

시각자극과 삼음교 자침으로 유발된 성적 흥분의 대뇌 활성화 영상의 비교 : 3 테슬라 기능적 자기공명영상법

— Comparison of Brain Activation Images Associated with Sexual Arousal Induced
by Visual Stimulation and SP6 Acupuncture : fMRI at 3 Tesla —

전남대학교병원 영상의학과 · 동신대학교 방사선학과¹⁾

최남길 · 한재복¹⁾ · 장성주¹⁾

— 국문초록 —

목 적 : 정상인 여성을 대상으로 기능적 자기공명영상법(functional magnetic resonance imaging : fMRI)을 이용하여 성적 흥분반응과 관련되는 시각자극과 삼음교(SP6, 三陰交) 경혈자극 의한 대뇌 활성화 영역의 차이점을 밝히고, 나아가서는 성적흥분의 기전을 신경해부학적인 측면에서 규명하고자 하였다.

대상 및 방법 : 성기능이 정상적인 오른손잡이 여자 21명(19~32세 : 평균 22세)을 대상으로 3.0 Tesla MR scanner를 이용하여 fMRI 영상을 얻었다. 성적 흥분을 유도하기 위한 패러다임은 3분간의 에로틱 비디오 시청과 삼음교(SP6)자침에 의한 자극을 주었으며, 자극 전·후에는 각각 1분간의 휴지기를 두었다. 또한 광명혈(GB37) 후방으로 3 cm 위치에 있는 비경혈점에 자극을 주어 경혈(acupoint)과 비경혈(shampoint) 자침에 의한 대뇌의 활성화 양상을 비교하였다. 기능적 자기공명영상의 획득은 AC-PC line을 기준으로 20개의 횡단면으로부터 총 2,000개의 기초영상을 얻었으며, SPM99 프로그램을 이용하여 평균 활성화 영상을 얻었다.

결 과 : 삼음교 경혈과 비경혈의 침자극에 의한 비교실험에서 경혈은 비경혈에 비하여 대뇌 신피질에서 평균 5배, 변연계에서 2배 높은 활성화도를 보였다. 비경혈 자극시에 간뇌의 HTHL, 기저핵의 GLO, AMYG, 그리고 두정엽의 SMG 등에서는 활성화 신호가 관찰되지 않았다.

성적흥분과 관련된 대뇌의 해부학적인 영역을 시각자극과 삼음교 경혈자극 별로 비교 분석한 결과, 두 자극간의 평균 활성화율(activation ratio)은 신피질과 변연계 모두에서 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$). 반면 평균 활성화도(activity)는 신피질의 경우에는 두 자극간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 변연계의 경우에는 경혈 자극시에 유의하게 더 높은 활성화도를 보였다($p < 0.05$).

결 론 : 기능적 자기공명영상법을 이용하여 성적흥분과 관련된 시각자극과 경혈 침술자극에 의하여 유발된 대뇌 활성화 양상의 차이점과 신경해부학적 기전의 차이점을 규명할 수 있었으며, 이러한 결과를 바탕으로 향후 한방의 경혈, 경락 이론을 과학적인 측면에서 입증할 수 있을 것으로 기대한다.

중심 단어 : 기능적 자기공명영상법, 시각자극, 삼음교

*접수일(2009년 4월 29일), 1차심사(2009년 5월 23일), 확정일(2009년 6월 2일)

책임저자 : 최남길, (501-757) 광주광역시 동구 학동 8번지
전남대학교병원 영상의학과
TEL : 062-220-5749, FAX : 062-226-4380
E-mail : crs723@hanmail.net

교신저자 : 한재복, (520-714) 전남 나주시 건재로 253번지
동신대학교 방사선학과
TEL : 061-330-3574, FAX : 061-330-3309
E-mail : way2call@naver.com

I. 서 론

성적흥분(sexual arousal)이란 성교행위에서 오르가즘에 도달하는데 필요한 준비과정이라고 할 수 있다. 특히 인간의 경우 진화를 거치면서 시각자극(visual stimulation)이 가장 강렬한 성적흥분을 야기시킨다고 보고하고 있다¹⁾. 성적흥분과 관련된 외부자극은 대뇌 중추신경계의 생리학적 변화를 가져오고 인간의 감정적 변화를 유발시킨다. 일반적으로 감성의 뇌(腦)로 알려진 우반구가 좌반구에 비해 보다 우세하게 반응하며, 특히 대뇌 피질하의 변연계(limbic system)가 감정적 흥분을 일으키는 중추적인 역할을 한다고 알려져 왔다. 대뇌의 변연계는 충동적, 성적, 사회적 행동들의 감정을 표현하고 조절하는 기능을 가지고 있으며 애정과 증오, 슬픔과 행복, 매력과 혐오감, 흥분과 평온함과 같은 감정의 총체적인 조절이 이루어진다²⁻⁴⁾. 가장 원시적인 척추동물의 경우에는 성반응을 포함하는 대부분의 반사를 담당하는 중추는 척수나 뇌간 등의 하위중추에 위치해 있는 반면, 고등동물의 경우 중뇌, 변연계, 피질, 피질하핵 등의 상위중추에 있다고 한다. 지금까지 수행해온 다양한 동물실험의 결과를 보면 성적행동과 연관이 있는 피질하 구조들은 중격핵, 편도체 그리고 시상하부의 후면 등이라고 한다. Olds 등⁵⁾은 동물을 이용한 전기적 자극실험을 통하여 시상하부와 중격핵이 강력한 성적흥분을 일으키는 부위라고 하였다. 한편 Heath⁶⁾는 사람을 대상으로 변연계의 피질하 영역에 위치하고 있는 중격영역과 시상앞 부분, 그리고 시상하부를 자극함으로써 피검자로부터 성적 극치감을 일으키게 하는데 성공하였다. 하지만 동물의 성적 본능은 종족보존을 위한 성적이 강하고 외부자극 역시 후각에 많이 의존하는 반면, 인간은 성적 상상력과 같은 인간만의 독특한 특징들을 가지고 있어서 정신적, 신경학적, 혈류 역학적으로 매우 복잡하게 연관되어 있으며, 후각보다는 주로 시각적인 자극에 의하여 보다 민감하게 반응한다는 점 등에서 동물 실험의 결과와는 서로 차이가 있을 것으로 생각된다⁷⁻¹⁰⁾.

최근에 Stoleru 등¹¹⁾은 양전자방출단층촬영(positron emission tomography : PET)을 이용하여 정상 성인 남성을 대상으로 시각적인 성적자극이 대뇌의 일정 부위를 흥분시킨다는 사실을 밝혀냈으며, 아울러 성적자극 정도가 혈청 테스토스테론치의 변화와 관계가 있다는 연구 결과를 발표했다. 그러나 PET와 단광자방출단층촬영(single photon emission computed tomography : SPECT) 등의 핵의학 분야의 검사법^{12,13)}들은 침습적인 방법으로서 방사선 물질을 인체에 직접 주입하여 촬영해야 하기 때문

에 반복적인 검사가 어렵고, 또한 적당한 표지물질의 선택과 합성이 어렵기 때문에 인간을 대상으로 하여 중추신경계에 대한 임상 연구를 수행하기에는 아직도 기술적인 한계점을 안고 있다. 반면 인체 내의 수소원자핵의 자기공명현상을 이용한 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI) 기술은 PET나 SPECT와는 달리 인체에 해가 없는 비침습적인 방법으로서 사람을 대상으로 반복적인 촬영이 가능하고 또한 PET나 SPECT에 비해 높은 공간 해상력과 시간 분해능을 갖고 있어 임상분야에서의 그 활용범위가 더욱 커지고 있다. 최근 들어 중추신경을 자극할 때 일어나는 혈중 산소의 포화도에 의존하는 BOLD(blood oxygenation level dependent)기법¹⁴⁻¹⁶⁾을 이용하여 뇌의 기능적인 특성을 영상화 할 수 있는 “기능적 자기공명영상법(functional magnetic resonance imaging : fMRI)”이 개발되었고, 그 이후 대뇌피질의 운동영역과 언어와 같은 인지기능과 관련된 다양한 대뇌 중추신경의 활성화에 관한 연구들이 진행되고 있다. 그러나 성적자극과 관련된 fMRI의 연구는 도덕적 문제점과 같은 실험상의 어려움으로 인해 전 세계적으로 극히 일부분의 그룹에서만 연구하고 있을 따름이다. 최근 Jeong 등^{17,18)}은 1.5T 기능적 자기공명영상법을 이용한 성기능 중추와 관련된 연구에서 활성화된 대뇌의 영역은 주로 대상회, 시상과 시상하부, 뇌섬엽과 편도체 등의 변연계와 미상핵, 창백핵, 조가비핵 등의 기저핵이라고 보고하고 있다. 그러나 그들의 연구는 성기능과 관련이 있는 중추를 확인만 하였을 뿐 대뇌피질의 영역별 활성화도를 정량적으로 분석하지 않았기 때문에 대뇌의 영역별 활성화도와 관련하여 성적흥분의 신경학적 기전에 관해서는 밝혀 낼 수 없었다.

본 연구에서는 성적흥분을 유발시키는 방법으로 비디오풀을 이용한 시각자극(visual stimulation)과 함께 전통적인 한방 침술(鍼術, acupuncture) 자극을 이용하여 실험하였다. 침술의 기본적인 개념은 신체 부위와 장기가 서로 경락(經絡)을 통하여 연결되어 있다는 가설을 기반으로 하기 때문에 특정한 장기와 통하는 경혈(經穴)을 자극함으로써 경락의 기능을 높여 인체의 기(氣)와 혈(穴)을 잘 통하게 하고 어혈(瘀血)을 풀어 순행하게 하고 또한 양기를 북돋아 몸을 건강한 상태로 되돌아가게 한다는 것이다¹⁹⁻²¹⁾. 이러한 전통 한방의 침 치료 기전은 과학적인 측면에서 입증하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 비침습적인 기능적 자기공명영상법(functional magnetic resonance imaging, fMRI)을 이용하여 특정한 경혈과 연결되어 있는 대뇌의 해당 부위를 지도화 할 수 있을 것이라는 가정

하에서 침술(鍼術) 실험을 시도하게 되었다. 특히 1979년 침구요법(鍼灸療法)이 세계보건기구(WHO, World Health Organization)의 공식적인 인정을 받게 된 이래 20여 년 동안의 검증을 거쳐 오면서 1998년에는 300여 종의 질병을 침구요법으로 치료할 수 있다고 발표할 정도로 세계학회에서 인정을 하게 되었다. 그러나 전통 한방의 침 치료 기전은 그 사용범위가 통증 완화 등의 아주 국한된 분야에서만 제한적으로 사용되어 왔으며 성적흥분과 관련된 침술에 관한 연구는 전 세계적으로 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 fMRI를 이용하여 경혈(acupuncture point)과 비경혈(sham acupuncture point)의 침자극에 의한 대뇌의 활성화를 비교하여 경혈의 이론을 신경해부학적으로 설명하고, 아울러 성적흥분과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진 특정한 경혈, 즉 삼음교(三陰交 : SP6)를 자극하여 시각 자극에 의하여 활성화된 대뇌 중추 영역과 활성화 기전과 차이점을 밝히고, 그 결과를 이용하여 한방의 침술이론을 과학적 측면에서 입증하고자 하였다.

II. 실험 방법

1. 실험대상

fMRI 측정에 참가할 피검자들은 연령, 학력 등의 동질성을 고려하여 선발하였으며, 실험 대상자들은 성적기능이 정상적인 오른손잡이로 판정된 정상인 여자 21명(19~32세 : 평균 22세)을 대상으로 하였다.

2. T1강조 자기공명영상

형태·해부학적인 영상자료로 사용하기 위한 T1강조영상(T1 weighted image : T1WI)을 획득하기 위하여 3.0T Forte MR Scanner(Isole Technology, Korea)를 사용하였다. T1WI를 얻기 위하여 bird cage형의 두부코일을 이용하였으며 MRI 변수로서 반복시간(repetition time : TR)/에코시간(time to echo : TE) = 500 msec/8 msec를 사용하여 횡단면의 방향으로 영상을 획득하였으며 이때 사용된 영상범위(field of view : FOV)는 22×22 cm, matrix의 크기는 256×192, NEX(number of excitation)는 2, 단면두께(slice thickness)는 5 mm, 단면간격은 0 mm로 하였고 총 영상획득시간은 200초였다.

3. 기능적 자기공명영상법

기능적 자기공명영상을 얻기 위해서 3.0T Forte MR

Scanner(Isole Technology, Korea)를 사용하였다. 펄스 파형은 EPI(Echo Planar Imaging) 기법을 이용하였으며, 영상변수로는 TR(repetition time)/TE(time to echo) = 3,000 ms/35 msec, 숙임각(flip angle) 70°, FOV(field of view) 22×22 cm, matrix 64×64, 단면두께 5 mm, 1 NEX(number of excitation)로 하였다. 이때 전교련(anterior commissure : AC)과 후교련(posterior commissure : PC)을 연장한 AC-PC line을 기준으로 하여 20개의 횡단면으로부터 총 2,000개의 기초영상을 얻었다. EPI 영상이 평형상태(equilibrium state)를 이루기 전에 나타나는 높은 신호를 보정하기 위해 활성화 영상을 얻기 전에 30초(10 phase)의 모조영상(dummy scan)을 추가로 얻었으며, 총 영상획득 시간은 330초였다.

4. 대뇌 총추의 활성화 방법

1) 시각자극

성기능이 정상적인 피검자를 대상으로 성적 자극을 유발하는데 충분하다고 판단한 포르노 동영상을 반투명 스크린에 투영시켜 피검자가 head coil에 부착된 거울을 통해 볼 수 있도록 하여 시각적 성적자극을 유도하였다. 활성화를 위한 자극 제시방법은 1분의 휴식기 후 3분 동안 시각적 성적자극을 주었으며 다시 1분간의 휴식기를 갖게 하며 영상을 획득하였다.

2) 삼음교 경혈자극

성기능과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 족태음비경(足太陰脾經)의 6번째 경혈인 삼음교(三陰交 : SP6)를 선택하였다. 삼음교의 위치는 경골(tibia)의 내과(內踝)에서 위로 약 9 cm 위치의 경골 후연(後緣)에 위치하고 있다. 실험 전에 한의사가 삼음교에 미리 표시를 하여 실제 scan시 체침하는데 용이하게 하였다(Figure 1). 침자극은 직경 0.3 cm, 길이 4 cm의 스테인레스강의 침구침(동방침구침, 보령, 충남)을 이용하였고 삼음교에서 약 1 cm의 깊이로 자입(刺入)하였다.

3) 비경혈 자극

경혈과 비경혈 자극에 의한 비교실험을 위하여 광명혈(GB37) 후방으로 3 cm 위치에 있는 비경혈점을 침으로 자극하여 대뇌의 활성화 양태를 비교하였으며, 그 결과를 토대로 경혈자극에 의한 침(鍼) 실험의 유용성을 과학적인 측면에서 평가하였다.

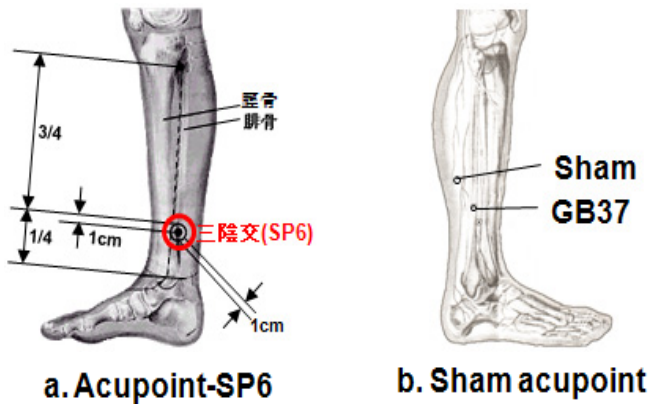


Fig. 1. Anatomical location of the (a) Sanyinjiao(SP)6 acupoint and (b) a sham acupoint

5. 영상 후처리 및 분석방법

이상에서 얻은 기본적인 MR영상들을 BOLD영상으로 만들기 위해 fMRI 분석 소프트웨어인 SPM99 분석 프로그램(statistical parametric mapping 99, The Wellcome Department of Cognitive Neurology, University College, London, UK)을 이용하였다. 실험 중에 발생하는 움직임에 의한 오류를 보정하고 표준화된 영상을 얻기 위하여 움직임 보정(motion correction)과 재정렬(realignment) 과정을 거친 후, ANCOVA를 적용하여 Talairach space 상에서 global normalization을 하였고 이를 화소(pixel) 단위로 t-test를 시행하였다. 각 과제별로 유의수준($p < 0.05$)을 기준으로 하여 활성화 지도

Table 1. Definition of Anatomical areas and their abbreviations including Brodmann's area(BA)

Cerebral region		Anatomical area	Abbreviation code-BA*
Neocortex region	Frontal lobe	Inferior frontal gyrus	IFG-44,45
		Gyrus rectus	GR-11
		Subcallosal area	SCA-25
	Central region	Rolandic operculum	RO-43
	Temporal lobe	Superior temporal gyrus	STG-22
		Middle temporal gyrus	MTG-21
		Inferior temporal gyrus	ITG-20
	Parietal lobe	Supramarginal gyrus	SMG-40
		Angular gyrus	AG-39
		Precuneus	PCU-7
Occipital lobe	Superior occipital gyrus	SOG-17,18	
	Middle occipital gyrus	MOG-18,19	
	Inferior occipital gyrus	IOG-18,19	
	Fusiform gyrus	FUSI-18,19	
	Lingual gyrus	LING-17,18,19	
Limbic system	Basal ganglia	Putamen	PUT
		Globus pallidus	GLO
		Head of caudate nucleus	hCN
		Body of caudate nucleus	bCN
		Amygdala	AMYG
	Diencephalon	Thalamus	THL
		Hypothalamus	HThL
	Limbic lobe	Hippocampus	HIP
		Parahippocampal gyrus	PHIP
		Anterior cingulate gyrus	aCIN-24,32,33
		Posterior cingulate gyrus	pCIN-23,33
	Insular cortex	Insular cortex	INS
	White matter tract	Genu of corpus callosum	gCC
Splenium of corpus callosum		sCC	

* BA : Brodmann area

(activation map)를 얻은 후 표준화된 T1 강조영상에 중첩하여 최종적인 기능적 자기공명영상을 얻었다. 이어서 대뇌의 해부학적·기능학적 영역의 활성화 유무를 보기 위한 활성화율(%), 피검자 수 기준)과 실제 활성화 된 영역의 크기를 보기 위한 활성화도(% , pixel 수 기준)를 구하였으며, 사용된 대뇌의 해부학적인 영역의 명칭과 약어는 Table 1과 같다. 또한 시각과 침자극에 의한 대뇌 활성화의 비교는 paired t-test를 이용하여 통계 처리하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 삼음교 경혈과 비경혈 침자극의 비교

삼음교 경혈자극의 경우, 대뇌 전반에 걸쳐서 강한 활성화 신호를 보인 반면, 비경혈 자극에서는 보다 작은 활성화 신호들이 산발적으로 나타났다(Figure 2, 3). 반면, 비경혈 자극에 의한 활성화도가 경혈자극과 비교하여 대등하거나 보다 크게 나타난 부위는 백질(white matter : WM)로 구성된 뇌량 부위 중 sCC 영역뿐이었고 gCC는 대등하였으며, 그 밖의 대뇌 부위에서는 모두 경혈 자극에서 더 큰 활성화도를 보였다. 대뇌 신피질(Figure 3a)과 변연계(Figure 3b)로 구분하여 비교해 보면, 신피질의 경우 삼음교에서 약 5배의 높은 활성화도를 보였으며 변연계의 경우에는 삼음교 자극시 약 2배 이상의 높은 활성화도를 보였다. 이와 같이 좌·우 대뇌반구를 잇는 뇌량의 활성화는 한편으로는 성적흥분과 관련하여 교련 섬유를 통한 양쪽 두뇌에서의 활발한 정보교환을 시사하고 있다. 비경혈 자극시 뇌량을 제외한 대뇌부위에서 가장 높은 활성화도를 보인 부위는 aCIN을 비롯하여 hCN과 PUT 등이었다. 특히 aCIN 활성화의 증가는 침자극에 의한 통증과 밀접한 관계가 있으며, 또한 기저핵 구조물인 hCN과 PUT의 활성화는 침자극에 의한 근육의 생리적인 반사작용과 관련되는 현상으로 설명할 수 있다. 또한 Figure 2에서 보는바와 같이 비경혈 자극에 비하여 경혈 자극시에 소뇌(cerebellum)에서 더 많은 활성화를 보였는데 이것은 통증에 의한 근육이 일시적으로 수축 또는 긴장함으로서 일어난 결과라고 생각된다.

이상의 결과로부터 종합해 보면, 경혈자극시에는 대뇌 전반에서 강한 활성화를 보이는 것으로 보아 경혈-경락 이론에 따라 신경세포의 활동전위가 비경혈자극에 비하여 효율적으로 유도, 전달된다고 유추 해석할 수 있으며, 아

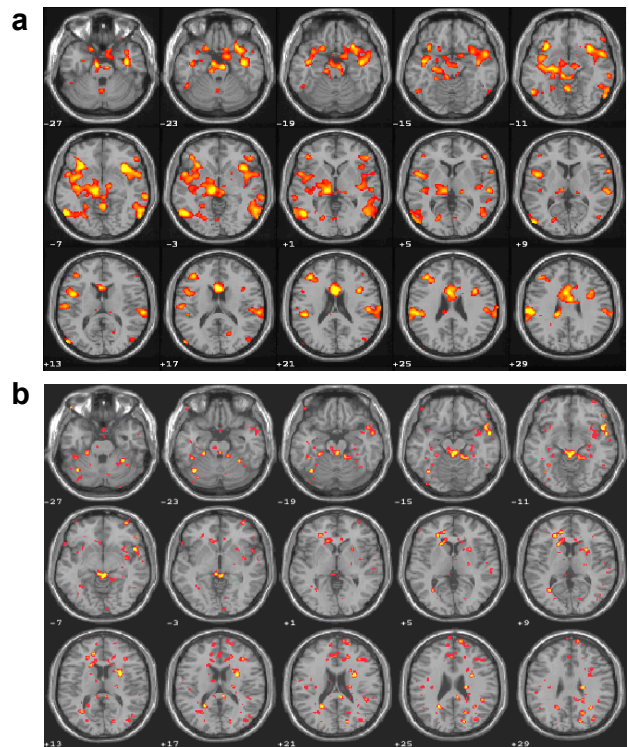


Fig. 2. An axial series of the brain activation associated with acupunctural stimulation at (a) SP6 acupoint and (b) sham-point

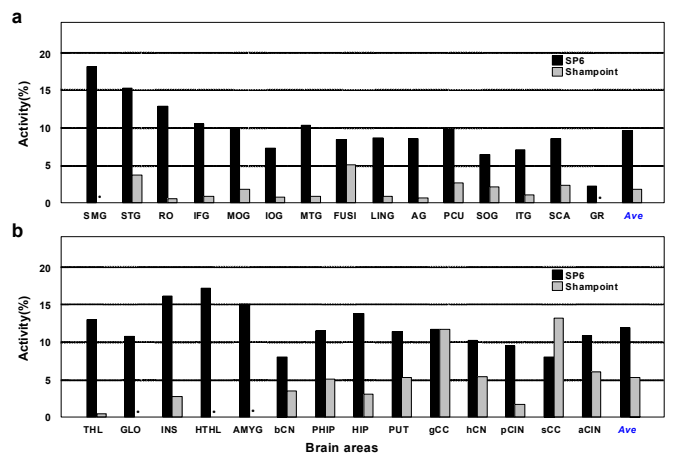


Fig. 3. Comparison of the brain activity(% , activated pixels based) in the (a) neocortex region and (b) limbic system activated by acupunctural stimulation at SP6 and shampoint “•” demonstrates ‘no activity’

울러 백질부인 sCC와 gCC의 활성화를 고려 대상에서 제외할 경우 비경혈에 의한 침술효과는 무시해도 좋을 것 같다($p < 0.001$). 그러나 본 연구에서는 다만 삼음교 경혈

만을 이용하였고, 또한 비경혈 역시 한 부위만을 선택하여 제한적으로 실험하였음을 밝혀둔다.

2. 시각자극 및 경혈자극의 결과

1) 피검자 수를 기준으로 한 부위별 활성화율

시각 자극시 신피질과 변연계의 평균 활성화율은 각각 93.0%와 74.5%로서 신피질에서 18.5% 더 많은 활성화율을 나타냈다(Figure 4, Table 2). 신피질에서 더 높은 활성화율을 보인 이유는 시각영역인 후두엽의 IOG, MOG, LING, SOG, FUSI 부위에서 평균 99.0%의 높은 활성화율을 보였기 때문이며 이것은 시각 자극시에 일어날 수 있는 당연한 결과라고 생각된다. 신피질의 경우 전두엽의 GR과 SCA가 각각 66.7%, 57.1%의 낮은 활성화율을 보였으나 그 밖의 부위에서는 90-100%의 높은 활성화율을 나타냈다. 한편 변연계에서는 pCIN과 bCN가 각각 47.6%, 23.8%의 낮은 활성화율을 보였으나 그 밖의 부위에서는 모두 50% 이상의 활성화율을 나타냈으며 그 중에서도 PHIP를 비롯하여 HIP, INS, hCN, aCIN, gCC, THL 등에서는 80-100%에 가까운 높은 활성화율을 보였다. 여기에서 bCN과 hCN은 미상핵의 구조로서 해부학적

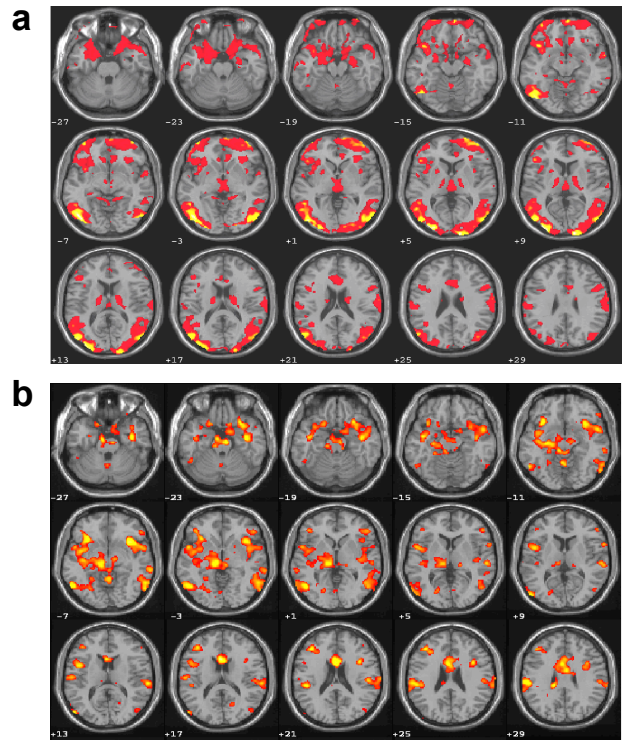


Fig. 4. An axial series of the brain activation associated with (a) visual stimulation and (b) acupunctural stimulation at SP6 acupoint

Table 2A. Activation ratio(% , the number of activated volunteers based) and brain activity(% , activated pixels based) in the neocortex region activated by visual stimulation

Visual	IFG	GR	SCA	RO	STG	MTG	ITG	SMG	AG	PCU	SOG	MOG	IOG	FUSI	LING
1. PJH	2.87	3.19	26.20	0.24	3.34	0.74	1.02	0.13	-	3.14	-	0.41	7.79	1.71	0.05
2. SWH	2.51	1.01	-	7.54	6.01	8.32	8.00	1.13	0.16	-	0.29	0.94	3.58	13.91	0.16
3. KEK	16.76	0.20	-	13.00	15.53	29.55	14.35	9.07	32.58	14.48	3.46	29.98	23.46	9.24	15.94
4. KWK	31.64	0.20	6.35	3.95	17.61	29.37	4.26	30.62	26.55	34.41	23.17	47.69	7.08	3.09	5.89
5. YDO	15.93	-	4.20	17.09	13.42	25.41	14.22	22.98	16.62	6.66	28.23	30.99	50.03	22.47	16.88
6. SMJ	1.66	8.69	10.54	7.57	7.02	3.54	5.86	2.13	2.38	22.45	14.58	3.32	14.41	2.93	15.99
7. LEM	15.09	-	-	9.68	0.83	1.93	4.97	10.02	6.56	8.97	1.91	0.59	7.44	2.13	3.31
8. CEK	15.44	4.37	2.66	0.83	15.48	33.36	12.19	2.72	8.66	0.11	18.84	37.05	23.34	0.78	3.68
9. CEH	20.10	4.22	6.76	27.75	16.60	11.96	1.05	5.21	8.88	8.91	9.47	18.77	3.33	4.85	7.31
10. KHH	9.27	6.95	11.05	2.85	10.76	16.22	16.88	2.79	-	0.44	3.45	20.07	53.88	7.82	2.70
11. KJH	11.66	5.97	47.60	6.36	21.31	30.21	11.94	6.83	56.11	24.52	13.39	18.23	0.04	0.76	1.05
12. AHR	6.23	2.50	19.14	13.44	7.79	13.74	6.14	5.56	1.07	3.52	10.16	13.71	27.71	5.25	19.99
13. SEA	2.90	0.42	-	3.70	9.64	9.44	3.54	4.70	23.81	12.67	4.89	26.71	18.89	10.11	17.20
14. BJE	7.90	-	2.25	-	7.50	2.25	0.06	3.00	1.99	2.08	27.38	41.20	25.16	3.38	22.76
15. HKJ	18.80	1.47	-	16.70	12.11	12.16	4.31	25.84	3.75	1.88	5.62	39.37	25.99	17.70	2.98
16. KEO	10.55	-	-	0.86	9.10	10.51	6.91	3.89	1.48	0.17	26.21	52.18	71.46	7.98	8.56
17. SKE	0.31	0.12	2.05	-	3.67	13.05	9.51	6.39	1.22	0.22	10.38	34.46	64.30	21.83	10.23
18. CYJ	1.30	0.96	-	4.01	1.09	10.30	8.96	4.50	1.07	0.96	7.15	31.64	77.11	15.61	32.27
19. HJY	3.99	-	1.02	12.58	5.11	7.03	9.49	40.45	10.01	1.87	1.01	21.02	69.25	16.45	15.45
20. KJH	5.31	-	-	1.24	0.67	6.02	4.22	2.18	0.06	0.10	9.33	20.35	37.13	6.22	12.58
21. LJH	5.41	-	-	0.22	5.90	4.54	4.31	0.13	4.67	26.74	18.30	28.48	47.92	5.17	52.71
Ave	9.79	2.88	11.65	7.87	9.07	13.32	7.25	9.06	10.93	8.71	11.86	24.63	31.39	8.54	12.75
±SD	8.00	2.79	13.63	7.36	5.92	10.25	4.68	11.10	14.60	10.50	9.07	15.16	24.79	6.84	12.49
Act. Ratio(%)	100.00	66.67	57.14	90.48	100.00	100.00	100.00	100.00	90.48	95.24	95.24	100.00	100.00	100.00	100.00
Wt. Ave	9.79	1.92	6.66	7.12	9.07	13.32	7.25	9.06	9.89	8.30	11.30	24.63	31.39	8.54	12.75

Table 2B. Activation ratio(% the number of activated volunteers based) and brain activity(% activated pixels based) in the limbic system activated by visual stimulation

Visual	PUT	GLO	hCN	bCN	AMYG	THL	HTHL	HIP	PHIP	aCIN	pCIN	gCC	sCC	INS
1. PJH	0.38	1.28	8.30	-	53.26	10.81	1.84	20.20	9.32	74.90	10.32	74.97	15.50	3.47
2. SWH	-	-	-	-	2.27	-	-	3.71	19.28	4.21	0.34	0.60	0.03	3.19
3. KEK	11.80	27.58	5.64	13.00	-	26.71	23.08	0.55	5.81	10.07	3.07	3.01	0.41	3.44
4. KWK	18.49	30.02	5.64	25.54	10.66	34.18	16.22	37.22	19.16	6.06	46.33	2.39	8.72	1.91
5. YDO	11.03	36.19	43.67	9.91	32.34	26.36	64.05	22.35	18.58	20.18	28.29	34.28	18.71	14.48
6. SMJ	2.18	3.77	11.70	4.95	5.19	20.25	5.69	4.83	7.67	2.95	26.54	1.45	2.81	5.49
7. LEM	14.65	0.96	0.03	-	-	-	-	0.29	1.80	4.11	-	0.02	-	10.49
8. CEK	4.27	-	10.27	-	2.62	5.90	29.60	0.70	3.56	1.75	-	0.18	-	1.96
9. CEH	6.93	1.44	7.82	-	22.32	59.44	7.53	49.56	26.17	13.51	-	1.06	5.77	38.40
10. KHH	-	-	0.07	-	4.25	12.70	7.69	2.43	17.50	0.81	3.87	9.48	0.11	3.86
11. KJH	23.84	15.36	30.95	-	20.51	4.94	92.48	3.59	11.77	2.43	16.88	-	0.46	3.23
12. AHR	0.69	0.48	6.03	-	1.86	0.02	1.67	3.28	8.03	3.09	-	6.08	-	4.69
13. SEA	7.91	-	1.63	-	-	5.55	-	0.75	12.40	0.01	38.27	3.67	2.83	20.13
14. BJE	-	-	7.20	-	-	9.74	-	0.49	3.39	16.42	-	6.49	0.05	1.26
15. HKJ	5.22	0.43	2.00	-	16.55	1.63	-	5.17	16.30	-	-	0.14	2.83	8.18
16. KEO	-	0.69	-	-	0.17	-	-	-	6.63	-	-	-	-	0.06
17. SKE	0.17	0.64	4.72	-	0.23	4.73	-	3.40	43.62	0.52	-	2.46	-	1.84
18. CYJ	1.96	-	0.13	0.15	5.77	2.64	-	18.52	23.05	0.62	-	1.12	-	0.66
19. HJY	11.86	2.39	12.82	-	0.17	1.01	2.51	1.68	20.60	0.39	-	2.75	-	11.41
20. KJH	-	-	1.36	-	1.17	0.05	-	0.32	11.37	3.31	-	8.28	-	-
21. LJH	-	0.37	1.45	-	-	31.96	-	0.56	4.71	5.39	16.98	9.61	-	0.54
Ave	8.09	8.68	8.50	10.71	11.21	14.37	22.94	8.98	13.84	8.99	19.09	8.84	4.85	6.93
±SD	7.12	12.94	11.09	9.62	14.77	15.94	29.49	13.74	9.83	16.96	15.55	17.77	6.33	9.06
Act. Ratio(%)	71.43	66.67	90.48	23.81	76.19	85.71	52.38	95.24	100.00	90.48	47.62	90.48	57.14	95.24
Wt. Ave	5.78	5.79	7.69	2.55	8.54	12.31	12.02	8.55	13.84	8.13	9.09	8.00	2.77	6.60

으로 동일한 영역이나 hCN의 활성화율이 90.5%로서 bCN의 23.8% 보다 높게 나타났다. 그 이유는 MRI 영상에서 hCN가 차지하는 부피는 6,085 pixel인 반면 bCN는 646 pixel수로서 hCN이 9배 이상의 크기를 가지므로 fMRI의 특성상 hCN에서 활성화된 pixel의 감지가 상대적으로 수월하기 때문이라고 생각된다.

삼음교 자극시 대뇌 신피질과 변연계의 전체 평균 활성화율은 각각 90.7%와 78.6%로서 변연계에 비하여 신피질에서 12.1% 더 많은 활성화율 우세를 보였다(Figure 4, Table 3). 신피질에서는 전두엽의 GR과 SCA가 각각 55.0%, 30.0%의 낮은 활성화율을 보였으나 그 밖의 신피질 부위에서는 평균 90-100%까지의 높은 활성화율을 나타냈다. 한편 변연계에서는 기저핵의 bCN, hCN와 GLO, 간뇌의 HTHL이 각각 30.0%, 55.0%, 55.0%, 55.0%의 낮은 활성화율을 보인 반면 그 밖의 부위에서는 70-100%까지의 활성화율을 나타냈다. 그 중에서도 특히 HIP를 비롯하여 THL, INS, PHIP, aCIN, gCC 부위는 90% 이상의 활성화율을 보였다. 특이한 사실은 삼음교 자극에서는 gCC와 sCC에서 각각 90.0%, 80.0% 활성화율을 보였으며, 시각자극과 비교하여 gCC의 활성화율은 서로 비슷하였으나 sCC에서 22.9% 증가하였다는 점이며,

뇌량의 sCC에서의 활성화율의 증가는 대뇌 반구사이의 보다 활발한 신경흥분 전달을 의미한다고 추정할 수 있다. 또한 시각자극에서는 대상회의 aCIN와 pCIN이 각각 90.5%와 47.6%의 활성화율을 보인 반면, 삼음교 경혈자극에서는 각각 95.0%와 75.0%로서 시각자극보다 평균 15.9% 이상 활성화율이 증가하였는데 그 이유는 침자극에 의한 통증 억제 기전에 관여하는 대상회 영역의 활성화가 증가되었기 때문이라고 생각된다.

시각과 삼음교 경혈 자극간의 신피질과 변연계의 활성화율은 대뇌 신피질 영역에서는 시각 93.0%, 삼음교 90.6%로 시각자극에서 약간 높았으며 변연계의 경우에는 삼음교 78.6%, 시각 74.5%로 삼음교에서 약간 높았으나 통계학적인 의의(p < 0.05)는 없었다.

이와 같이 변연계의 활성화율이 신피질에서와는 달리 시각자극에 비하여 침자극시에 높은 이유는 인체의 주요 감각을 분석한 후 해당되는 대뇌 부위로 투사하는 THL의 활성화율이 삼음교(100.0%)에서 시각(85.7%) 자극보다 우세를 보였기 때문이다. 이러한 점으로 미루어 보아 침자극은 경혈과 경락을 통하여 감각과 관련된 대뇌 변연계의 활성화를 보다 효과적으로 유발시킬 수 있다고 생각된다.

Table 3A. Activation ratio(% , the number of activated volunteers based) and brain activity(% , activated pixels based) in the neocortex region activated by acupunctural stimulation at SP6 acupoint

SP6	IFG	GR	SCA	RO	STG	MTG	ITG	SMG	AG	PCU	SOG	MOG	IOG	FUSI	LING
1. PJH	16.10	5.23	61.21	13.39	48.32	41.83	31.50	7.46	6.40	4.09	3.77	18.61	32.92	27.03	12.30
2. SWH	3.42	-	-	2.31	1.61	0.51	0.06	0.01	-	0.59	0.62	0.09	0.13	0.36	0.07
3. KEK	7.94	-	-	3.41	6.10	6.51	5.68	6.77	2.29	0.76	24.17	19.25	9.77	15.74	19.29
4. KWK	29.88	0.74	4.40	51.20	26.86	29.35	4.83	71.48	53.07	51.20	33.29	44.78	3.42	16.23	28.47
5. YDO	3.53	9.92	0.51	2.21	13.51	11.63	5.12	1.47	0.11	0.57	0.14	0.75	0.24	6.35	3.94
6. LEM	0.70	-	-	2.25	0.63	0.57	0.60	2.00	5.66	4.41	-	-	0.04	0.20	1.72
7. CEK	5.81	-	1.13	4.21	19.95	15.93	7.00	4.64	0.18	5.89	0.12	0.61	-	8.56	13.49
8. CEK	1.10	-	-	2.10	2.23	1.60	1.46	4.05	0.73	0.31	28.38	13.77	10.25	2.73	7.66
9. CEH	13.46	2.53	2.46	7.91	5.92	3.80	1.37	0.34	2.73	2.29	0.03	0.63	1.12	6.48	0.95
10. KHH	6.74	-	-	3.90	23.06	29.31	34.33	22.98	6.41	0.08	6.65	28.64	49.54	32.48	5.20
11. KJH	1.30	-	2.05	3.43	21.70	3.59	1.06	6.69	0.15	1.17	-	0.30	0.05	0.01	1.86
12. AHR	8.30	-	15.86	8.86	20.22	12.77	1.91	21.91	9.14	8.58	0.86	5.17	2.51	3.62	7.88
13. BJE	2.61	-	-	24.57	20.42	8.15	0.83	52.09	0.85	15.53	12.28	21.26	14.75	5.31	6.21
14. KEO	10.16	-	-	19.24	42.52	4.45	8.71	44.78	4.37	0.77	8.30	1.91	0.75	21.57	29.35
15. SKE	3.48	0.22	10.13	2.57	3.94	3.05	2.16	6.27	18.80	14.60	5.81	6.71	2.76	2.77	2.07
16. HKJ	6.44	-	-	6.18	5.34	8.75	4.45	6.82	0.28	4.08	0.20	8.92	6.51	1.20	2.27
17. CYJ	7.36	3.78	13.10	45.85	27.82	3.81	3.19	40.02	4.58	0.31	0.23	0.42	0.28	1.37	5.81
18. HJY	15.03	-	-	20.03	13.54	6.48	6.37	50.84	25.51	5.28	3.48	7.29	1.48	3.71	0.20
19. KJH	2.89	-	0.51	2.29	11.48	11.61	6.12	6.30	37.94	30.62	9.35	19.57	1.73	2.07	2.81
20. LJH	9.35	-	4.71	19.98	11.68	3.04	6.27	23.98	16.24	3.79	2.87	5.64	1.08	9.40	10.24
Ave	7.78	3.74	10.55	12.29	16.34	10.34	6.65	19.04	10.29	7.75	7.81	10.75	7.33	8.36	8.09
±SD	6.89	3.56	17.61	14.37	13.14	11.07	9.33	21.35	14.46	12.62	10.35	12.04	12.93	9.42	8.69
Act. Ratio(%)	100.00	30.00	55.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.00	100.00	90.00	95.00	95.00	100.00	100.00
Wt. Ave	7.78	1.12	5.80	12.29	16.34	10.34	6.65	19.04	9.77	7.75	7.03	10.21	6.97	8.36	8.09

Table 3B. Activation ratio(% , the number of activated volunteers based) and brain activity(% , activated pixels based) in the limbic system activated by acupunctural stimulation at SP6 acupoint

SP6	PUT	GLO	hCN	bCN	AMYG	THL	HThL	HIP	PHIP	aCIN	pCIN	gCC	sCC	INS
1. PJH	1.08	-	23.86	-	61.77	3.63	66.05	52.33	22.09	13.41	16.89	19.21	2.56	1.99
2. SWH	2.80	-	-	-	-	0.37	-	0.72	0.53	0.15	-	-	-	3.59
3. KEK	0.01	0.11	-	-	1.75	14.09	-	13.87	8.08	2.06	-	-	0.25	5.14
4. KWK	66.90	86.03	52.10	100.00	17.60	92.95	51.51	40.18	63.85	3.42	60.67	12.12	33.44	27.99
5. YDO	7.70	24.81	8.05	0.16	39.57	8.90	-	28.13	5.31	4.00	1.15	14.75	1.50	8.23
6. LEM	-	-	-	-	19.11	1.62	-	4.54	6.37	-	0.17	0.18	0.38	1.61
7. CEK	4.18	8.40	34.38	23.84	-	16.42	-	4.24	18.27	24.36	1.71	23.80	10.35	9.50
8. CEK	-	-	-	-	0.23	0.07	0.33	1.00	1.32	1.50	3.39	0.37	3.24	1.46
9. CEH	8.65	4.57	8.30	8.36	-	25.86	3.51	18.79	12.47	24.95	20.22	9.41	7.08	10.99
10. KHH	1.11	3.40	-	11.11	1.22	4.94	-	6.81	9.61	0.10	2.04	5.41	4.67	3.79
11. KJH	0.26	-	0.33	-	-	10.47	33.28	0.09	0.53	1.81	0.23	2.73	1.53	3.49
12. AHR	14.20	33.63	5.11	-	41.26	18.77	1.67	23.28	14.90	8.45	0.04	5.46	-	24.72
13. BJE	1.31	-	-	-	7.58	11.75	3.34	18.02	3.20	0.40	-	0.07	1.06	19.21
14. KEO	17.23	7.17	-	-	66.14	1.09	2.34	39.13	35.16	10.70	0.04	4.57	0.63	62.11
15. SKE	8.75	-	6.64	13.47	30.01	0.67	-	8.07	13.55	0.05	34.00	4.43	4.06	7.74
16. HKJ	-	-	-	-	1.40	3.74	-	7.11	8.19	6.20	-	5.60	-	0.86
17. CYJ	4.05	22.16	1.86	-	16.72	8.14	14.88	21.29	10.53	0.53	4.61	0.23	0.30	39.47
18. HJY	0.07	-	-	-	5.48	0.01	-	7.93	9.47	0.28	-	0.73	-	20.63
19. KJH	0.16	0.90	6.82	-	0.52	12.57	5.18	1.65	11.51	17.35	3.16	3.65	2.81	2.25
20. LJH	9.38	25.61	2.63	-	17.31	23.59	28.26	43.96	19.51	0.42	8.40	0.18	4.96	23.67
Ave	8.70	19.71	13.64	26.16	20.48	12.98	19.12	17.06	13.72	6.32	10.45	6.27	4.93	13.92
±SD	15.88	24.85	16.37	36.98	21.60	20.42	22.76	16.10	14.42	8.16	16.93	7.00	8.09	15.74
Act. Ratio(%)	85.00	55.00	55.00	30.00	80.00	100.00	55.00	100.00	100.00	95.00	75.00	90.00	80.00	100.00
Wt. Ave	7.39	10.84	7.50	7.85	16.38	12.98	10.52	17.06	13.72	6.01	7.84	5.64	3.94	13.92

시각과 침자극을 통하여 90% 전·후의 높은 활성화를 보인 변연계 부위는 PHIP, THL, HIP, aCIN, INS로서 성적흥분과 가장 밀접하게 연관된 영역이라고 생각되며 이 결과는 fMRI를 이용한 Jeong^{17,18)}과 PET를 이용한 Stoleru¹¹⁾의 성 중추 규명에 관한 연구 결과들과도 일치하고 있다. 주목할 사실은 시각자극에서는 대상회의 aCIN와 pCIN이 각각 90.5%와 47.6%의 활성화를 보인 반면, 삼음교 경혈자극에서는 각각 95.0%(Δ 4.5%)와 75.0%(Δ 27.4%)로서 시각자극보다 활성화를 증가하였는데, 그 이유는 침자극에 의한 통증 등의 감정을 조절하는 기능을 가지고 있는 대상회 영역의 활성도가 증가되었기 때문이라고 생각된다. 이러한 사실은 부정적인 감정을 의식할 때 보다 많이 활성화되는 AMYG 역시 시각자극(76.2%)에 비하여 삼음교(80.0%)의 침자극시에 3.8% 더 높은 활성화를 보인 결과로부터 뒷받침할 수 있다.

2) Pixel 수를 기준으로 한 부위별 활성화도

시각 자극시 신피질과 변연계 영역의 평균 활성화도는 12.0%, 11.1%로서 신피질에서 0.9% 더 높은 활성화를 보였다(Figure 4, Table 2). 신피질 영역에서는 특히 전두엽의 GR이 2.9%의 낮은 활성화를 보였으며 시각영역인 후두엽의 IOG, MOG 부위에서는 각각 31.4%, 24.6%로서 평균 활성화도(12.1%)의 2-3배 높은 활성화를 보였고 그 밖의 부위에서는 7.3-13.3%의 활성화를 나타냈다. 한편 변연계에서는 간뇌의 HTHL(22.9%)와 THL(14.4%), 변연엽의 PHIP(13.8%), pCIN(19.1%), 기저핵의 AMYG(11.2%)와 bCN(10.7%)에서는 상대적으로 높은 활성화를 보였다. 반면 간뇌와 변연회에 비하여 기저핵의 GLO, hCN, PUT 등에서는 활성화도가 작게 나타났는데 이는 시각자극에 의한 성적 감정과 관련된 신경회로는 기저핵보다는 간뇌와 변연회가 더 밀접한 관계를 갖고 있다고 추정할 수 있으며, 이러한 결론은 현재까지 수행되어온 다양한 연구의 결과들과 일치하고 있다.

삼음교 자극시에 신피질과 변연계에서는 각각 평균 10.0%와 13.8%의 활성화를 보였다. 침자극시에는 시각자극과는 달리 변연계에서 3.8% 더 높은 활성화를 나타냈다(Figure 4, Table 3).

시각과 삼음교 경혈자극에 의한 평균 활성화를 비교해 보면 다음과 같다. 신피질의 경우 시각과 삼음교 자극시에 각각 12.0%, 10.0%, 변연계에서는 각각 11.1%, 13.8%의 평균 활성화를 보였다. 신피질의 경우 시각자극시에 2.0% 더 높은 활성화를 보였으나 상호간에 유의($p < 0.05$)한 차이는 없었다. 반면, 변연계의 경우에는

침자극시에 2.7% 더 높은 활성화를 보였으며 통계학적인 유의수준에서 차이를 보였다($p < 0.05$). 따라서 통계학적인 유의한 수준에서 평균 활성화도의 차이를 보인 부위는 변연계라고 할 수 있다.

신피질의 경우, 시각자극에 비하여 삼음교자극에서는 시각관련 피질인 후두엽의 IOG(31.4% \rightarrow 7.3%로 감소), MOG(24.6% \rightarrow 10.8%), LING(12.8% \rightarrow 8.1%), SOG(11.9% \rightarrow 7.8%) 영역의 활성화도가 크게 감소하는 경향을 보였다. 반면 두정엽의 SMG(9.1% \rightarrow 19.0%)와 측두엽의 STG(9.1% \rightarrow 16.3%), 전두두정판개인 RO(7.9% \rightarrow 12.3%) 영역은 시각자극에 비하여 약 2배의 높은 활성화를 보였다.

한편 변연계에서 시각자극에 비하여 삼음교 자극시 2배 전후의 높은 활성도가 나타난 영역은 기저핵의 bCN, AMYG, GLO, hCN, 뇌섬엽인 INS, 그리고 변연엽의 HIP 등이었고, 반면 활성화도가 낮게 나타난 영역은 HTHL과 THL, pCIN, aCIN, gCC 등이었다. 기타 PHIP와 PUT, sCC 영역 등에서는 동등한 수준에서 활성화를 보였다. 이상에서 언급한 영역들은 특히 성적흥분과 관련되는 핵심 중추로서 알려져 왔으며 성적흥분의 정도가 높아질수록 이 영역들의 활성화도가 현저하게 증가된다고 보고 되어 왔다. 성적 흥분과 관련하여 HTHL과 CIN 역시 Papez 회로의 매우 중요한 영역으로서 본 연구의 결과에서는 시각과 침자극시에 각각 22.9% : 19.1%와 14.0% : 8.4%로서 시각자극시에 더 높은 활성화를 보였다. 이 두 영역은 성적 흥분과 관련하여 호르몬의 분비와 함께 원시 중추에서의 감성의 숙성, 그리고 숙성된 감성에 대한 정보를 상위 뇌에 투사하여 인식할 수 있도록 하는 역할을 관장하고 있다. 최근 Hsieh 등²²⁾의 발표에 의하면 통증조절과 관련되는 대뇌부위는 aCIN 이외에도 INS와 소뇌(cerebellum) 등이라고 주장하고 있으며 본 연구에서도 INS와 소뇌에서 강한 활성도가 일어났다. 뇌섬엽인 INS의 활성화도는 자극별로 삼음교자극(13.9%) > 시각자극(6.9%)의 순서를 보였으며 따라서 통증과 관련된 침자극시에 평균 2배 이상의 높은 활성화를 보이고 있다는 사실을 알 수 있다. 그러나 INS는 또한 성적흥분과 관련된 부위라고 알려져 온 점으로 보아 INS는 통증 완화를 통해서 성적흥분과 같은 쾌감을 유발시킬 수 있는 신경학적인 기전을 가지고 있다고 가정할 수 있다. 또한 소뇌에서의 활성화를 비교해 보면 시각자극시에는 거의 활성도가 일어나지 않은 반면 삼음교의 침자극시에는 강한 활성도가 일어난 사실로부터 Hsieh²²⁾의 연구결과와 일치한 것을 알 수 있었다.

한 가지 주지할 점은 침자극시에도 시각자극처럼 시각 영역이 활성화된다는 것이다. 이 결과로부터 침자극시에도 성적흥분과 관련된 정보가 피질하 시각 영역인 THL을 통하여 과거의 기억과 관련된 시각정보를 후두엽의 시각 영역으로 투사하기 때문이라고 가정할 수 있다. 또한 시각과 경혈 자극시에 모두 운동성, 감각성 언어 중추인 하전두엽의 IFG(BA : 44, 45)와 상측두엽의 STG(BA : 22) 부위에서 활성화가 일어난 점으로 미루어 보아 성적 흥분은 언어 중추와도 관련성이 있다는 것을 시사하고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 인간과 같은 고등동물의 경우 성적 흥분이 단순히 변연계의 피질하 영역인 중격영역과 시상앞부분, 그리고 시상하부에 있다고 하는 Heath⁶⁾의 연구 결과를 보다 확장하여 종족 보존을 위한 본능뿐만 아니라 인간만이 갖는 고유한 성적 상상력, 그리고 성에 대한 도덕성까지 포함하여 정신적, 신경생리학적 측면에서 성적흥분에 관한 기전을 설명할 수 있어야 한다고 생각한다.

3. 성적흥분과 관련된 신경학적인 기전 예측

이상에서 설명한 바와 같이 시각적 자극과 삼음교 침자극에 의한 대뇌 활성화 양상을 통하여 두 자극에 의한 대뇌의 활성화도의 차이점과 신경해부학적 기전에 대하여 다음과 같이 추정할 수 있었다.

신피질의 경우 후두엽의 시각피질(BA : 17, 18, 19)인 IOG, MOG, LING, SOG 등에서 가장 많은 활성화의 변화를 보였고 그 다음 측두엽의 ITG와 MTG, STG, 전두엽의 SFG, MFG, IFG, 두정엽의 SMG, AG, PCU 등이었다. 한편 변연계의 경우 간뇌의 HTHL와 THL, 변연엽의 HIP와 PHIP, 대상회의 CIN 등에서 활성화의 변화가 높게 일어났고, 뇌섬엽의 INS과 기저핵의 hCN, bCN, GLO, AMYG, 그리고 중뇌(midbrain)와 소뇌(cerebellum) 등에서 활성화가 낮게 일어났다. 정량적인 분석 결과(Table 2, 3)를 보면, 시각 자극시 시각영역인 후두엽의 IOG, MOG, LING, SOG 등의 부위에서 활성화도가 각각 31.4%, 24.6%, 12.8%, 11.9%로서 대뇌 신피질의 평균 활성화도(12.0%)보다 높거나 비슷한 수준으로 나타났다. 특히 1차와 2차 시각피질(BA : 18, 19)이 집중해 있는 IOG와 MOG는 대뇌피질 중 가장 높은 활성화도를 나타냈다. 또한 물체의 인식을 담당하는 ITG에서는 7.3%, 움직임을 분석하는 MTG는 13.3%, 공간의 위치정보를 관찰하는 후두정연합 피질, 즉 AG(BA : 39), SMG(BA : 40), PCU(BA : 5, 7)에서는 각각 10.9%, 9.1%, 8.7%의 활성화도를 보였다. 측두엽 영역 중 MTG와 ITG는 측두엽의 중·하부(BA : 20, 21, 37)에 위치하며 특히 ITG는

시각자극을 최종 처리하는 부위이며 이곳에 시각자극의 최종적인 인식을 담당하는 하측두시각영역(inferior temporal visual area)이 있다. 상측두엽인 STG는 상부 측두엽(BA : 22)으로서 언어뿐만 아니라 소리의 분석, 그리고 감정과도 깊이 관여하고 있다. 두정엽의 연합영역인 SMG(BA : 5, 7, 39, 40)는 상부의 체감각연합영역(BA : 5, 7)과 하부의 언어영역(BA : 39, 40)으로 구성되어 있으며, SMG의 활성화도는 주로 체감각연합영역과 관련되어 있다.

한편 변연계에서는 평균 11.1% 활성화도를 보였으며 그 중에서 간뇌의 HTHL(22.9%)와 THL(14.4%), 변연엽의 PHIP(13.8%), pCIN(19.1%), AMYG(11.2%), bCN(10.7%)에서 상대적으로 활성화도가 높게 나타났으며 다른 변연엽 부위의 aCIN(9.0%), HIP(9.0%)와 기저핵의 GLO(8.7%), hCN(8.5%), PUT(8.1%) 등에서는 상대적으로 낮은 활성화도를 보였다. 간뇌와 변연회, 그리고 기저핵의 평균 활성화도는 각각 17.6%, 11.9%와 9.2%로서 간뇌가 가장 높았으며 변연엽은 기저핵보다 상대적으로 높게 나타났다. 이 점으로 보아 시각자극에 의한 성적 감정과 관련된 신경회로는 기저핵보다는 간뇌와 변연엽이 더 밀접한 관계를 갖고 있다고 가정할 수 있다. 특히 간뇌의 HTHL은 대뇌 변연계 중에서 가장 많이 활성화 된 부위로서 자율신경계와 내분비계를 통제하여 성적행동 등을 조성하는 중추로서 성적흥분과 관련된 신경학적인 기전과 매우 밀접하게 관련되어 있다고 할 수 있을 것이다. 그리고 시상하부와 연결되어 있는 중뇌(midbrain)에서도 활성화가 일어난 점으로 미루어 보아 중뇌변연 구역(midbrain limbic area)도 성적자극과 관련된 감정적 반응과 관련된 중추라고 추정할 수 있다. 그 밖에 대상회인 aCIN(9.0%)와 pCIN(19.1%)에서도 비교적 높은 활성화도를 보였는데 이유는 해부학적으로 대상회는 간뇌와 상위뇌의 중간 매개체 역할을 하고 있으며 또한 감정적 행동과 쾌락과 관련이 있기 때문인 것으로 보인다. 또한 소뇌(cerebellum) 등에서도 활성화가 일어난 점으로 미루어 보아 운동성인 하행성 전도로(descending pathway)와 관련하여 성적흥분에 따른 성적 행동(sexual behavior)의 반응 결과라고 생각된다. 결과적으로 시각과 경혈자극에 의한 성적흥분과 관련된 신경학적인 정보처리의 기전 중 자극 수용체로부터 감각정보를 시상에 투사되는 신경통로는 두 자극 간에 차이가 있으나, 시상을 거쳐 변연계에서 감정을 통합하여 성반응과 행동을 일으키게 하는 신경활성화 기전은 서로 동일하다고 생각되며, 침술에 의하여 내분비선의 조절과 자율신경 기능의 균형, 뇌간의 신경화학물질의 조절 및 인체의 항상성의 유지 기능이 가능하다는 가설을 세울

수 있으며, 또한 본 연구와 관련하여 삼음교의 자침에 의한 성기능의 향상과 치료 기전과도 연관성이 있는 것으로 생각된다.

IV. 결 론

정상인 여성을 대상으로 기능적 자기공명영상법을 이용하여 성적 흥분반응과 관련되는 시각자극과 삼음교 경혈자극을 가한 후 대뇌의 활성화율과 활성화도를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 경혈과 비경혈 침자극의 비교실험 결과, 경혈은 비경혈에 비하여 심피질과 변연계에서 각각 평균 5배, 2배 높은 활성화도를 보였다. 비경혈 자극에 의한 활성화도가 보다 높게 나타난 부위는 뇌량의 sCC 영역이었고 그 밖의 대뇌 부위에서는 모두 경혈자극에서 더 큰 활성화도를 보였다.
2. 성적흥분과 관련하여 시각과 침자극에 의한 대뇌의 활성화 부위를 비교한 결과, 활성화율에서는 시각자극과 삼음교 자극간에 유의있는 차이는 없었다. 반면 활성화도 비교에서는 심피질은 두 자극간에 유의있는 차이는 없었으나 변연계에서는 시각자극에 비하여 삼음교 자극시 평균 활성화도가 크게 나타났다 ($P < 0.05$).
3. 시각과 경혈자극에 의한 성적흥분과 관련된 신경학적인 정보처리의 기전 중 자극 수용체로부터 감각정보를 시상에 투사되는 신경통로는 두 자극 간에 차이가 있으나, 시상을 거쳐 변연계에서 감정을 통합하여 성반응과 행동을 일으키게 하는 신경활성화 기전은 서로 동일하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Whalen RE, Sexual motivation, Psychol Rew 73:151-163, 1966
2. Nauta WJH, Expanding borders of the limbic system concept. In Rasmussen T, Marino R (eds) Functional Neurosurgery. Raven, New York 7-24, 1979
3. Joseph R, The limbic system : emotion, laterality, and unconscious mind. Psychoanalytic Review 3;406-456, 1992
4. Dagi TF, Poletti CE, Reformulation of the Papez

circuit : Absence of hippocampal influence on cingulate cortex unit activity in the primate. Brain Res 259:229-236, 1983

5. Olds, J, Milner, P, Positive reinforcement produced by electrical stimulation of the septal area and other regions of the rat brain. J. Comp. psychol. 47:419-427, 1954
6. Heath R, Pleasure and brain activity in man. J. nerv. and Ment. dis 154:1:3-18, 1972
7. Westheimer R, Lopater S, Human sexuality : A psychosocial perspective. New York, Lippincott Williams & Wilkins, 2002
8. Joseph R, The limbic system : emotion, laterality, and unconscious mind. Psychoanalytic Review 3:406-456, 1992
9. Berman JR, Berman LA, Werbin TJ, et al, Clinical evaluation of female sexual function : effects of age and estrogen status on subjective and physiologic sexual responses. Int J Impot Res 11:31-38, 1999
10. Levin RJ, The mechanisms of human female sexual arousal. Annu Rev Sex Res 3:1-48, 1992
11. Stoleru S, Gregoire MC, Gerard D, et al, Neuroanatomical correlates of visually evoked sexual arousal in human males. Arch Sex Behav 28:1-21, 1999
12. Bocher M, Chisin R, Parag Y, et al, Cerebral Activation Associated with Sexual Arousal in Response to a pornographic Clip : A O-H PET Study in Heterosexual Men. NeuroImage 14: 105-117, 2001
13. Grafton, S. T., Arbib, M. A., Fadiga, L, et al, Localization of grasp representation in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination. Exp. Brain Res 112:103-111, 1996
14. Ogawa S et al, Barin magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. Proc Natl Acad Sci USA 87:9868-9872, 1990
15. Haacke EM, Lai S, Yablonskiy DA, et al, In Vivo Validation of the BOLD Mechanism : A Review of Signal Changes in Gradient Echo Functional MRI. International Journal of Imaging Systems and Technology. 6:153-163, 1995
16. Duyn JH, Moonen CTW, Van Yperen GH et al, Inflow versus deoxyhemoglobin effects in BOLD functional MRI using gradient echoes at 1.5T. NMR Biomed 7:83-88, 1994
17. Jeung GW, Park KS, Kim HJ, et al, A new potential of BOLD fMRI evaluating cerebral centers of penile erection. Int J Impot Res 13: 73-81, 2001
18. Jeong GW, Park KS, Kim HJ, Blood-Oxygenation-Level-Dependent fMRI for evaluating cerebral regions of female sexual arousal response. et al, Urology 57:1189-1194, 2001
19. Kathleen K.S. Hui, Jing Liu, Nikos Makris, et al, Acupuncture Modulates the Limbic System and Subcortical Gray Structures of the Human Brain : Evidence From fMRI Studies in Normal

- Subjects, Human Brain Mapping 9:13–25, 2000
20. Kang CK, Study of Acupuncture Mechanism by fMRI : Analysis of Activation by Stimulation of Acupoint SJ5, 2000
21. 조장희, 김경요, 김형균 등. 신경침구학. 고려의학. 2001
22. Jen-Chuen Hsieh, Chung-Haow Tu, Fang-Pey Chen, et al. Activation of the hypothalamus characterizes the acupuncture stimulation at the analgesic point in human : a positron emission tomography study. Neuroscience letters 307: 105–108, 2001

• Abstract

Comparison of Brain Activation Images Associated with Sexual Arousal Induced by Visual Stimulation and SP6 Acupuncture : fMRI at 3 Tesla

Nam-Gil Choi · Jae-Bok Han¹⁾ · Seong-Joo Jang¹⁾

Department of Radiology, Chonnam National University Hospital

¹⁾*Department of Radiology, Dongshin University*

Purpose : This study was performed not only to compare the brain activation regions associated with sexual arousal induced by visual stimulation and SP6 acupuncture, but also to evaluate its differential neuro-anatomical mechanism in healthy women using functional magnetic resonance imaging (fMRI) at 3 Tesla (T).

Subjects and methods : A total of 21 healthy right-handed female volunteers (mean age 22 years, range 19 to 32) underwent fMRI on a 3T MR scanner. The stimulation paradigm for sexual arousal consisted of two alternating periods of rest and activation. It began with a 1-minute rest period, 3 minutes of stimulation with either of an erotic video film or SP6 acupuncture, followed by 1-minute rest. In addition, a comparative study on the brain activation patterns between an acupoint and a shampoint nearby GB37 was performed. The fMRI data were obtained from 20 slices parallel to the AC-PC line on an axial plane, giving a total of 2,000 images. The mean activation maps were constructed and analyzed by using the statistical parametric mapping (SPM99) software.

Results : As comparison with the shampoint, the acupoint showed 5 times and 2 times higher activities in the neocortex and limbic system, respectively. Note that brain activation in response to stimulation with the shampoint was not observed in the regions including the H1HL in the diencephalon, GLO and AMYG in the basal ganglia, and SMG in the parietal lobe.

In the comparative study of visual stimulation vs. SP6 acupuncture, the mean activation ratio of stimulus was not significantly different to each other in both the neocortex and the limbic system ($p < 0.05$). The mean activities induced by both stimuli were not significantly different in the neocortex, whereas the acupunctural stimulation showed higher activity in the limbic system ($p < 0.05$).

Conclusions : This study compared the differential brain activation patterns and the neural mechanisms for sexual arousal, which were induced by visual stimulation and SP6 acupuncture by using 3T fMRI. These findings will be useful to understand the theory of traditional acupuncture and acupoint channel in scientific point of view.

Key Words : functional magnetic resonance imaging (fMRI), visual stimulation, SP6