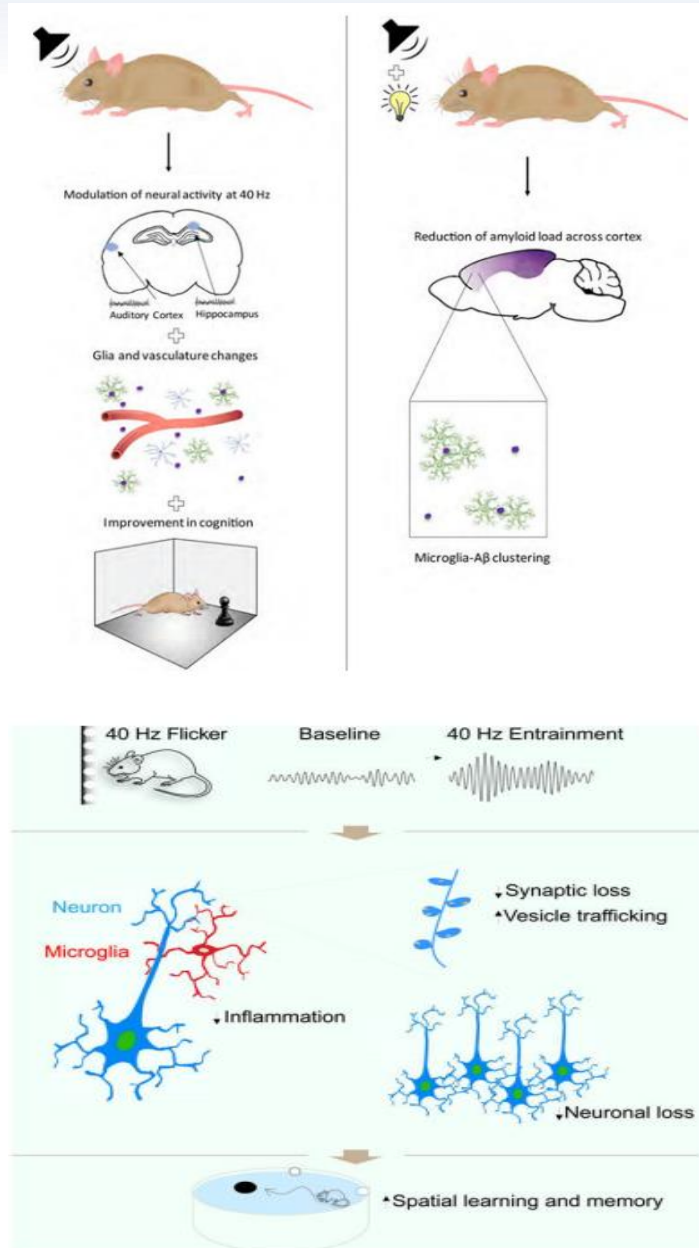


Figure 1. 40 Hz auditory stimulation modulates spiking activity in AC, CA1, and mPFC

Martorell AJ, et al. *Cell*. 2019.
Adaikkan C, et al. *Neuron*. 2019.

불교의 선정 명상

불교의 명상은 크게 고요 또는 평온이라는 의미를 가진 사마타(Samatha)와 통찰 또는 지혜란 뜻의 위빠사나(Vipassana) 두 가지로 구분할 수 있다.

선정 명상은 samatha의 일부로, '전념/몰두'를 의미한다.

1. 스핀들 모양 뇌파

초선의 선정 요소

- 일으킨 생각(vitakka)
- 지속적인 고찰(vicāra)
- 희열, 활기찬 관심 (pīti)
- 행복, 만족, 지복(sukha)
- 일념(ekaggatā)

2선의 선정 요소

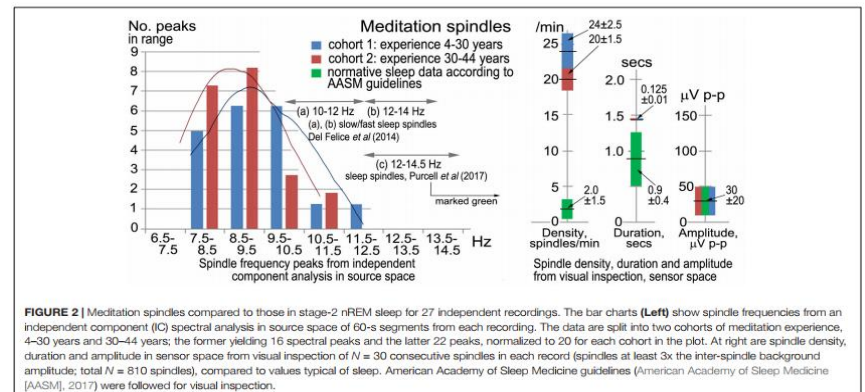
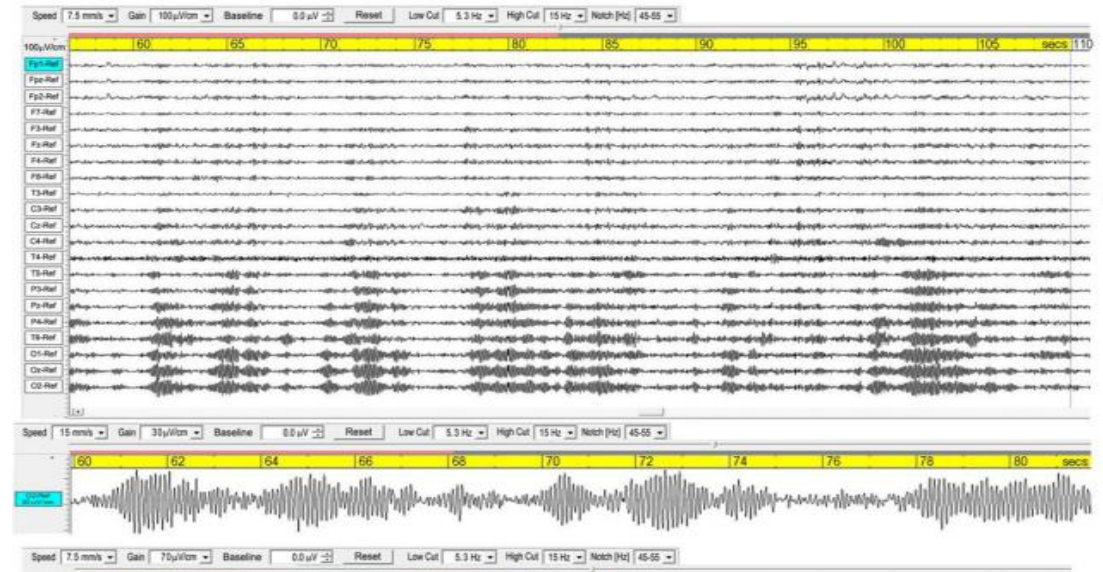
- 희열, 활기찬 관심 (pīti)
- 행복, 만족, 지복(sukha)
- 일념(ekaggatā)

3선의 선정 요소

- 행복, 만족, 지복(sukha)
- 일념(ekaggatā)

4선의 선정 요소

- 일념(ekaggatā)
- 평정심(upekkha)



2. Infraslow-Wave (ISW) Activity

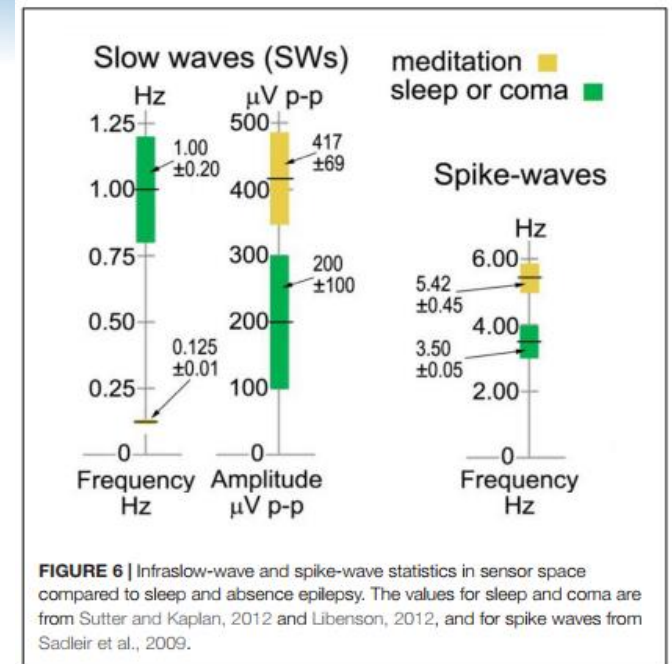
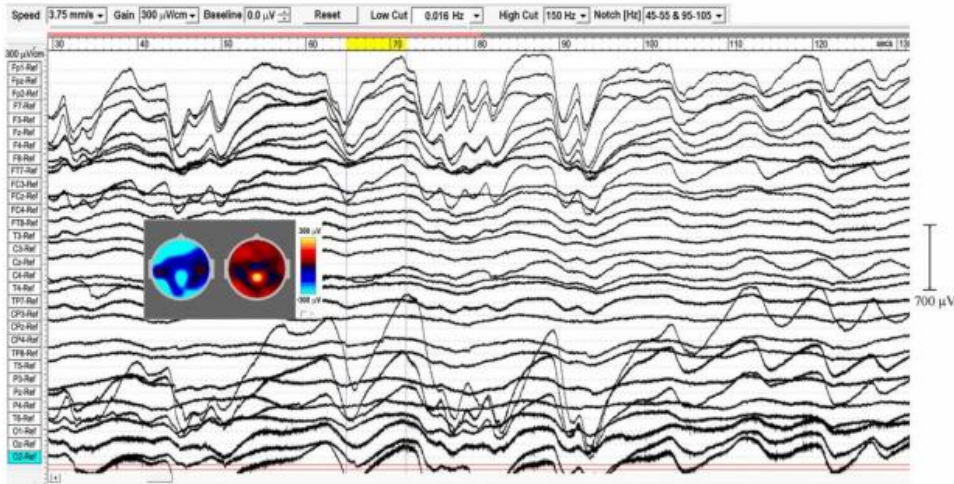


FIGURE 6 | Infraslow-wave and spike-wave statistics in sensor space compared to sleep and absence epilepsy. The values for sleep and coma are from Sutter and Kaplan, 2012 and Libenson, 2012, and for spike waves from Sadleir et al., 2009.

3. Spike-Wave Activity

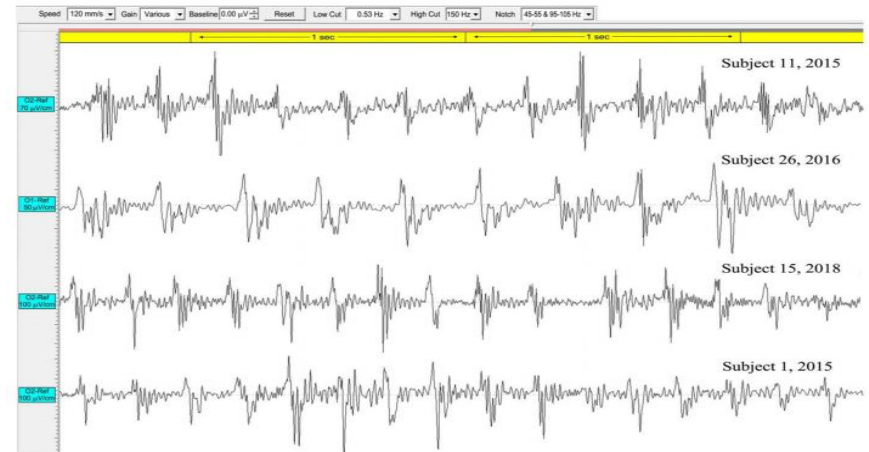
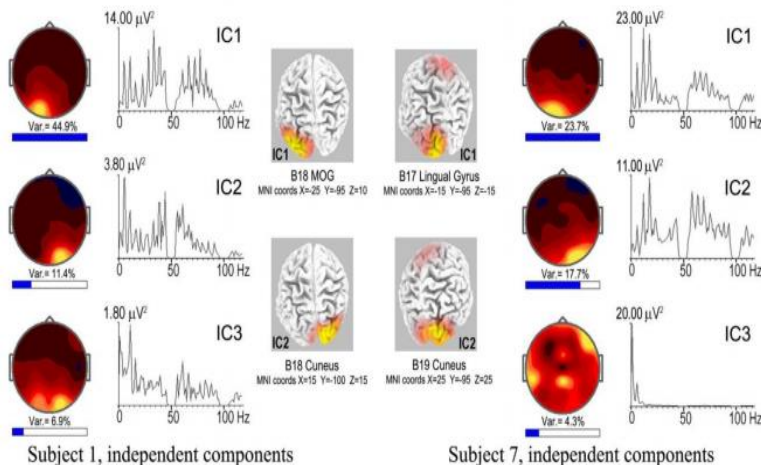


FIGURE 10 | Above are four examples of spike-wave bursts at occipital sites, using a bandwidth 0.53–70/150 Hz. Top to bottom are excerpts from an 8.6-s burst, subject 11, 2015; a 50-s burst, subject 26, 2016; an 8.3-s burst, subject 15, 2018; and a 3.025-s burst, subject 1, 2015. Below are the strongest ICs for subjects 1 and 7, from 3.025-s and 7.0-s bursts respectively, computed using eLoreta, showing harmonic spectral structure, spectral intensity distributions, and 3D source maps.

명상시 EEG의 주요 특징

1. 알파피크 안정성(중심성)

2. 알파피크 증폭
(alpha coherence증가, 눈뜨기 상태에서도 알파피크)

3. 알파피크 변조

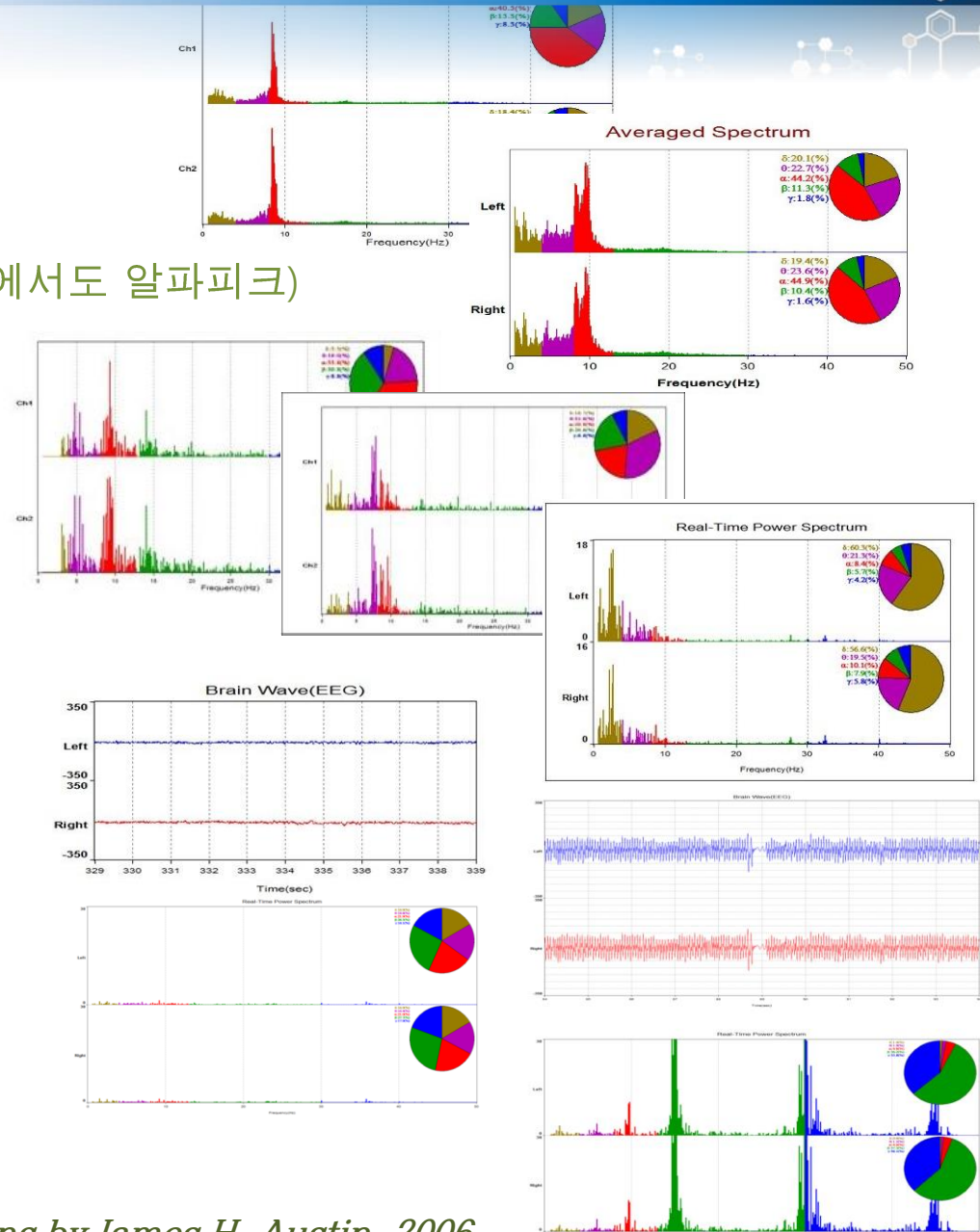
4. 세타피크 출현

5. 델타피크 출현

6. 적멸파

7. 감마피크 출현

8. 상/하향 자유 변조



고차원 의식 ◆ 변화된 (저차원) 의식

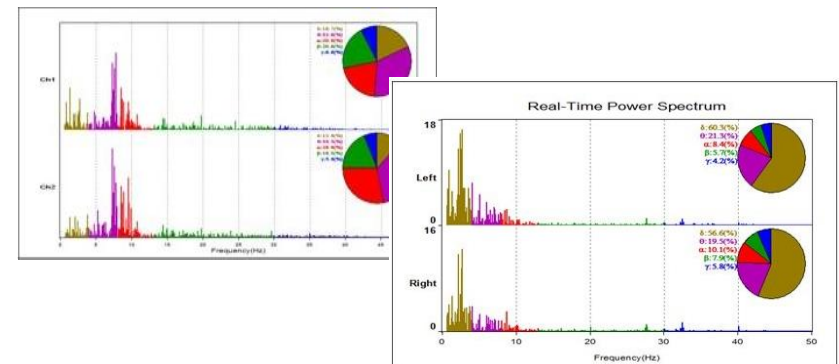
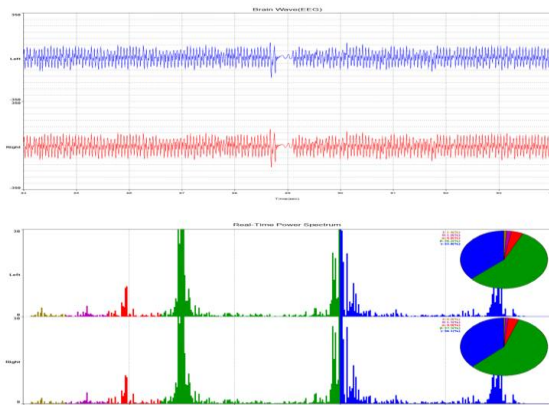


고차원 의식 : 빠른 뇌파 리듬

- 각성한 의식
- 집중을 유지하고 하나로 통합된 경험을 지각하려면 전두엽이 최소 8Hz 이상의 주파수 대역에서 작동. 우주 만물과의 합일을 지각하기 위해서는 전두엽이 훨씬 더 빠른 주파수, 즉 40 Hz에 이르는 감마파 대역에서 작동해야 함.
- ‘영적 각성 체험’은 주로 전두엽을 활성화시키고 우반구는 부차적으로만 관여. 전두엽 활동이 증가하는 동시에 우반구가 활발하고 더 잘 통합되어 있는 뇌는 우주만물과 하나가 되며 모든 사람이 연결되어 있다고 느낌.
- 현실세계가 더 사실적. 40 Hz의 빠른 감마파는 입력된 수많은 감각 정보를 뇌에서 모두 결합해서 하나의 완전한 경험으로 만드는 일에 관여. 감각 정보들의 다중화 속도가 빨라서 고해상도 지각이 가능. 세상을 고화질(HD)로 경험.

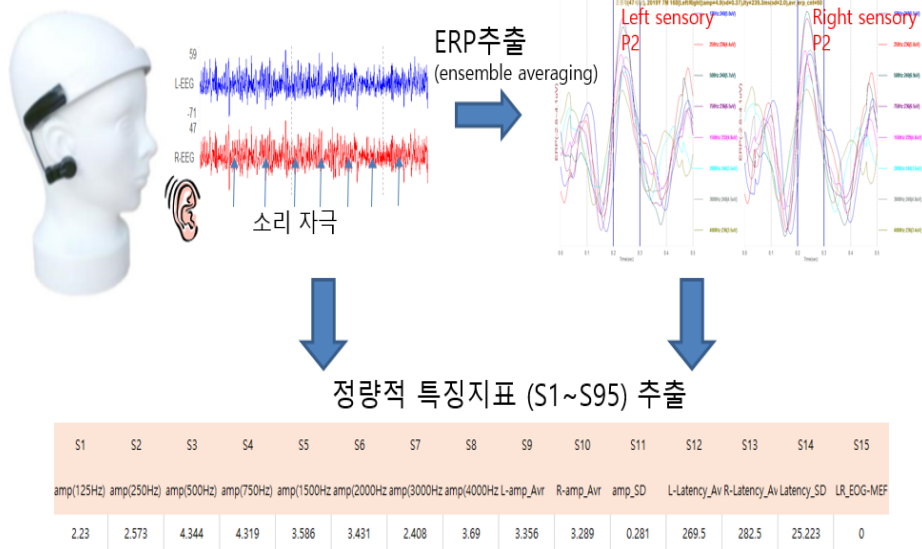
변화된 의식(저차원) : 느린 뇌파 리듬

- 무의식과 잠재의식의 영역
- 알파파 또는 세타파가 나타나는 수동적이거나 고요하거나 공허하거나 반각성한 상태를 유도
- 변연계와 같은 깊이 위치한 뇌구조물이 우반구 관여. 전두엽과 좌반구 전체는 활동하지 않고 심지어 억제됨
- 신비체험을 하는 건 우반구가 활성화 되었기 때문. 잠재의식이 제시하는 환영이나 기이한 광경을 우연히 접하고 영적 각성의 신호로 받아들이는 경우 빈번함.
- 저차원 의식에 있으면서 잠재의식을 직면하고 꿈과 유사한 현실을 경험

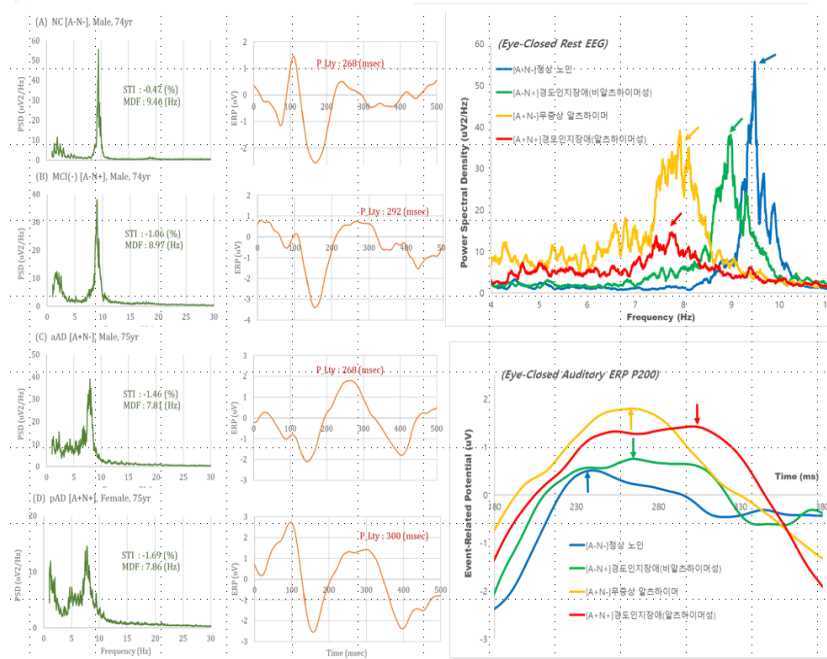
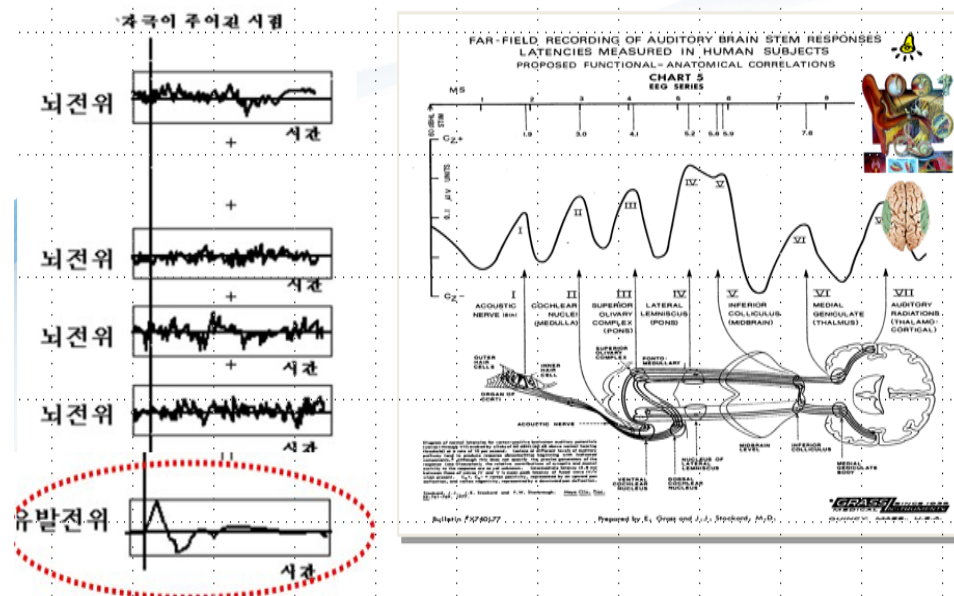
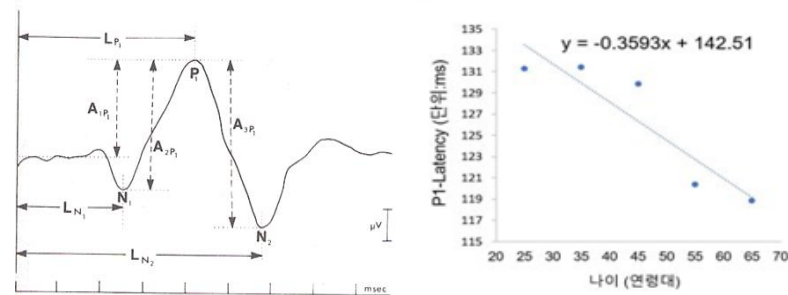


ERP : 감각 기능 평가

Sensory-ERP: 단순 반복 소리 자극 뇌파 측정 (8분)

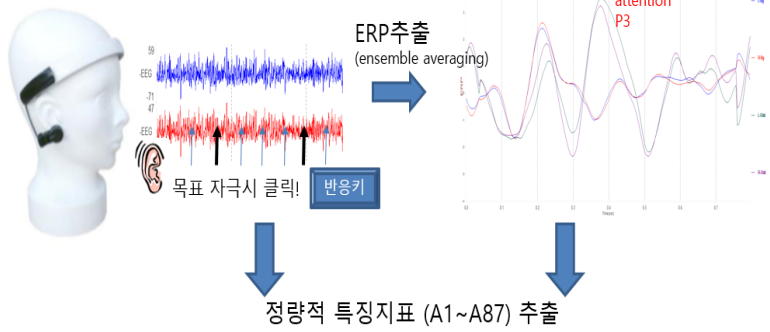


- 감각 사건 관련 전위 (ERP)는 가청 주파수 범위 내의 다양한 소리 자극에 대한 뇌의 전기적인 반응을 뜻한다.
- 뇌의 지각 기능은 감각 ERP 피크의 진폭과 지연 시간에 의해서 평가될 수 있다

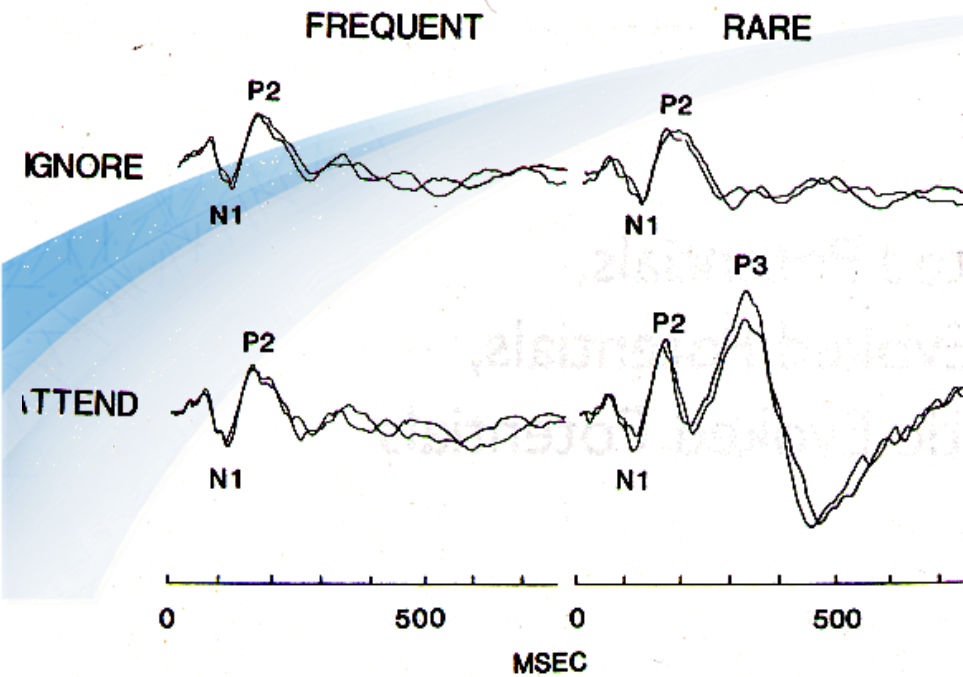
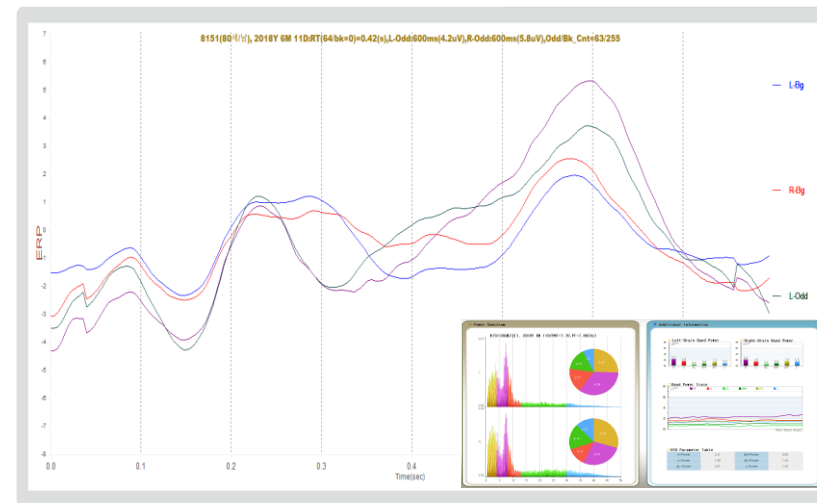
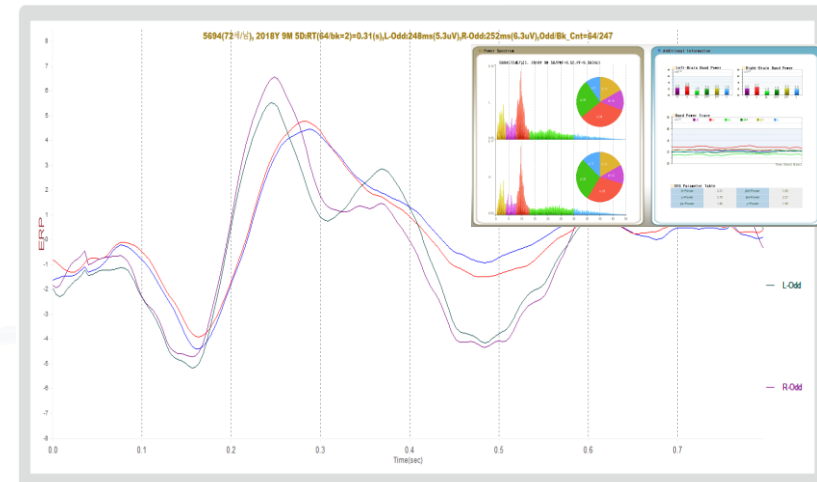


ERP: 주의 반응 P300 평가

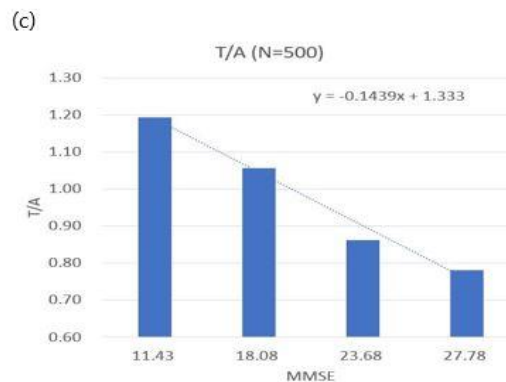
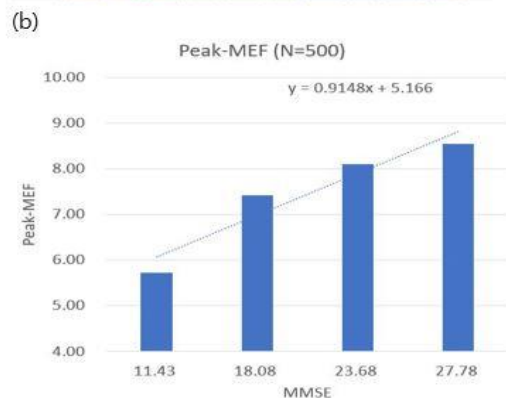
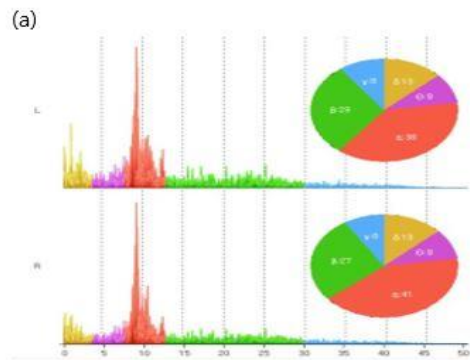
Attention-ERP: 선택적 주의반응 뇌파 측정 (5분)



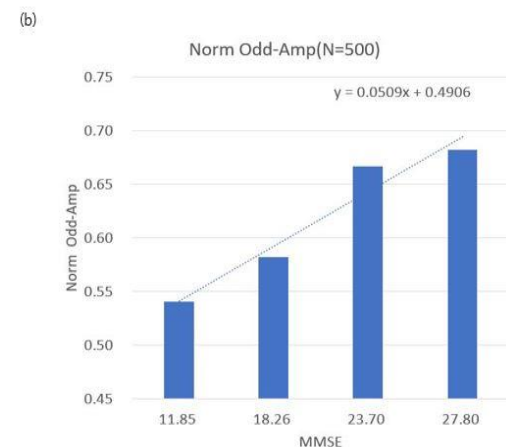
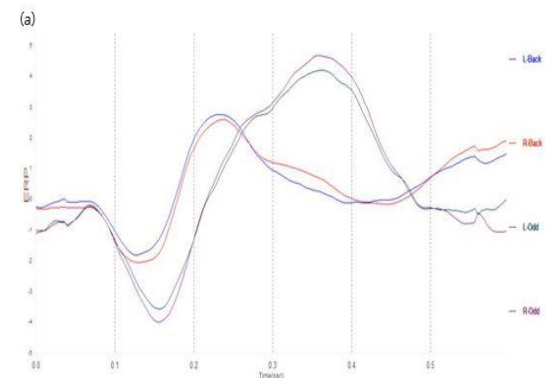
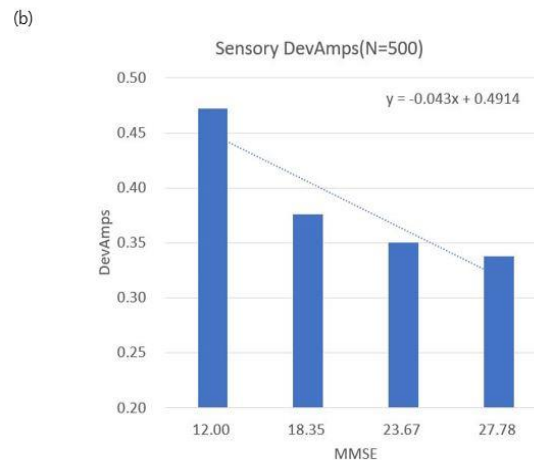
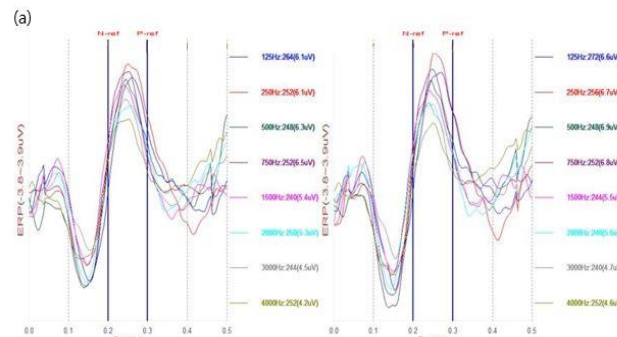
- 드물게 나타나는 자극에 대한 뇌의 전기적인 반응은 300ms에서 P3라고 불리는 양의 피크를 보인다.
- P3의 진폭과 지연시간은 뇌의 집중력 기능을 반영한다. 일반적으로 치매의 경우 지연시간이 길고 진폭은 작다.



전전두엽 뇌전도 (EEG)/사건 관련 전위 (ERP) 바이오마커와 MMSE 점수



MMSE에 의해서 평가되는 인지 능력의 감소의 중증도에 따라서 피험자를 M4 (전단계, MMSE 26-30), M3 (경증, MMSE 21-25), M2 (중등증, MMSE 16-20), 및 M1 (중증, MMSE 0-15)의 4 개의 인지 단계들로 분류하였다.



일부 EEG 바이오마커는 인지기능이 저하함에 따라 같이 하강하였다

집중 주의 명상 Focused attention meditation (FAM, 8 주) : 종단 ERP 연구



- Oddball 과제[양자극]를 수행하는 동안 P3 진폭 유의하게 상승
- 표적 자극에 대한 반응 시간이 짧아짐

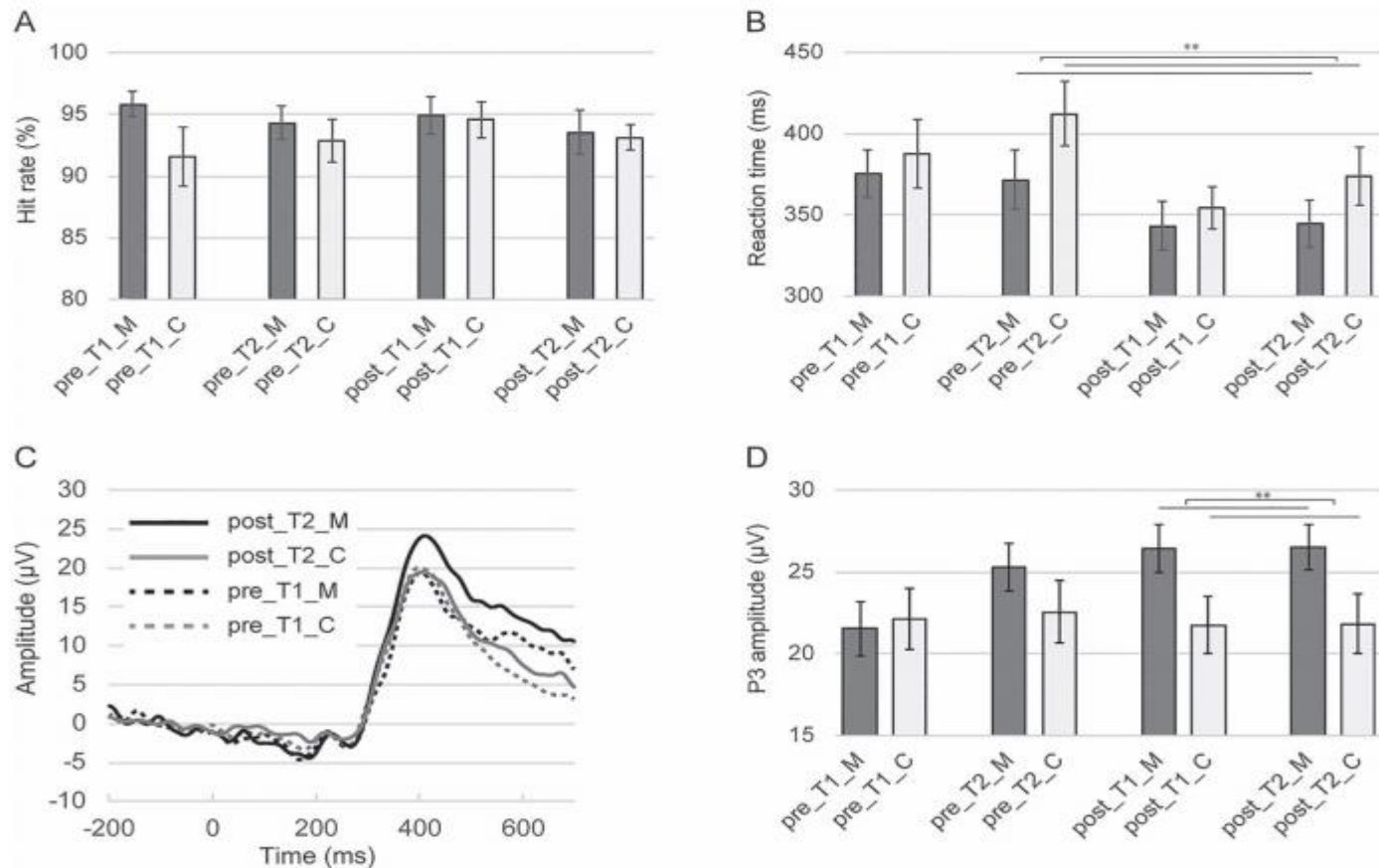


Fig. 1. Behavioral and event-related potential (ERP) results during three-stimulus oddball task. (A) indicates hit rate in each condition. (B) indicates reaction time to target stimuli in each condition. (C) indicates ERP waveform at Pz at the time that participants responded to target stimuli. (D) indicates P3 amplitude at Pz at the time that participants responded to target stimuli. pre_T1_M, pre-training, T1 condition, meditation group; pre_T1_C, pre-training, T1 condition, control group; pre_T2_M, pre-training, T2 condition, meditation group; pre_T2_C, pre-training, T2 condition, control group; post_T1_M, post-training, T1 condition, meditation group; post_T1_C, post-training, T1 condition, control group; post_T2_M, post-training, T2 condition, meditation group and post_T2_C, post-training, T2 condition, control group. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$. Error bars indicate standard error.

감정적 간다/안간다 과제

: 명상은 감정적 반응을 조절하고 자극에 대한 흥분 억제력 개선에 도움이 될 수 있다.

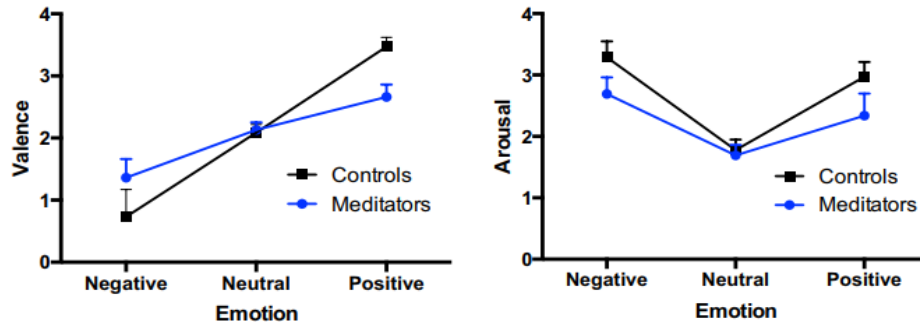


Figure 1. Valence (left) and arousal (right) ratings of the emotional pictures used in the emotional Go/Nogo task. The meditators subjectively evaluated the emotional pictures lower in valence and arousal than the athlete control participants.

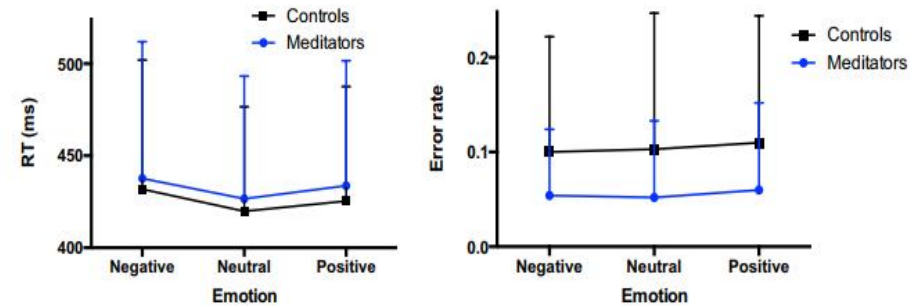


Figure 2. Reaction times for Go trials (left) and total error rates (right) for the emotional Go/Nogo task for each emotional condition. Meditators made significantly fewer errors than controls, while being equally fast on the task.

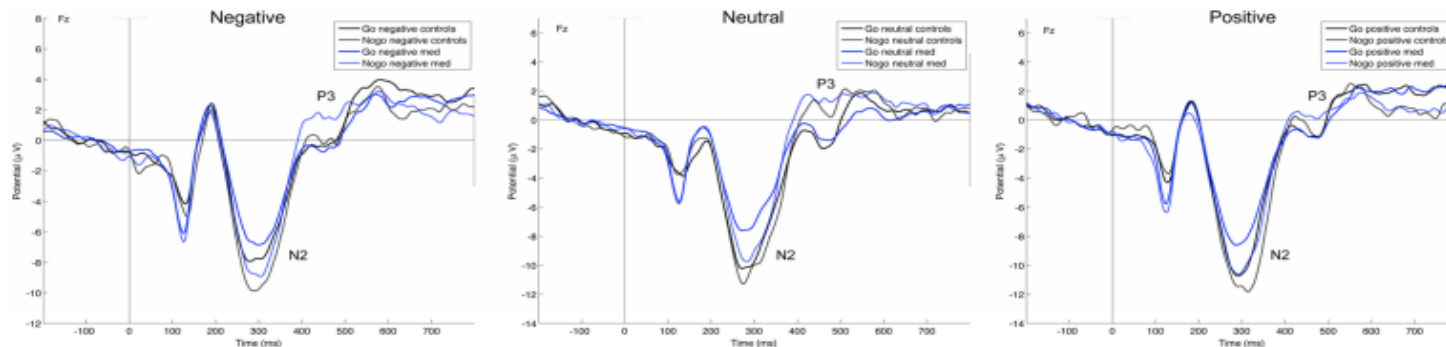
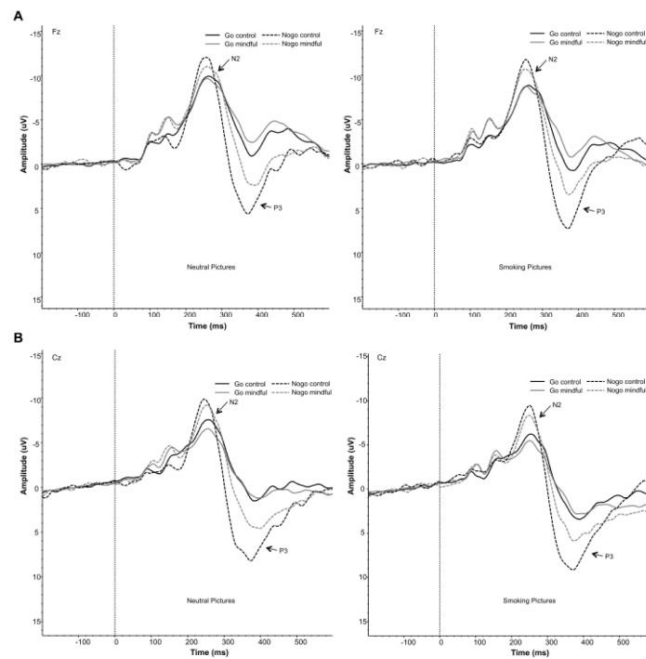


Figure 3. This figure displays grand-average stimulus-locked ERP waveforms at electrode Fz, separately for correct Go and Nogo trials and for negative (left), neutral (central) and positive (right) pictures, for the meditator and control group. Meditation experience was not associated with differences in ERP indices of response inhibition. That is, the difference in N2 and P3 amplitude in NoGo vs. Go trials did not differ between groups.

사건 관련 전위 (ERP) :

반응 억제의 신경 지표들에 대한 마음챙김의 효과

Go/NoGo 과제



8 주 MBRP 프로그램

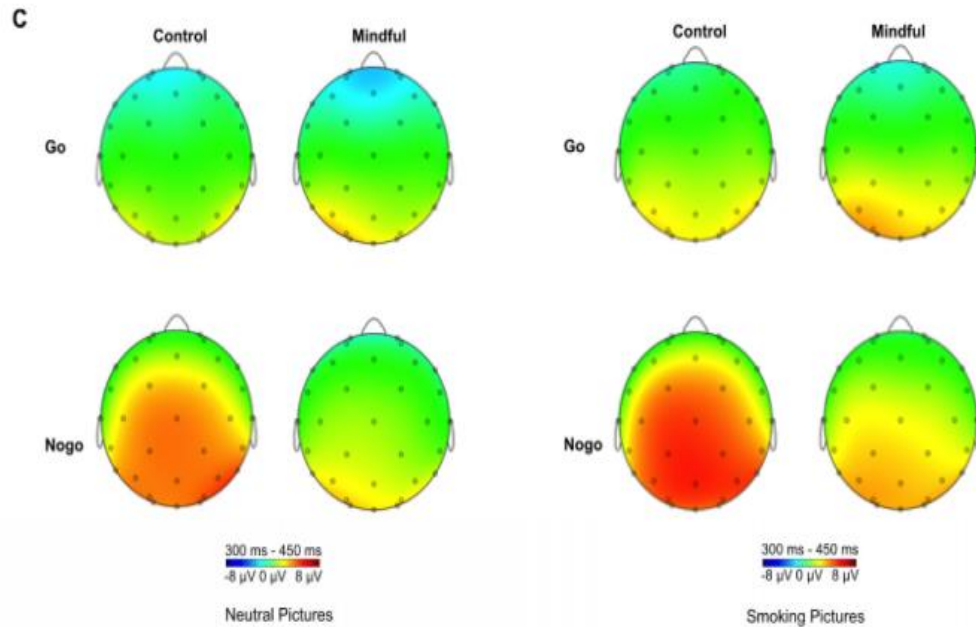
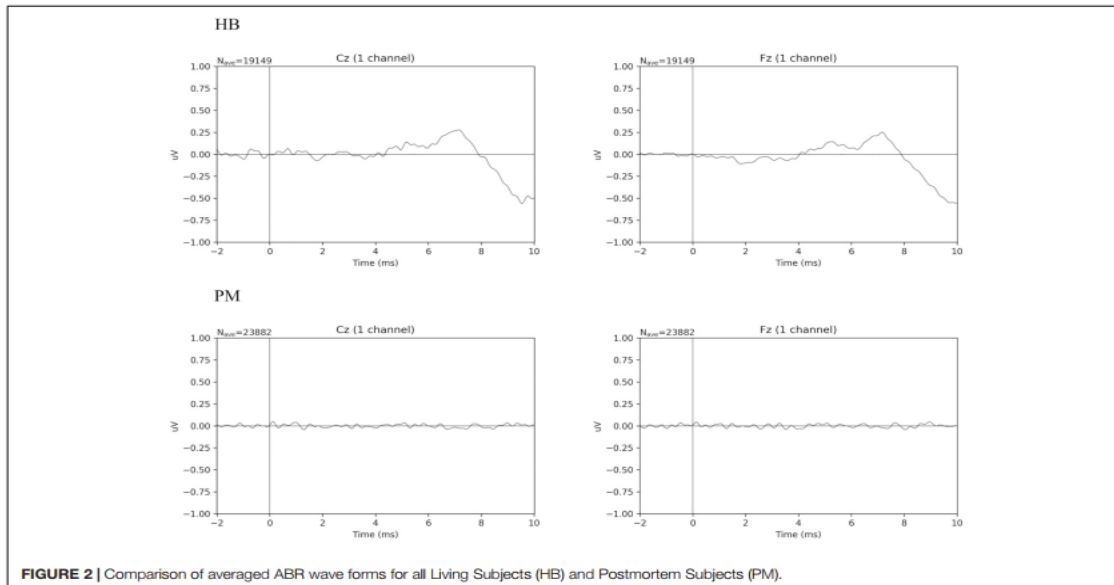
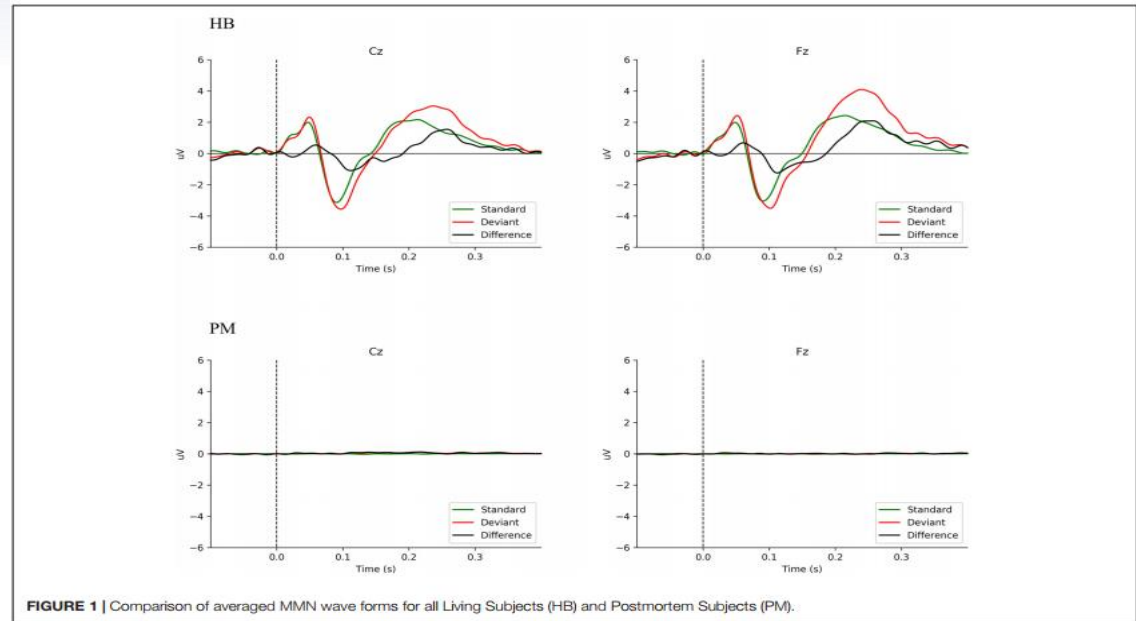


Fig 3. Effects of mindfulness on neural indices of response inhibition. Shown are grand-average stimulus-locked ERP waveforms for neutral (left) and smoking pictures (right) at Fz (Panel A) and Cz (Panel B), separately for correct Go and NoGo trials and the mindfulness and control group. Scalp voltage maps are shown in Panel C for mean amplitude for 300–450 ms. As can be seen, the mindfulness group displayed a reduced NoGo P3 compared to the control group.

특담 [깊은 명상 상태]에서는 EEG 활동이 감지되지 않음 [티벳불교 명상자들]

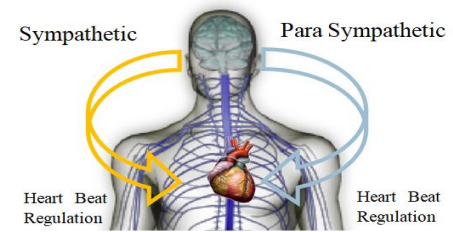
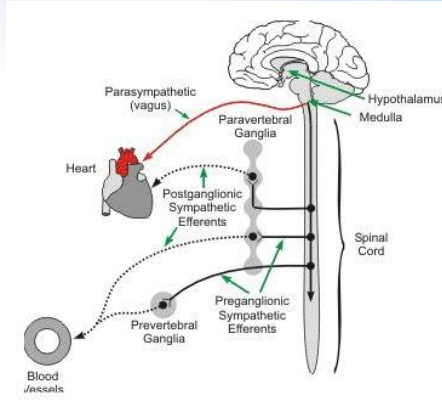
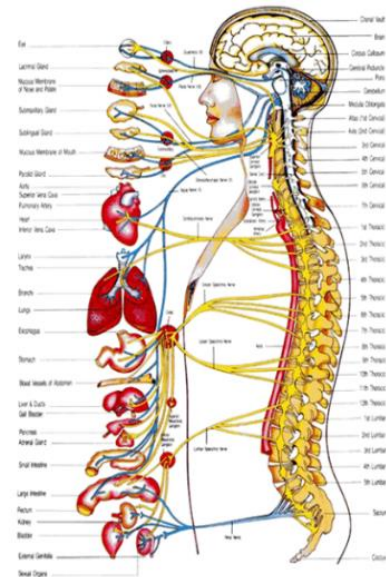


건강한 사람 HB(healthy Baseline)
과 사후 피험자 PM(postmortem)
에서 MMN에 대한 ERP 반응



청성 뇌간반응 (ABR)

자율신경계 : 심장 박동 변이



Heart Beats
The activities of **Sympathetic** and **Para-Sympathetic** are **overlapped** in heart beat intervals (t_1, t_2, \dots, t_N on below figure.).

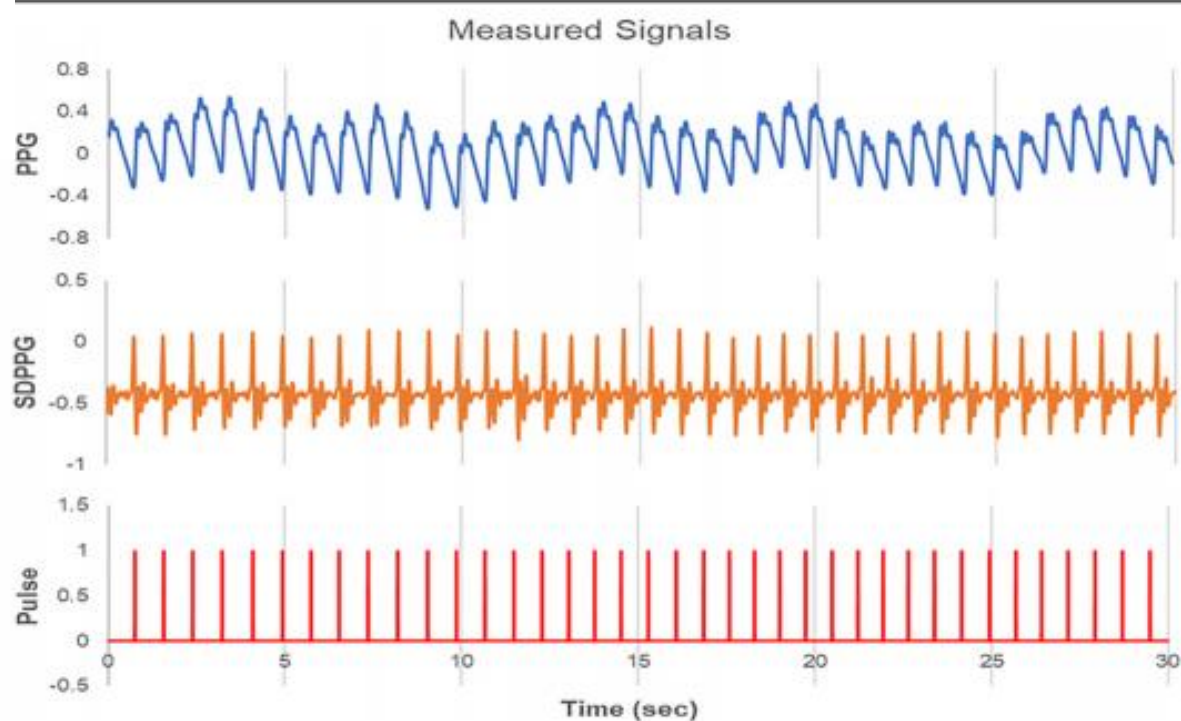
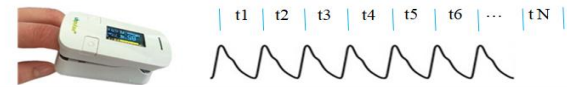
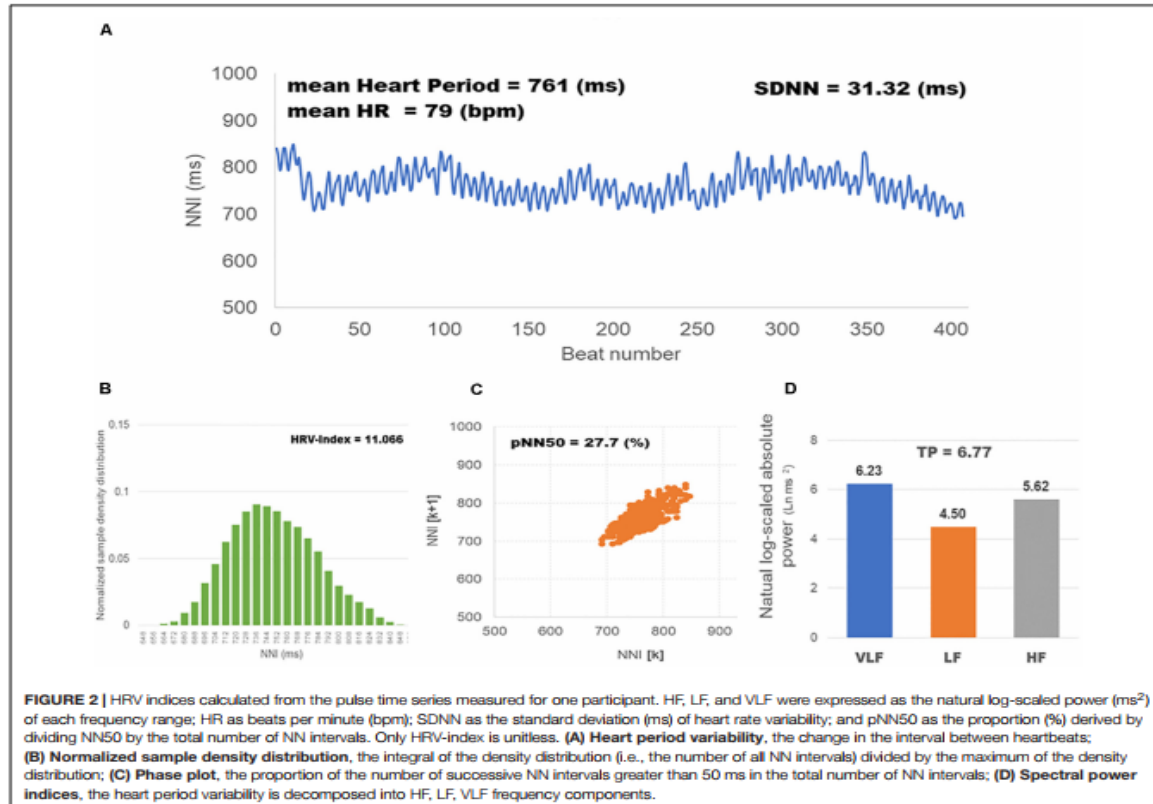
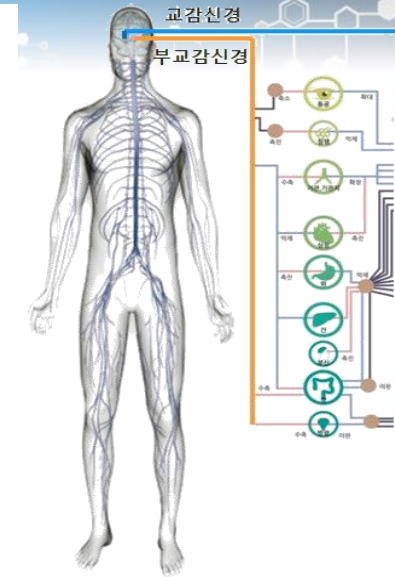
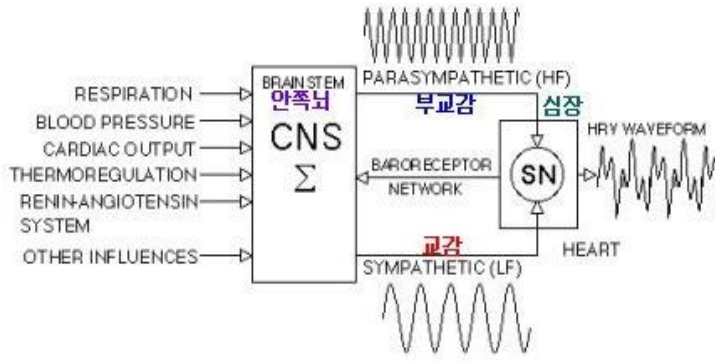


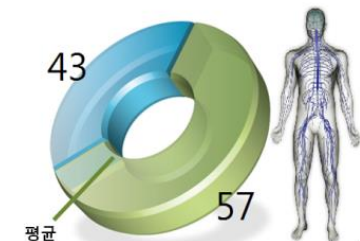
FIGURE 1 | Signals measured by the PPG device (ubpulse T1). Photoplethysmogram (PPG), second derivative PPG (SDPPG), and pulse signals were measured simultaneously. PPG is expressed as a waveform detected the blood volume at the fingertip. SDPPG is illustrated by the second derivation of the PPG. The pulse signal has a value of 1 only at the maximum positive peak position in each SDPPG and a value of 0 the rest of the time.

자율신경계 (ANS) 기능 : 심장 박동 변이 지수



$$\text{상대 교감활성} \quad \text{norm LF} = \left(\frac{\text{LF}}{\text{LF} + \text{HF}} \right) \times 100$$

$$\text{상대 부교감활성} \quad \text{norm HF} = \left(\frac{\text{HF}}{\text{LF} + \text{HF}} \right) \times 100$$



명상에 의해 유도된 조화/통일 : 뇌, 심장, 신체 커플링



Physiological entrainment during coherence.

<https://www.heartmath.com/science/>

The Coherent State

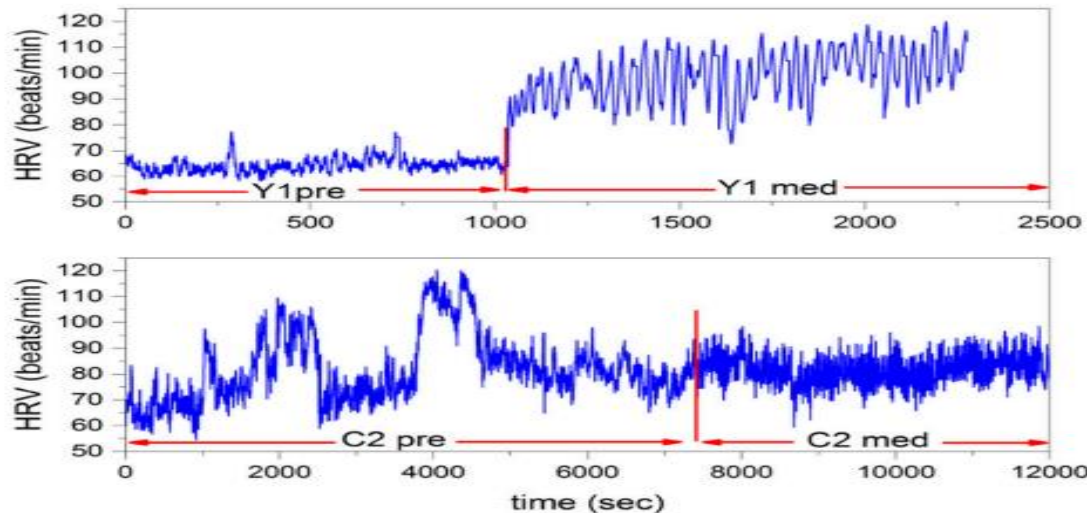
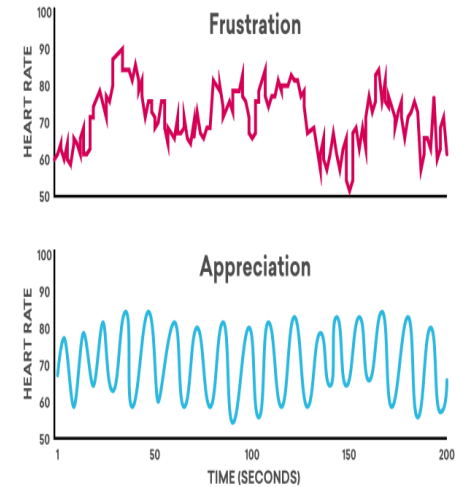
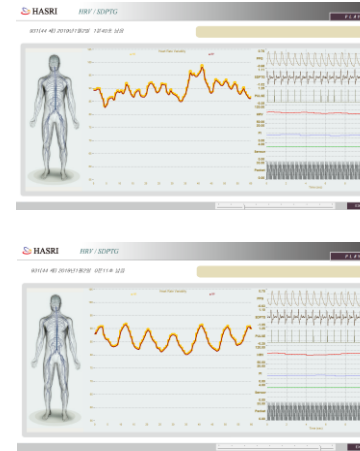
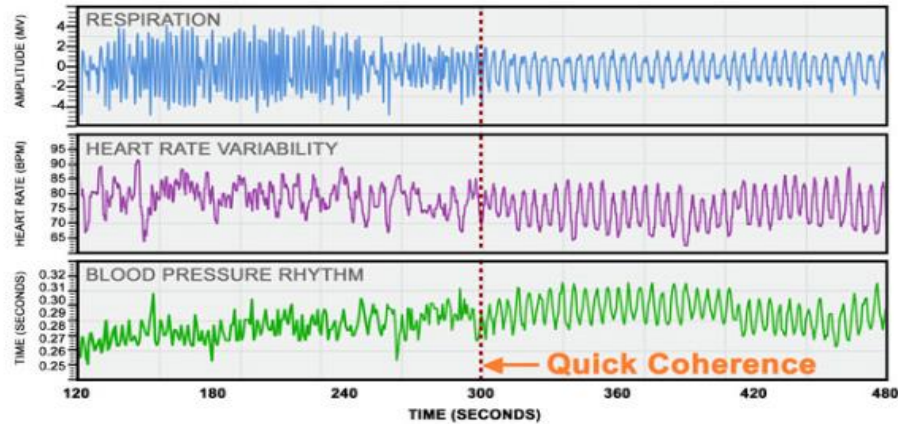
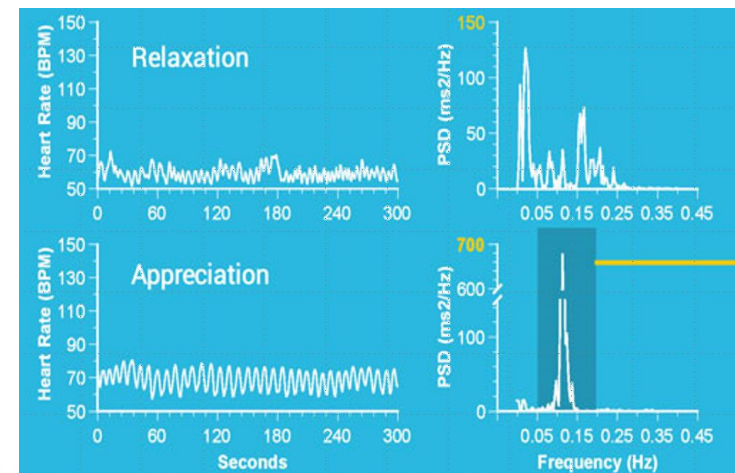
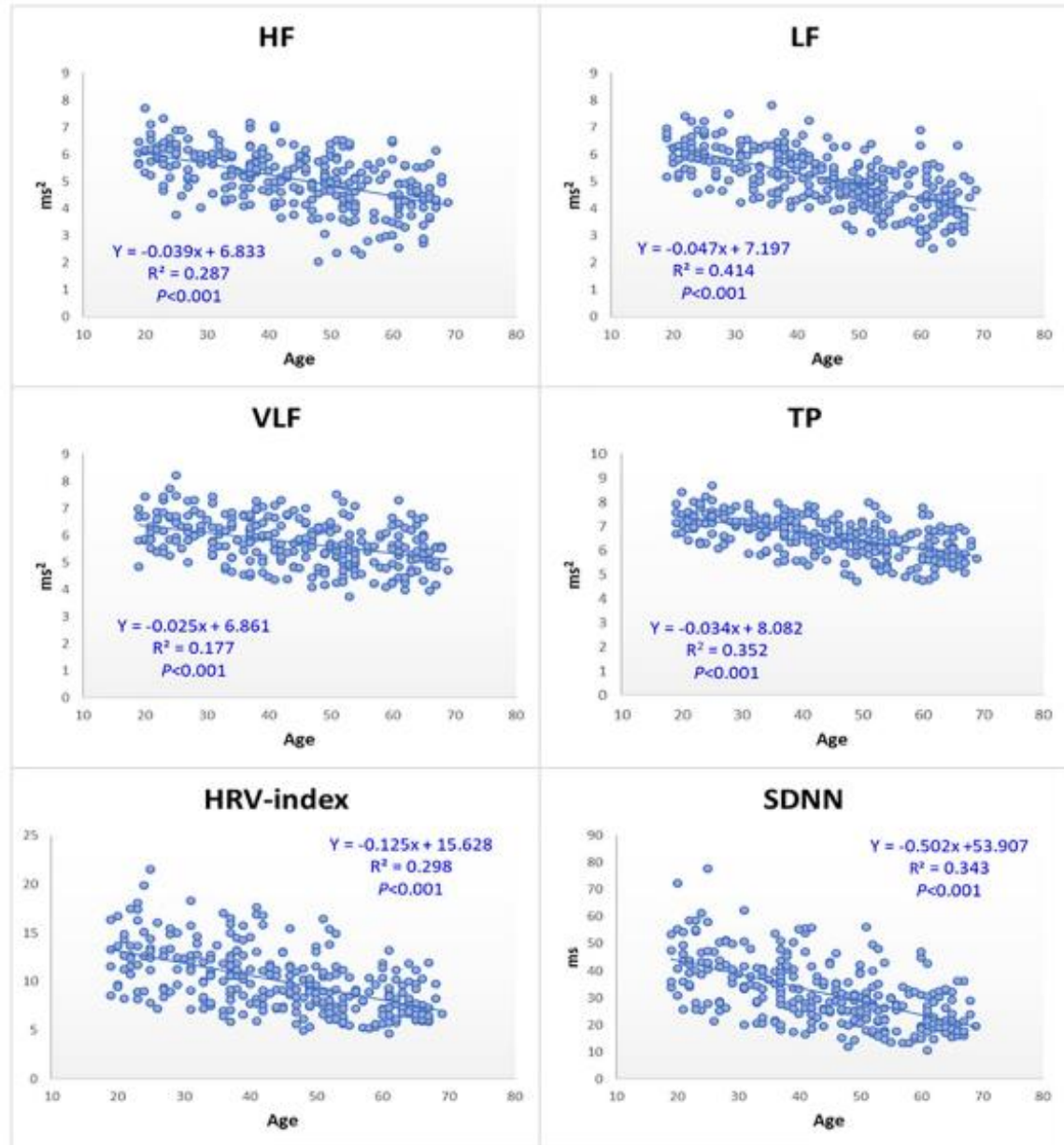
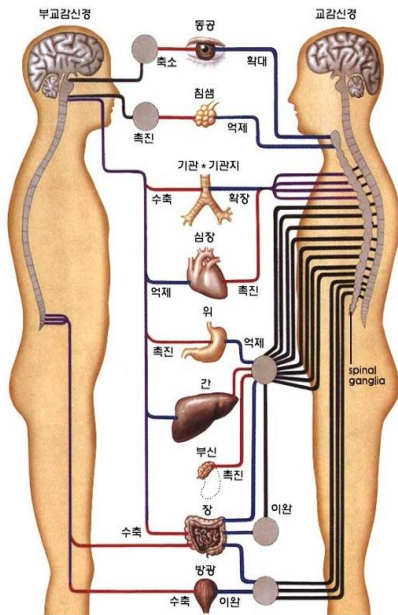


FIGURE 4 | HRV time series of Yoga meditator (Y1), at the top, and the Chi meditator (C2), at the bottom. The vertical red lines denote the time at which the two meditations start.



Frontiers in Physiology, 2018, 9(626)

노화에 따른 심장 박동 변이 감소 경향



자율신경계 (ANS) 기능 : 메틸브로마이드에 노출된 작업자의 심장 박동 변이 분석

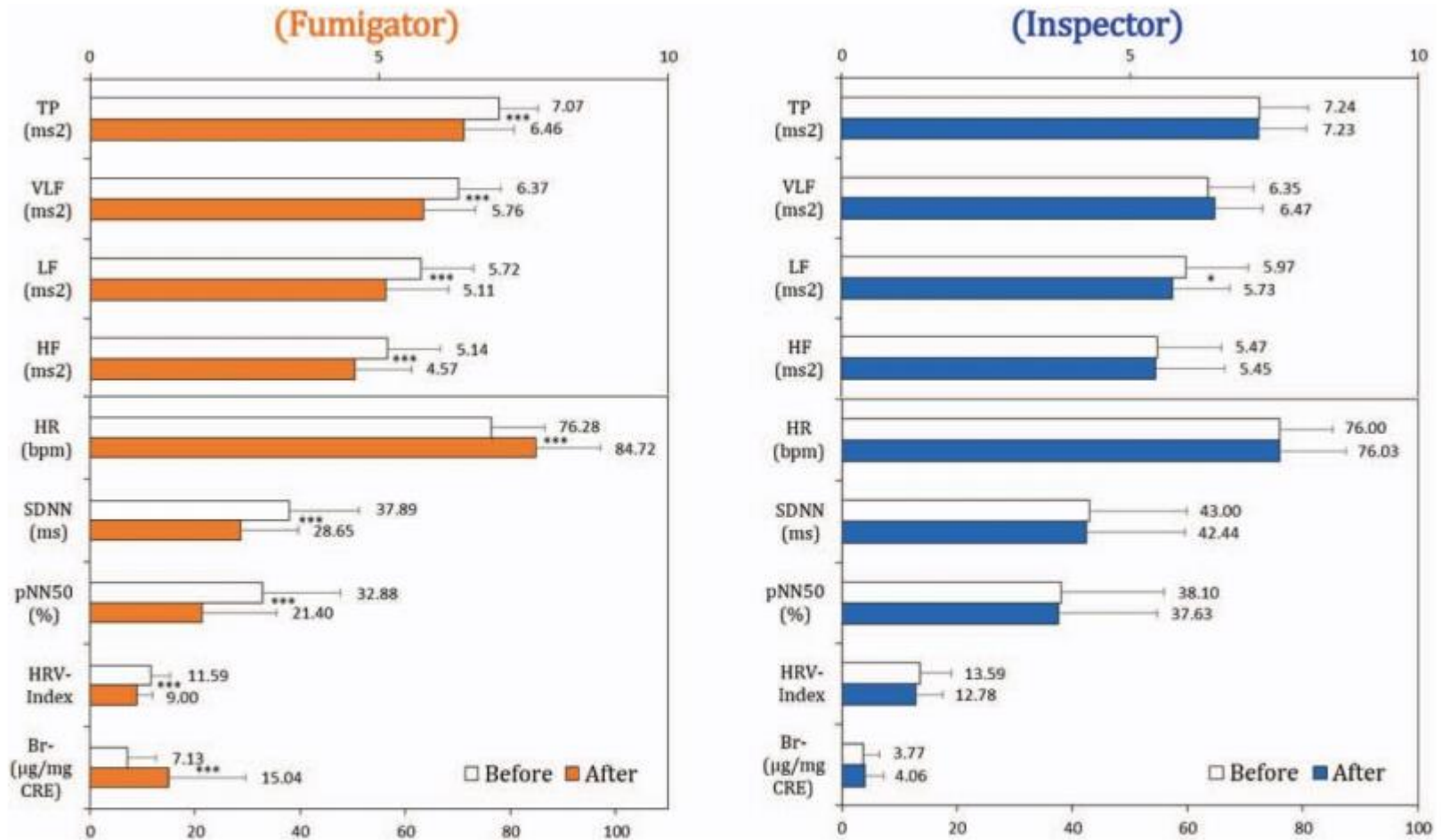


FIGURE 1. HRV indices and Br⁻ concentrations before and after fumigation work for fumigators and inspectors. A paired *t* test was performed to determine whether the HRV indices and Br⁻ were different before and after fumigation work within each of the groups. TP, VLF, LF, and HF were expressed as the log-scaled power (ms²) of each frequency range; HR as beats per minute (bpm); SDNN as standard deviation (ms) of heart rate variability; pNN50 as the proportion (%) derived by dividing NN50 by the total number of NN intervals; HRV-index is unitless; and Br⁻ as bromide ion concentration in urine (μg/mg CRE). **P* < 0.05, ***P* < 0.01 and ****P* < 0.001.



무작위 배정 10일 종축 시험

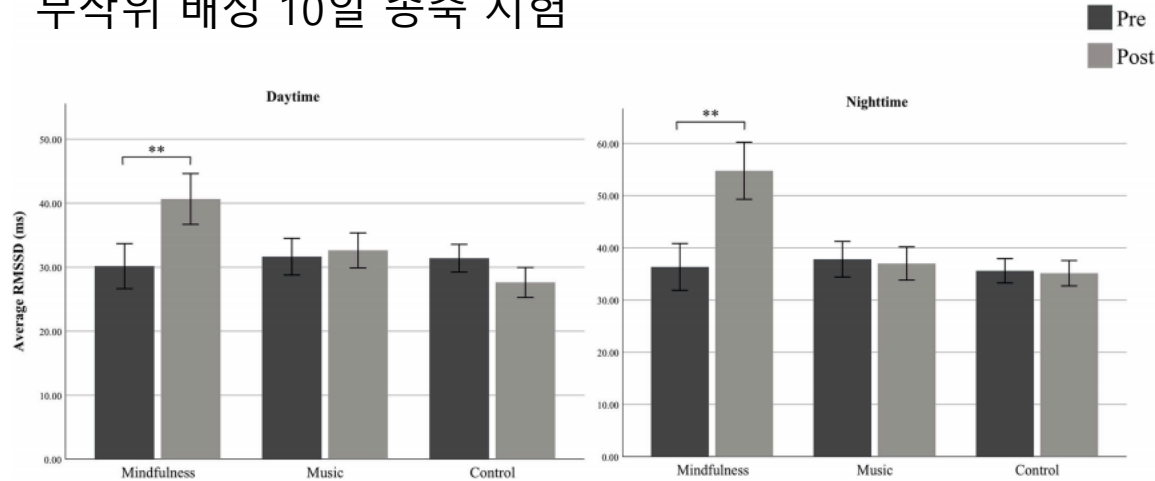


Fig 1. Group means of RMSSD (ms.) during daytime (left panel) and nighttime (right panel) for the chronic phase (i.e. pre and post measurement). The mindfulness-group showed at pre a mean RMSSD during daytime of 30.16ms. (SD = 12.2) and of 36.35ms. (SD = 15.6) during nighttime. At post-measurement the group showed a RMSSD mean of 40.65ms. (SD = 13.8) during daytime and 54.76ms. (SD = 19.0) during nighttime. The music group showed at pre a RMSSD-mean of 31.64ms. (SD = 10.7) during daytime and of 37.82ms. (SD = 12.7) during sleep. At post measurement the group showed a RMSSD-mean of 32.64ms. (SD = 10.2) during daytime and 37.0ms. (SD = 11.8) during nighttime. The control-group had a mean RMSSD at pre-measurement of 31.40ms. (SD = 8.2) during daytime and 35.61ms. (SD = 8.8) during nighttime. The control group showed a mean RMSSD at post measurement of 27.62ms. (SD = 8.8) at daytime and of 35.14ms. (SD = 9.2) during nighttime. Error bars are 95% CI.

Table 2. Chronic and acute frequency-domain HRV data for the three groups, shown as mean and standard deviation collected pre and post-intervention.

	Mindfulness group	Music group	Control group
<u>Chronic HRV variables:</u>			
<u>Daytime:</u>			
HF baseline	3.4 ± 2.5	2.8 ± 2.5	2.7 ± 2.9
HF post	4.3 ± 2.8	3.2 ± 2.1	3.5 ± 2.7
LF/HF ratio baseline	3.2 ± 2.6	3.3 ± 2.6	2.4 ± 2.7
LF/HF ratio post	2.6 ± 2.4	2.6 ± 2.2	2.9 ± 3.2
<u>Nighttime:</u>			
HF baseline	4.2 ± 1.8	3.8 ± 2.1	3.9 ± 2.4
HF post	4.9 ± 2.1	4.3 ± 2.4	4.5 ± 2.5
LF/HF ratio baseline	2.8 ± 1.8	2.7 ± 2.2	2.8 ± 2.3
LF/HF ratio post	2.2 ± 1.9	2.5 ± 2.1	2.6 ± 2.2
<u>Acute HRV variables:</u>			
HF-HRV ^a	4.4 ± 1.9	3.8 ± 2.5	.
LF/HF ratio ^b	1.4 ± 1.3	2.6 ± 3.0	.

- 첫째, 급성기동안 마음챙김 및 능동적 대조군 모두 일일 수행 세션 중 HRV 증가, 이를 통해 두 가지 방법이 모두 생리학적 급성 스트레스를 감소시키는데 효과적이라는 사실 알 수 있음.
- 둘째, 만성기의 경우 주간 및 야간 시간대 모두 HRV 상승, 이는 수면의 질이 개선되었음을 뜻하는데 이는 특히 마음챙김 군에서 더 두드러지게 볼 수 있었다.

명상과 심혈관 위험 감소

미국 심장 협회의 과학적 소견 발표 내용 (2017)

표 2. 명상과 심혈관 위험 감소에 대한 연구 결과 요약

주제	발견내용
신경생리학 및 신경해부학	<ul style="list-style-type: none"> 신경생리학 및 신경해부학적 연구 결과 명상을 하면 두뇌 생리학 및 신경해부학에 장기적인 영향을 미칠 수 있음을 시사 연구는 무작위 배정이 이루어지지 않고, 참가자도 그리 많은 수준은 아니며, 때로 경험이 매우 풍부한 (명상 시간만 시간 이상) 명상가의 지도 하에 이루어지기도 함 명상의 유형에 따라 심리학적 및 신경학적 효과가 다르며 이에 따라 특정 유형의 명상에 대해 발견한 신경생리학 및 신경해부학 내용이 다른 형태의 명상에는 적용되지 않을 수 있음
스트레스에 대한 심리학적, 심리사회학적 및 생리학적 반응	<ul style="list-style-type: none"> 다수 연구에서 명상과 심리학적, 심리사회학적 지수간에 연관관계가 있다고 보고함 모집단이 다르고, 잠재적 혼돈 요소를 제어하는 방법에 따라, 또한 명상의 유형과 기간에 따라 상이한 결과가 나올 수 있음. 모집단 규모가 작고, 무작위 배정이 이루어지지 않은 점이 공통적 연구의 제한점으로 꼽을 수 있음 명상이 스트레스에 대한 반응과 연계 된 생리학적 과정에 어떻게 영향을 주는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요함
혈압	<ul style="list-style-type: none"> 수축기 혈압 감소의 정도는 그 폭이 다양하게 나타남 연구의 한계에는 혈압측정 방법, 데이터 확인과정의 바이어스, 중간 탈락률이 높고, 연구 대상 모집단이 상이하다는 점 포함
흡연 및 담배 의존	일부 무작위 배정 데이터를 보면 마음챙김 명상을 통해 금연율이 개선되었다고 함
인슐린 저항성 및 대사 증후군	인슐린 저항성 및 대사 증후군에 대한 명상의 영향에 대해서는 데이터가 제한적임
증상이 없는 죽상경화	<ul style="list-style-type: none"> 명상 및 생활습관 변화중재에 대한 몇 가지 최적화 연구에 따르면 명상이 죽상경화에 효과가 있을 것으로 시사 여러 방식으로 진행되고, 중간 탈락률이 높으며, 추적을 완료하지 않은점이 연구의 한계점 명상이 죽상경화에 미치는 영향에 대해서는 확실한 결론을 내릴 수 없음
내피 기능	<ul style="list-style-type: none"> 새개의 연구에서 명상이 상완 동맥 반응성에 긍정적인 효과를 가져다 주지 않았다고 했으며, 한 개 연구에서는 관상동맥 질환을 앓고 있는 군의 경우 혜택이 있었음을 시사 명상이 내피에 미치는 영향에 대해서는 확실한 결론을 내릴 수 없음
[운동으로 인한] 유도성 심근 허혈	<p>일부 오래된 연구에서 명상을 통해 운동 기간이 개선될 수 있으며, 심근 허혈이 감소될 수 있음을 시사</p> <p>명상이 심근 혈류흐름 및 허혈에 미치는 영향에 대해 영상기법을 사용하여 평가한 최근 연구는 없었음</p>
심혈관 질환 (CVD) 일차 예방	<p>단기 중재 효과에 대해 연구한 두 개의 임상에서 사망률이 놀라울 정도로 감소된 결과를 제시함, 이에 대해 좀 더 큰 대규모의 다기관 연구를 진행하여 이러한 결과가 재현되어야 함</p> <p>현재까지는 근거가 제한적이기 때문에 명상이 심혈관 질환 (CVD)의 일차적인 예방에 미치는 영향에 대해서는 확실한 결론을 내릴 수 없음</p>

깊은 호흡이 중추신경계와 자율신경계에 미치는 영향

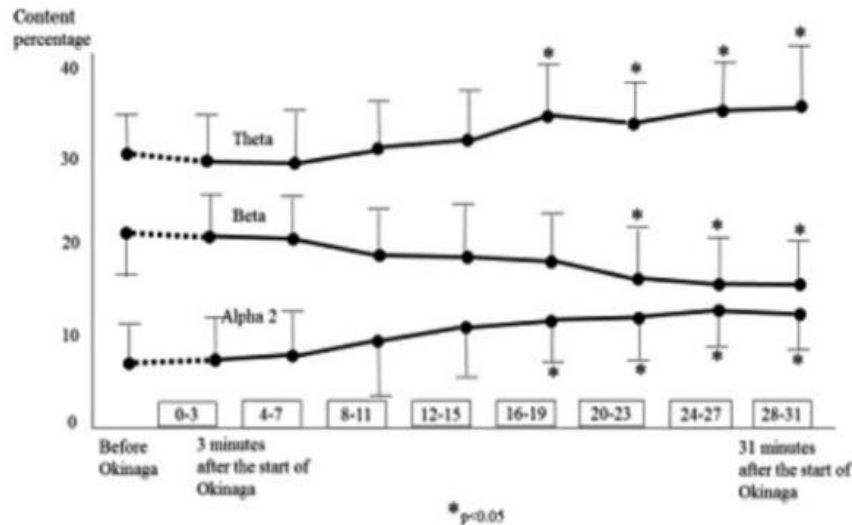


Figure 1. Changes in content percentages of theta, alpha 2, and beta waves over the time course of Okinaga.

- 세타 및 알파 뇌파는 증가하였고 베타 뇌파는 감소하였다
- 부교감 신경의 우세가 관찰되었다.
- 깊은 호흡은 이완 및 불안 완화 효과가 있었다.

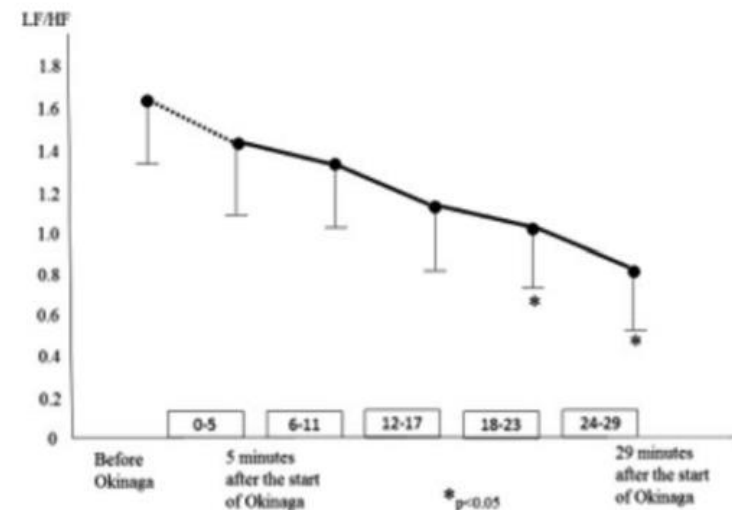


Figure 2. Changes in the LF/HF ratio over the time-course of Okinaga.

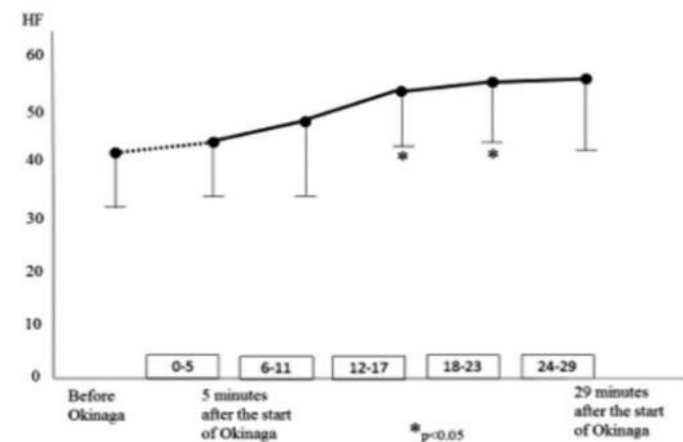


Figure 3. Changes in HF value over the time course of Okinaga.

마음챙김에 근거한 스트레스 완화 프로그램 : 마음과 심장 활동 사이의 조율 증진



8 weeks in total (8 weeks standard MBSR)

- Home assignment of formal mindfulness practice such as body scanning and mindfulness of breath
 - 45 min, daily
 - Body scanning: a practice of focusing and relaxing every part of the body
 - Mindfulness of breath: a practice of focusing attention on the breath
- Home assignment of informal mindfulness practice
 - 15 min, daily
 - Deliberate awareness about daily tasks. For example, paying attention while brushing teeth
- Educational class on mindfulness
 - 3 h, weekly
 - Teaching on mindfulness practice
 - Discussions on issues and reflections about home assignments. For example, discuss the experience of mindfulness practice such as wandering thoughts during practice
- A full day retreat of silence and mindfulness practice
 - 6th week of training
 - This also includes assessment and evaluation

Table 1. MBSR Course Overview. The 8-week MBSR training course taken by the participants.

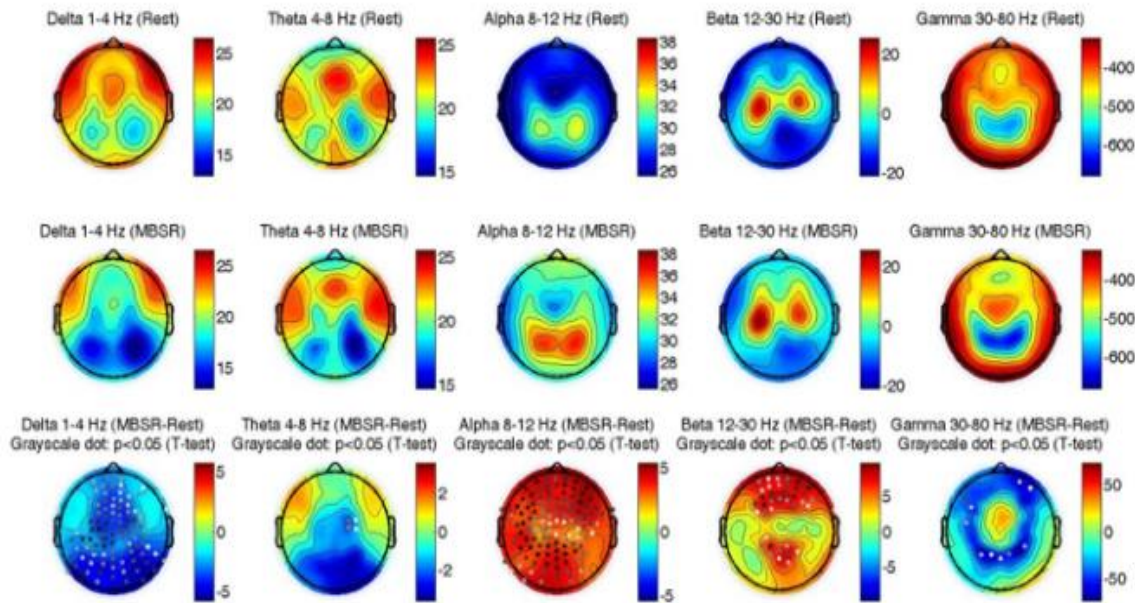


Figure 1. Spectrum Analysis of MBSR Mindful Breathing and Normal Rest Conditions.

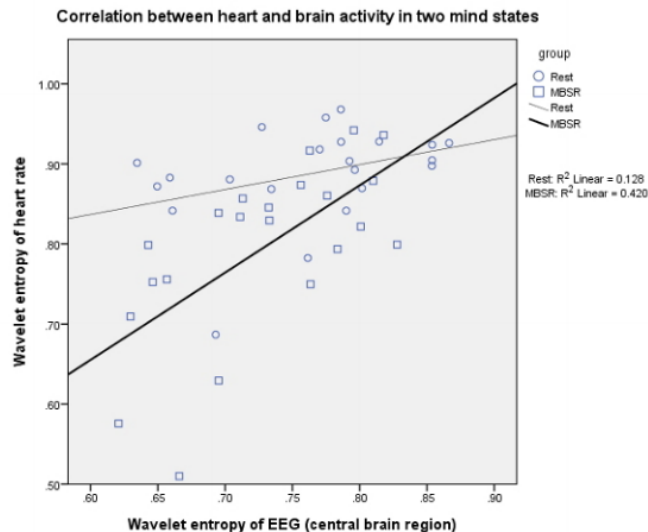
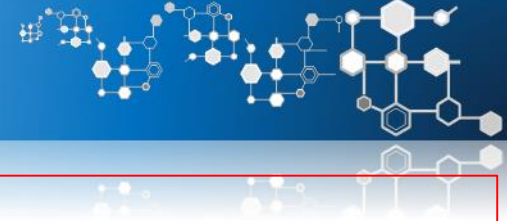


Figure 5. Correlation between the Wavelet Entropies of Electronic Activities of the Heart and Brain.

- 뇌전도의 웨이브릿 엔트로피는 눈을 감고 쉬는 상태의 경우보다 MBSR 호흡을 하는 동안 감소하였다.
- MBSR 호흡을 하는 동안 심장 박동의 웨이브릿 엔트로피도 더 낮았다.



테라바다 전통 : 이완

- 초점 집중(사마타)
 - 분산 집중 [위빠사나]
1. 부교감 신경 활성화
 2. 마음을 고요하게 이완시킨다

금강승 전통 : 각성

- 초점 집중 (신격)
 - 분산 집중 [릭빠]
1. 교감 신경 활성화
 2. 정신의 각성 상태의 질
 3. 인지 성능의 즉각적, 극적 증가

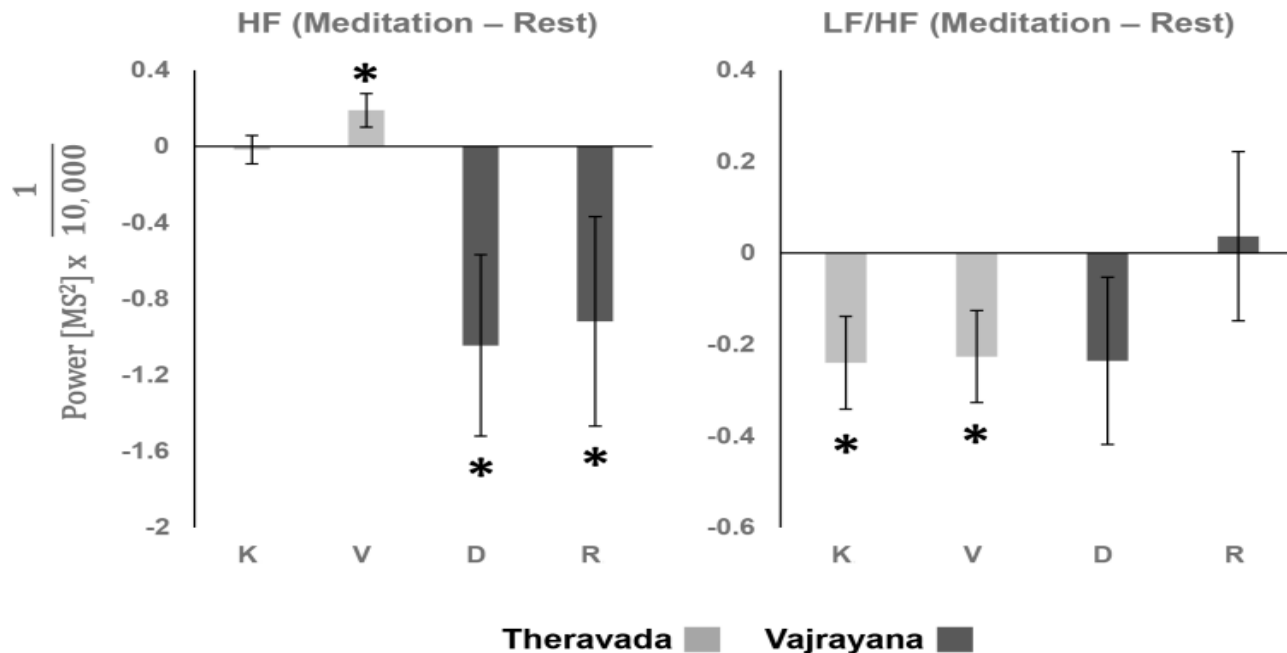
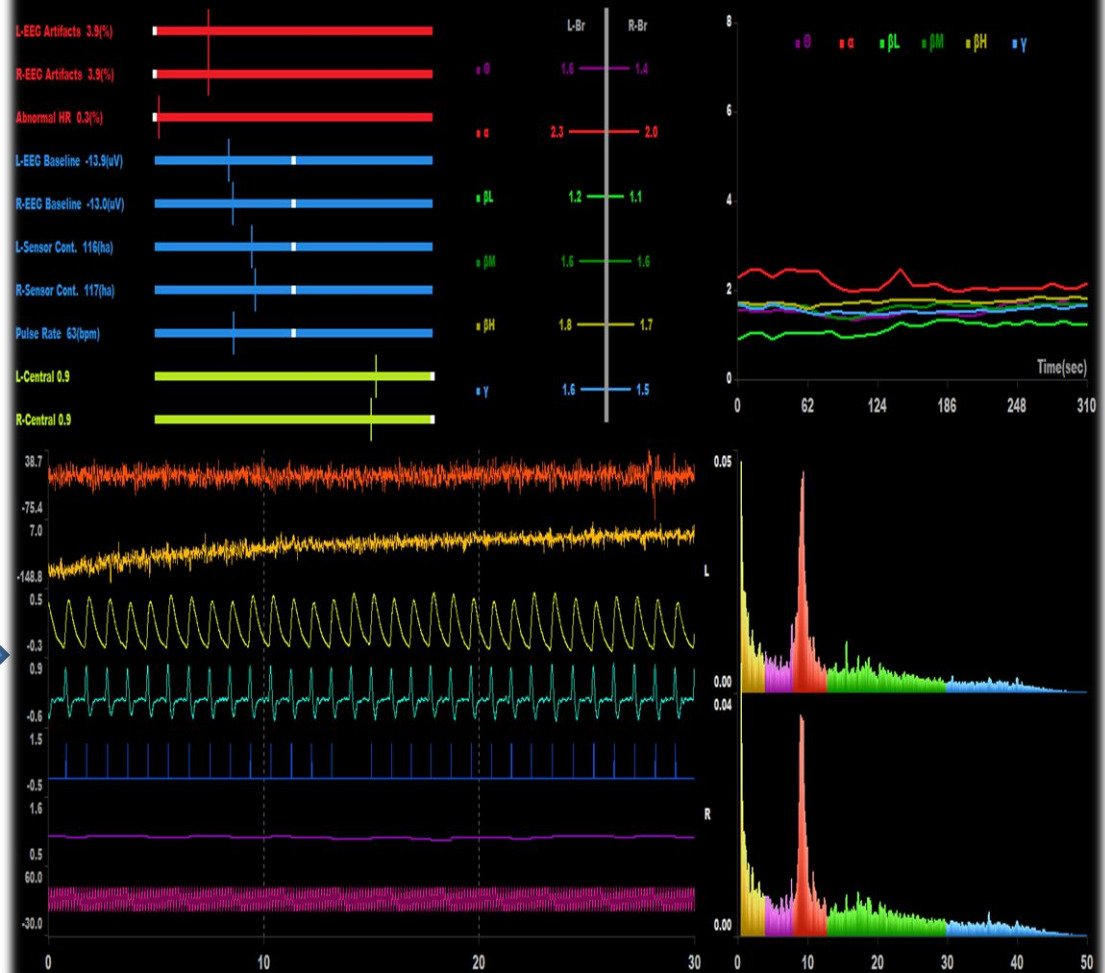
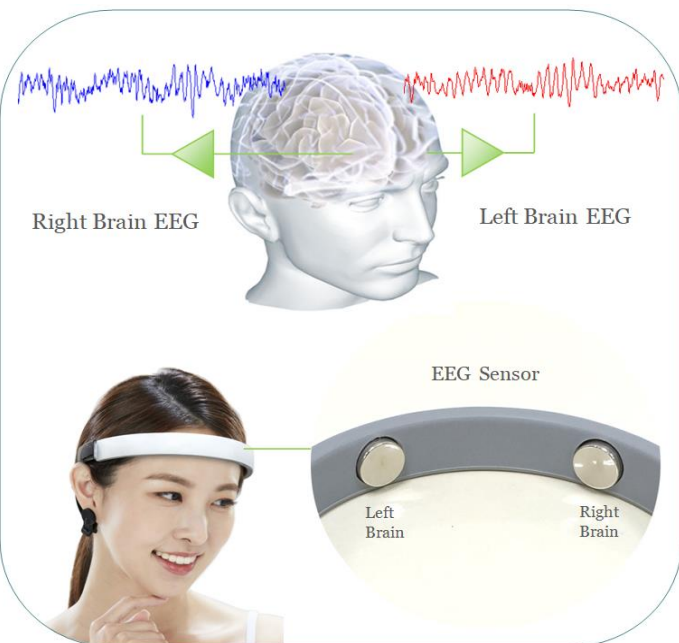


Figure 4. EKG differences between Meditation and Rest (K – Kasina, V – Vipassana, D – Deity, and R – Rig-pa).
doi:10.1371/journal.pone.0102990.g004





뇌 케어 복지 프로젝트 (2017년부터, 한국)

고령화 사회에서 치매의 유병률 증가는 공공 복지의 주된 현안으로 부상. 치매 예측과 예방분야에는 많은 난제 산적



지역 보건소



뇌 기능이 효과적으로 향상되었는지 지속적으로 추적 관리 진행

치매 예방을 위한 두 가지 숲 치료법 프로그램의 신경생리학적 효과

전전두엽 뇌전도 마커를 신속히 적용하여 중추신경계에 미치는 긍정적 또는 부정적 효과 연구 가능.

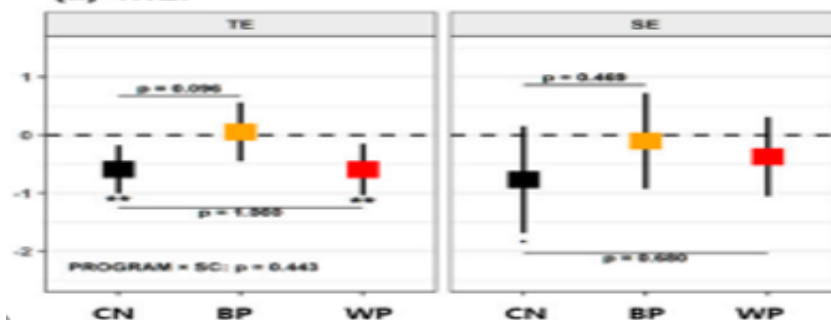


호흡 프로그램 (BP), 걷기 프로그램 (WP)

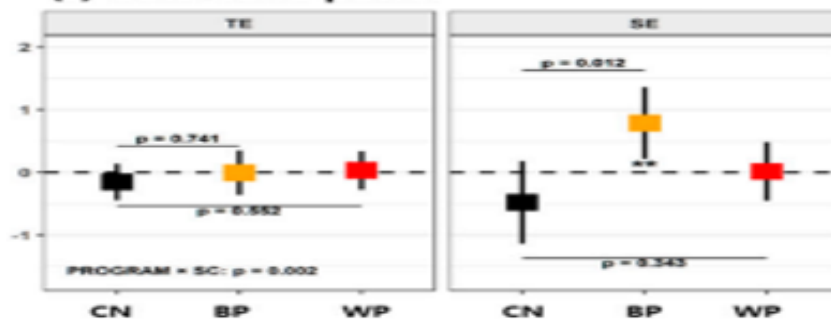
11 주에 걸쳐 11 세션 진행

EEG	Control			Breathing Program			Walking Program		
Variable	\bar{X}_B	$\bar{S} \text{ (95\% CI)}$	γ	\bar{X}_B	$\bar{S} \text{ (95\% CI)}$	γ	\bar{X}_B	$\bar{S} \text{ (95\% CI)}$	γ
MEF [Hz]	8.47	-0.45 ** (-0.78, -0.11)	0.57	8.40	-0.02 (-0.38, 0.34)	0.02	8.40	-0.40 * (-0.77, -0.03)	0.40
$P\alpha \text{ [}\mu\text{V}^2\text{]}$	2.71	-0.10 (-0.33, 0.13)	0.18	3.00	-0.17 (-0.42, 0.08)	0.28	2.65	-0.15 (-0.42, 0.11)	0.22
$P\beta \text{ [}\mu\text{V}^2\text{]}$	1.86	-0.10 (-0.37, 0.16)	0.17	2.31	-0.16 (-0.44, 0.12)	0.24	2.09	0.13 (-0.16, 0.42)	0.17
ATR	1.2	-0.06 (-0.13, 0.02)	0.33	1.18	0.00 (-0.08, 0.08)	0.02	1.22	-0.15 *** (-0.23, -0.07)	0.68

(a) MEF



(c) Beta band power



대조군과 비교해 두 프로그램 모두 **신경 활성화 효과**를 보여줌. 특히 호흡 그룹은 걷기 그룹보다 고유의 중간 주파수가 더 크게 증가함.

자료 기반 정밀 예방의학을 위한 클라우드 기반 서버 플랫폼

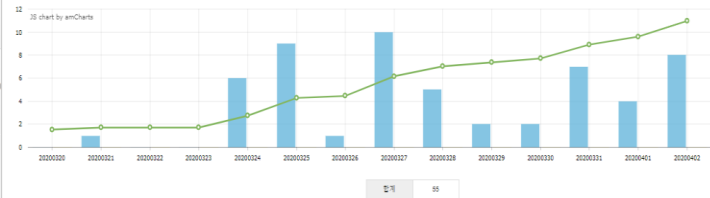


측정된 뇌전도 자료가 클라우드 기반 서버 플랫폼으로 전송되면
언제나 어느 곳에서 본인의 결과를 검토하거나 추적할 수 있다.

생년월일 업체종류 **전체**

조회기준 **전체** 기간선택

No	업체명	상담사	회원이름	검사
1	테스트업체	최성호	최성*	2020.04
2	테스트업체	노주리혜	단*	2020.04
3	테스트업체	노주리혜	5정상데이*	2020.04



No	날짜	일련번호	일시기록	인구	합계
1	20200402	8	0	8	1424
2	20200401	4	0	4	1425
3	20200331	7	0	7	1422
4	20200330	2	0	2	1415
5	20200329	2	0	2	1413

2020.04.02	21:10~21:15(310초)	BEAM/HRV/SDPTG	플릴리프트	검사결과서	다운로드	(2020-04-21 17:01:53)
2020.04.02	18:58~19:03(310초)	BEAM/HRV/SDPTG	플릴리프트	검사결과서	다운로드	(2020-04-21 17:53:33)
2020.04.02	16:58~17:03(310초)	BEAM/HRV/SDPTG	플릴리프트	검사결과서	다운로드	(2020-04-21 17:53:33)
2020.04.01	18:21~18:26(310초)	BEAM/HRV/SDPTG	플릴리프트	검사결과서	다운로드	(2020-04-21 17:46:43)
<div>▶ 등록번호 ▶ 시작일 2020.04.02 22:15 ▶ 시작 5월상태(여) ▶ 시작 날짜 ▶ 시작 39 ▶</div>						(2020-04-21 18:00:23)

종합지표

※ 분석결과가 담긴 데이터는 (중요도 낮음) 및 (적용 시 불확실성, 부정적 예측 등) 이상 상태로 인해 분석이 불가능한 경우입니다.

분석항목	범위 (0-100)	범위 (10-90)	범위 (70-130)	분석결과	일련번호
뇌전도 노화도	3.9(%)	3.9(%)	3.9(%)	40	0-69
뇌전도 불안정도	21	21	21	21	0-69
심장 스트레스 지수	20	20	20	59	0-69
심장 스트레스 지수	51	51	51	51	0-69
심장 위험도 (HRV index)	23	23	23	53	0-69
자율신경활동도	48	48	48	0	0-69
자율신경 활동도	53	53	53	0	0-69
일련번호	0	0	0	0	0-69
부정적 위험도					

※ 분석결과가 담긴 데이터는 (중요도 낮음) 및 (적용 시 불확실성, 부정적 예측 등) 이상 상태로 인해 분석이 불가능한 경우입니다.

Data Quality Check Report

※ EEG

분석항목	지표값	지표범위
1. EEG Analysis	3.9(%)	3.9(%)
2. EEG Analysis	3.9(%)	3.9(%)
3. EEG Analysis	13.9(uV)	-13.9(uV)
4. EEG Analysis	116(ha)	117(ha)
5. EEG Analysis	0.9	0.9
6. EEG Analysis	0.9	0.9

※ PPG

분석항목	지표값
1. PPG Analysis	0.3(%)
2. PPG Analysis	62.8(bpm)

BEAM

배경파라미터	값	뇌파 유형	Gamma	30-50 (Hz)
MDF	9.3		Beta	20-29.99 (Hz)
PPF	9.2		Mid Beta	15-19.99 (Hz)
ATR	1.8		Low Beta	12-14.99 (Hz)
			Alpha	8-11.99 (Hz)
			Theta	4-7.99 (Hz)

POWER SPECTRUM

LEFT BRAIN

RIGHT BRAIN

BAND POWER

LEFT BRAIN

RIGHT BRAIN

HRV

HRV-Histogram

Heart Rate Variability

HRV 세부 지표

지표명	값	설명
VLF	5.2	심박변이도에서 매우 낮은 주파수 영역(0.03-0.04Hz)의 파워
LF	4.2	심박변이도에서 낮은 주파수 영역(0.04-0.15 Hz)의 파워
HF	4.9	심박변이도에서 높은 주파수 영역(0.15-0.4Hz)의 파워
TP	5.9	심박변이도의 전체 파워의 합계
Norm LF	46.5	LF+HF에 대한 LF의 상대 비율
SDNN	20.9	심박변이도의 표준편차
HRV-index	7.3	심박변이도 시계열 그래프 분석을 위한 지표의 평균을 나타내는 지표
HR	62.9	평균 심박수

SDPTG

SDPTG 세부 지표

또한 자료 기반 정밀 예방의학의 관점에서
가치있는 통계 정보를 확보할 수 있다.



뇌 기능을 향상시키기 위한 디지털 치료 요법



뇌 기능을 향상시키는 **디지털 치료요법** 분야에서 전전두엽 뇌전도 마커가 선호된다.



Attention

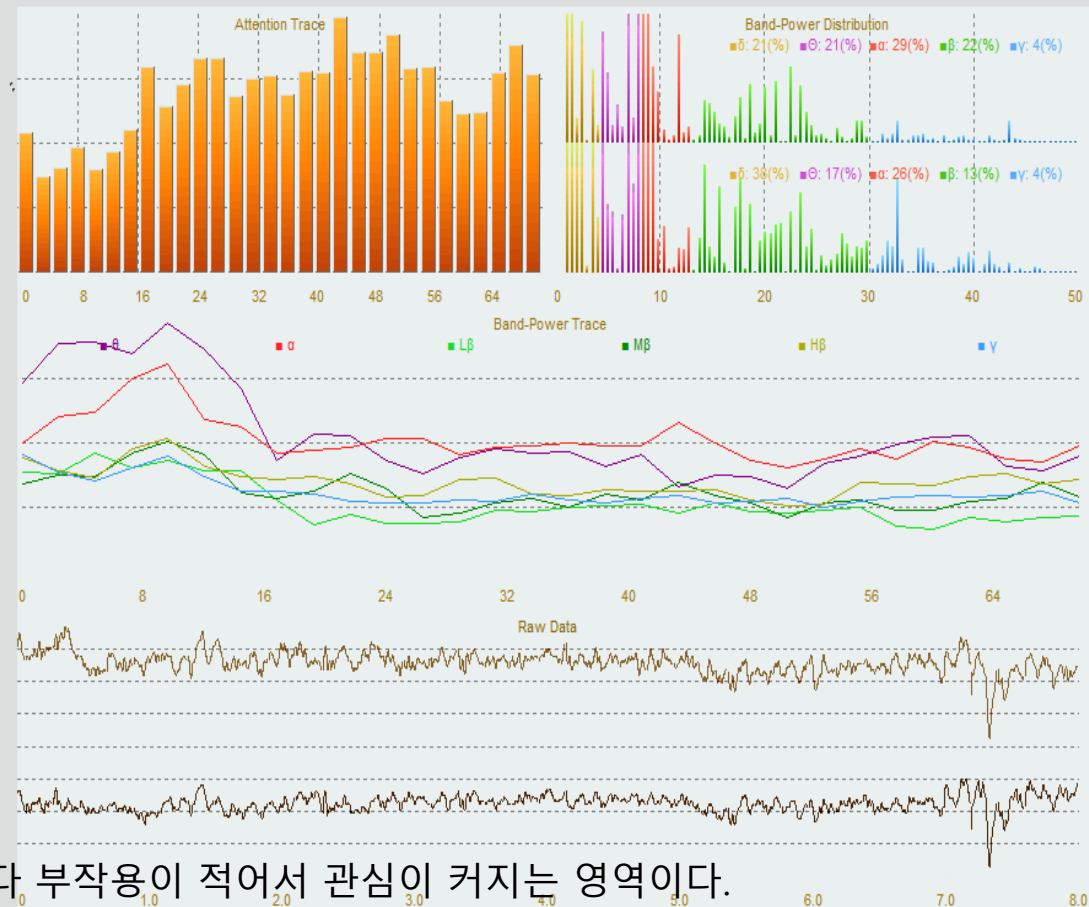
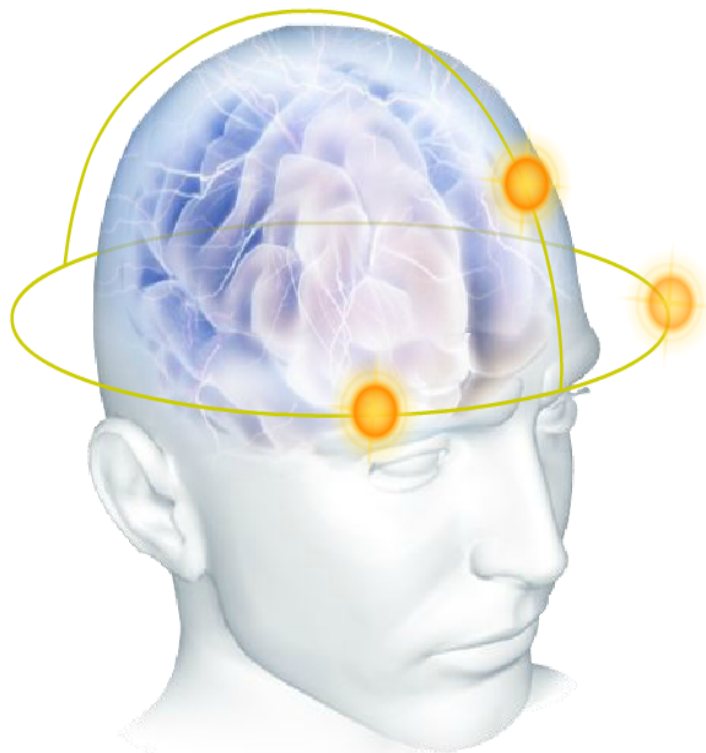
Relaxation

Balance

Coherence

Activation

신경 피드백 훈련



* 오늘날 디지털 치료제 요법은 일반 약제보다 부작용이 적어서 관심이 커지는 영역이다.

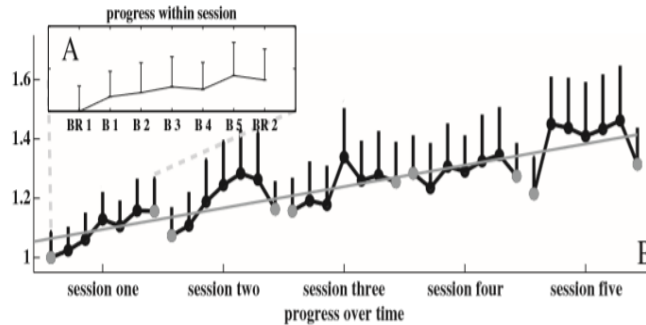


Fig. 1. (A) Experimental design within each of the five sessions. BR1, BR2: base rates; B1-B5: training blocks. (B) Average UA amplitudes across all responders according to the temporal course of the study, normalized with respect to the first base rate of the first session. The straight line results from a linear regression and indicates a linear long-term increase. Note, that the second base rate within each session usually lies above the first one (both in grey), and that the first base rate in the last session is significantly higher than in the first session, both reflecting trainability. The bars indicate standard errors of the mean, depicted one-tailed due to the directional hypothesis of a temporal increase of UA.

1430

B. Zoefel et al. / *NeuroImage* 54 (2011) 1427–1431

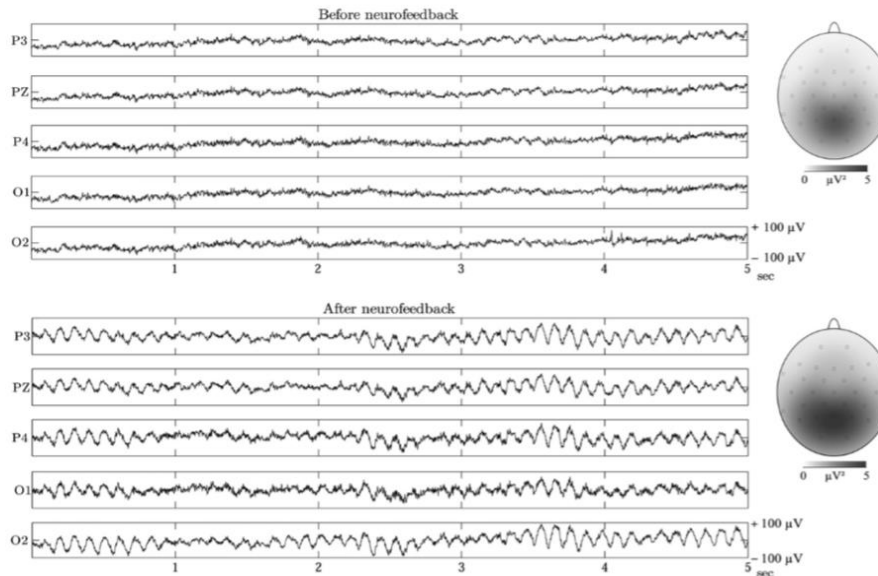


Fig. 3. Reflection of the UA enhancement in the raw EEG data. In the left column parts of the EEG of a selected responder are shown, recorded within the first (top) and last (bottom) session. Only within the last session, the pronounced alpha rhythm is visible. In the right column the topographical maps of the UA are shown as averaged across all responders.

Cognitive performance

On average, 18 ± 2.8 items were presented in the control group with an average presentation time for a single item of 56.6 ± 33.7 . In the NFT group, 16.7 ± 3.5 items were presented, each for approximately 66.9 ± 23.1 (difference to control group n.s.). The performance measures of the control group for the two mental rotation tests were 108.8 ± 11.38 and 114.7 ± 19.08 . The performance measures of the NFT group were 116.9 ± 11.50 and 129.7 ± 11.63 .

The mean increase of mental rotation test performance in the control group was 5.9 ± 11.48 . In the NFT group the mean increase was 12.8 ± 7.98 . The performance was significantly increased for the NFT group ($t(16) = 2.21, p = .029$), but not the control group (n.s.).

For the control group, the UA before the second cognitive test was not significantly different from the UA before the first cognitive test. For the NFT group, as it was already mentioned, there was a significantly higher UA amplitude in the first base rate of the last session (before the second cognitive test) than in the first base rate of the first session (before the first cognitive test). Thus, the NFT group, who did show UA enhancement, also showed better cognitive performance, while the control group lacked both UA enhancement and pronounced differences in cognitive performance.

전전두엽 뇌전도 및 심장 박동 변이 (HRV) 마커를 기반으로 하는 실시간 인간 감정 추적 엔진

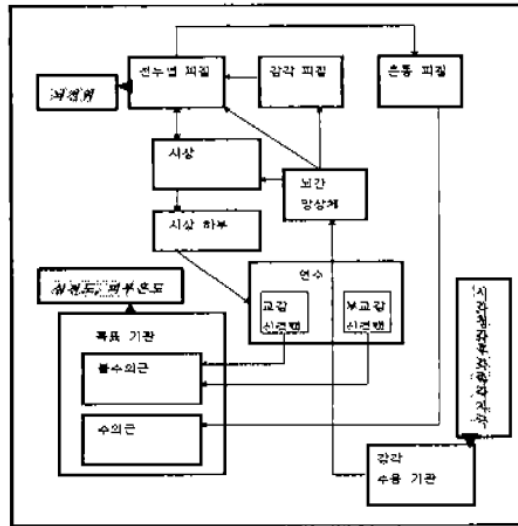
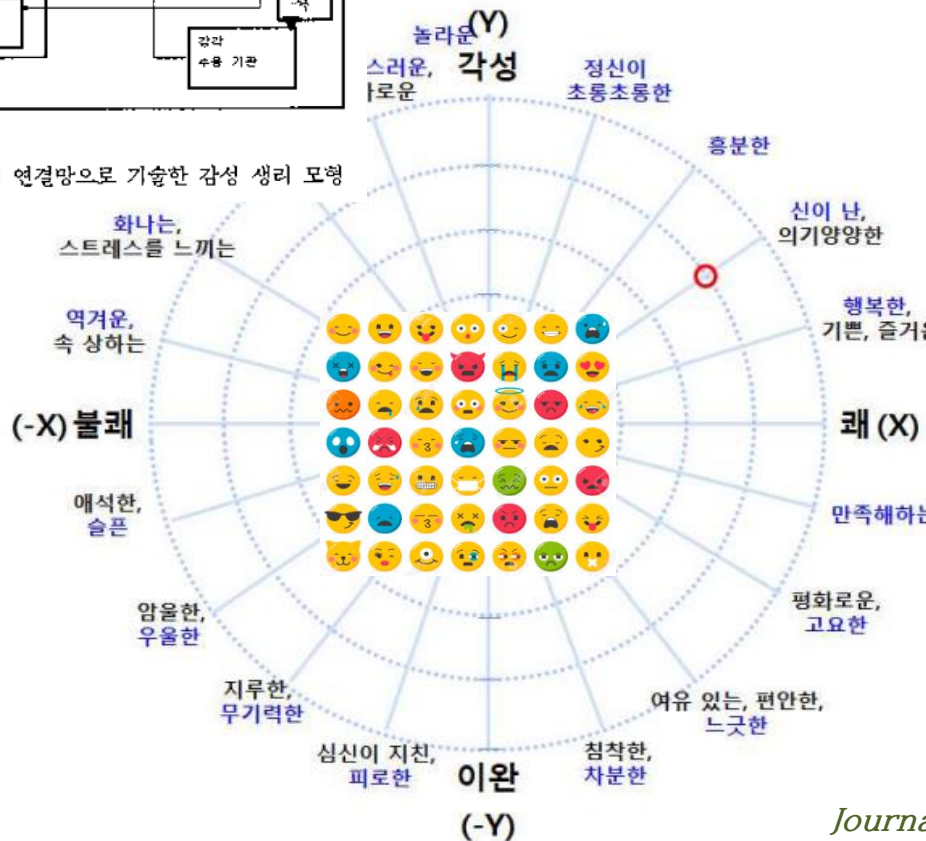


Fig.1 신경계의 연결망으로 기술한 감정 생리 모형



In the era of the fourth industrial revolution, the wearable EEG, HRV applications are expanding very much.

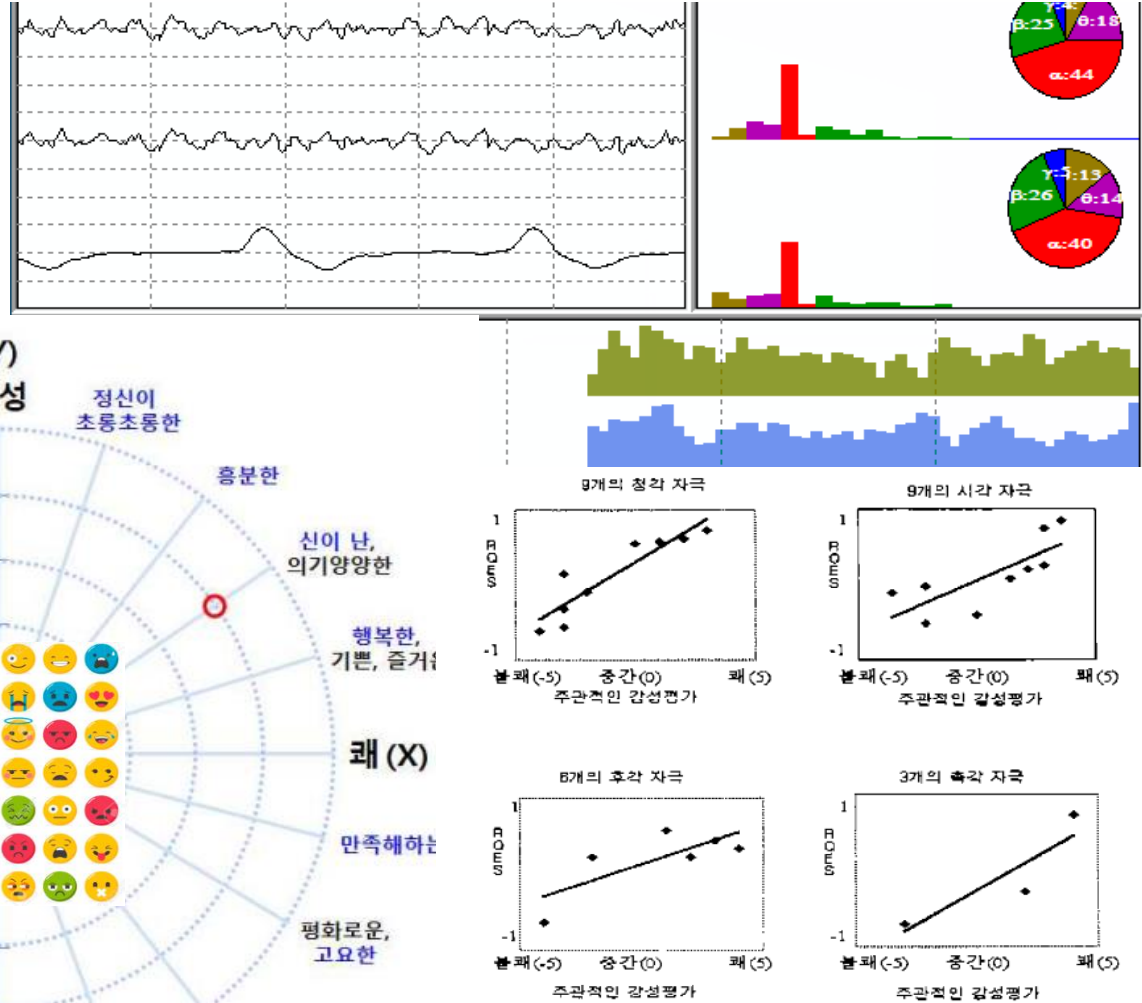


Fig.6 주관적인 감정평가값과 뇌전도의 RQES 변수 사이의 양의 비례관계를 청각, 시각, 촉각, 후각 자극에 대해 나타낸 그림

코로나와 EEG 비정상치 : 의식 손상

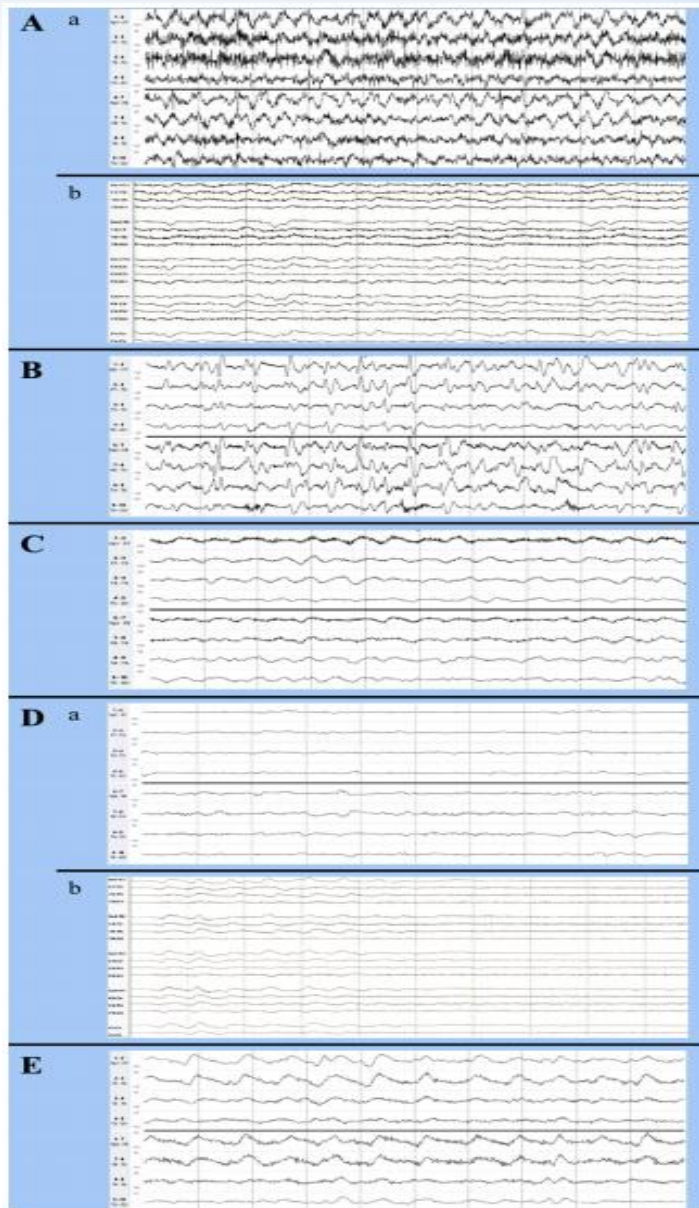


Fig. 1a. EEG recording on day 6 after admission. Transverse bipolar montage. Bandpass: 0.53–70 Hz. 50-Hz notch filter. Sensitivity 10 μ V/mm. Note the repetitive epileptiform discharges mostly in the bilateral frontal areas, over a slowing of the background activity.



Fig. 1b. EEG recording on day 21 after admission. Transverse bipolar montage. Bandpass: 0.53–70 Hz. 50-Hz notch filter. Sensitivity 10 μ V/mm. Note the periodic triphasic waves with short periods (1–1.5 s) over a worsened background activity.

감사합니다