

Original article

## 곡지, 족삼리 침자극이 뇌활성화에 미치는 영향에 대한 뇌기능적 자기공명영상을 이용한 연구

조승연<sup>1</sup>, 장건호<sup>2</sup>, 박성욱<sup>1</sup>, 정우상<sup>3</sup>, 문상관<sup>3</sup>, 고창남<sup>1</sup>, 조기호<sup>3</sup>, 김영석<sup>3</sup>, 배형섭<sup>1</sup>, 박정미<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 동서신의학병원 중풍뇌질환센터 한방내과

<sup>2</sup>경희대학교 동서신의학병원 영상의학과

<sup>3</sup>경희대학교 경희의료원 한방병원 한의과대학 심계내과학교실

### Functional MRI Study of Changes in Brain Activity by Manual Acupuncture at LI11 or ST36

Seung-Yeon Cho<sup>1</sup>, Geon-Ho Jahng<sup>2</sup>, Seong-Uk Park<sup>1</sup>, Woo-Sang Jung<sup>3</sup>, Sang-Kwan Moon<sup>3</sup>,  
Ki-Ho Cho<sup>3</sup>, Young-Suk Kim<sup>3</sup>, Hyung-Sup Bae<sup>1</sup>, Jung-Mi Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Cardiovascular & Neurologic Disease(Stroke Center), East-West Neo Medical Center, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

<sup>2</sup>Department of Radiology, East-West Neo Medical Center, School of Medicine, Kyung Hee University

<sup>3</sup>Department of Cardiovascular & Neurologic Diseases(Stroke center), Hospital of Korean Medicine, Kyung Hee Medical Center, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

**Objectives:** The objective of this study was to assess brain activation and difference by LI11 or ST36 acupuncture stimulation using functional MRI (fMRI).

**Methods:** A total of 10 healthy right-handed volunteers were studied. LI11 acupuncture and ST36 acupuncture stimulations were applied in order on the left. The block design paradigm of RARARA was used for the task, with R representing rest and A representing stimulation, and each period lasted 30 seconds. fMRI data were analyzed using SPM2.

**Results:** The left LI11 acupuncture stimulation activated both sides of the inferior parietal lobule, the left side of the extra-nuclear, culmen and inferior semi-lunar lobules. On the right side, the nodule and midbrain regions were activated by the left LI11 acupuncture stimulation. The left ST36 acupuncture stimulation activated the right side of the superior frontal gyrus, middle frontal gyrus, superior parietal lobule, inferior semi-lunar lobule and pyramis. On the left side, the sub-gyral, middle temporal gyrus, fusiform gyrus, supramarginal gyrus, extra-nuclear, cingulate gyrus and fastigium regions were activated by the left ST36 acupuncture stimulation. Besides, both sides of the paracentral lobule, inferior parietal lobule, culmen, cerebellar tonsil and midbrain regions were activated.

**Conclusions:** In conclusion, brain signal activation patterns according to acupoints were observed to differ, and ST36 acupuncture stimulation activated more regions than LI11. It is supposed that LI11 and ST36 acupuncture stimulations have an influence on motor function and sensory aphasia, and these stimulations thus represent potential for ocular motor dysfunction, discriminative touch or position sense disorder. Moreover, ST36 acupuncture stimulation activated the cingulate gyrus of the limbic system, so it seems to have an influence over autonomic functions.

*Key Words* : acupuncture, fMRI, LI11, ST36

• Received : 24 July 2009      • Revised : 31 August 2009      • Accepted : 31 August 2009

• Correspondence to : 박정미(Jung-Mi Park)

서울특별시 강동구 상일동 149번지 경희대학교 동서신의학병원 중풍뇌질환센터 한방내과

Tel : +82-2-440-6216, Fax : +82-2-440-7171, E-mail : pajama@khu.ac.kr

## 서론

오늘날 침치료는 세계적으로 대중화되고 있으며 과학적인 연구를 통해 효과가 입증되고 있다. 침 자극으로 여러 가지 치료효과를 거둘 수 있는 이유는 한의학의 경락이론에 의한 것으로, 경락은 經氣의 운행을 통해 인체의 장부, 조직, 기관 등 전신을 소통, 연계시키는 기혈순환체계이다. 따라서 경락은 전신의 질병을 치료하는데, 사지에 침치료를 시행하여 사지는 물론 대뇌에도 자극을 주는 것으로 알려져 왔다<sup>1,2)</sup>.

기능적 자기공명영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, 이하 fMRI)은 언어, 시지각 및 기억 작용, 감각-운동기능 등 특정 기능에 관련된 뇌의 영역과 뇌 신경망의 구성상태를 지도화하고, 뇌 신경망 구조물들의 작용 및 기전을 이해할 수 있는 생생한 지식을 제공함으로써 뇌 기능의 이해를 한 차원 진전시킨 뇌 연구 방법론이라 할 수 있다. 공간 및 시간적 해상력이 매우 좋으며 방사선조사의 위험이 없고 반복적으로 영상을 얻을 수 있는 장점이 있어 최근 그 연구 및 활용이 증가되고 있다<sup>3)</sup>.

fMRI를 통하여 침 자극이 과연 뇌의 어느 부분을 활성화하는지 등을 조사하기 위한 연구가 많이 이루어져 왔는데, 여러 혈위를 자극하여 비교하는 연구, 침 자극과 전침 자극 등 자극방법을 달리하여 비교하는 연구 등 다양한 연구들이 이루어졌다. 또, 침 자극 외에 레이저 자극, 시각적 자극 등을 주었을 때 뇌 기능영상의 변화를 연구한 논문도 있으며<sup>4,9)</sup>, 시각과 관련된 혈자리에 침을 놓았을 때 시각영(visual cortex)을 활성화시켰다는 보고<sup>8)</sup>, 진통 혈자리에 침을 놓았을 때 시상하부-변연계를 조절한다는 보고<sup>7,9-13)</sup> 등이 있다.

한편 임상적으로 수족단탄, 마목 등 상, 하지 증상이 있을 때 상지에 위치한 곡지(LI11)와 하지에 위치한 족삼리(ST36)가 많이 선혈되고 있다. 곡지 또는 족삼리와 관련된 기존의 fMRI 연구를 살펴보면, 감각결손이 있는 중풍환자와 정상인을 대상으로 상지마목에 효과가 있는 것으로 문헌상 알려져 있는

곡지와 합곡(LI4)에 전침 자극과 측각 자극을 시행하여 비교한 연구가 있었는데 이는 감각에 초점을 맞춘 연구이며<sup>14)</sup>, 족삼리에 주파수가 2Hz, 100Hz의 전침 자극과 침 자극을 시행한 연구가 있었는데 이는 전침 주파수에 따른 차이, 그리고 전침 자극과 침 자극과의 차이를 보고자 한 연구이다<sup>7)</sup>. 또, 건강인을 대상으로 편측 족삼리 또는 양측 족삼리에 2Hz의 전침 자극을 시행하여 비교한 연구도 있었다<sup>15)</sup>.

뇌의 특정 영역이 활성화되면 그 영역에 대응하는 신체 기능에 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있는데, 수족단탄, 마목과 관련하여 상지와 하지의 혈위를 함께 선택하여 침 자극을 시행한 fMRI 연구는 없었다. 이에 저자들은 곡지와 족삼리, 두 혈위 자극 이상, 하지 관련 뇌 영역에 영향을 미치는지 알아보고자 본 연구를 시행한 결과 유의한 뇌활성화 변화를 관찰할 수 있었기에 보고하는 바이다.

## 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구취지 설명 후 동의한 자원자 중 신경학적, 정신적, 내과질환이 있거나 약물복용, 알콜중독자 등을 제외한 55-65세 사이의 오른손잡이인 건강한 남녀 10명(남자 5명, 여자 5명, 평균 연령 59.5세)을 대상으로 하였다. 이들 대상자들은 의학적으로 뇌와 관련되거나 뇌에 영향을 줄 수 있는 질병이 없는 신체 건강한 자로서 자기공명영상 촬영을 위한 결격사유에 해당하지 않았다. 임상시험심사위원회(IRB)의 심의를 통과한 후 자원자를 모집하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 실험재료

침은 동방침구사에서 제작한 0.25mm × 40mm(직경×길이)의 스테인레스 재질의 침을 사용하였다.

#### 2) 실험디자인

곡지(LI11)와 족삼리(ST36) 위치는 대한경락경혈학회, 대한침구학회, 한국한의학연구원에서 공동으

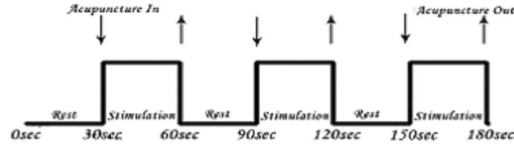


Fig. 1. Sequence design in the fMRI experiment. The block design paradigm of RARARA was used for the task with R representing rest and A representing acupuncture stimulation, and each period lasted 30 seconds.

로 2006년 2월 11일에 발표한 대한민국 국가표준 경혈위치에 근거하였으며, 좌측 곡지(LI11)와 좌측 족삼리(ST36)의 혈위를 안정시에 펜으로 표시하였다.

침은 표피에 직자하였으며, 회전속도는 초당 2회로 하여 득기감을 유발하였고 자침 깊이는 1.5~2.0cm로 하였다. 취혈 및 자극은 한의사 1인이 동일하게 수행하였다.

자극방법은 일정 간격의 휴식기와 자극기를 반복하는 방식(Block design)으로 처음 30초 동안 자극 없이 BOLD fMRI 영상을 얻은 후 영상의학과 오퍼레이터의 신호에 따라 30초 동안 자극 시행 후 30초 동안 자극 없는 휴식기, 이후 30초 자극기, 30초 휴식기, 다시 30초 자극기를 시행하는 3회 반복 방식으로 하였다.

자극 순서는 좌측 곡지 침자극, 좌측 족삼리 침자극 순서로 시행하였다. 좌측 곡지에 자침하여 30초간 일정한 속도로 수기회전하여 득기감을 유발한 후 발침하는 과정을 3회 반복하였고, 이어서 좌측 족삼리에도 같은 방법으로 시행하였다(Fig. 1).

### 3. 영상획득방법

#### 1) 전처치

대상자는 30분간 안정 후 fMRI 장치 내의 8채널 두부 코일(8 channel head coil) 안에 머리를 두고 양와위로 누워 실험실 환경에 적응하도록 한 후, 헤드폰을 씌우고 머리를 스폰지로 고정시켜 움직이지 않도록 주의시켰다. 실험 중에는 눈을 감고 안구를 움직이지 않도록 지시하였고 양팔은 내려놓도록 하였다. 기계소리 외에 청각 자극은 없도록 하였다. 모든 영상은 경희대학교 동서신의학병원 영상의학과

의 숙련된 오퍼레이터에 의해 획득되었다.

#### 2) 기능적 MR 영상획득

측정장치는 8채널 두부 코일과 3.0 Tesla 자기공명영상장치(Philips, Acheiva, Best, The Netherlands)를 이용하였다. 경사에코(Gradient-echo) 에코평면영상(echo-planar imaging) 기법을 이용하여 횡단면(transverse) BOLD-MRI 영상을 획득하였다. TR(repetition time)=3000ms, TE(echo time)=35ms, flip angle=90°, FOV(Field of View)=230 × 230mm, slice thickness=4mm(without gap between slices), slice의 수=37, matrix size=64 × 64, resolution=2.88mm × 2.91mm × 4.00mm로 영상을 획득하였다.

#### 3) 해부학적 MR 영상획득

해부학적 구조를 얻기 위해 2차원 T2 강조 터보스핀에코영상(TR=1297ms, TE=10ms, flip angle=90°, FOV=230 × 230mm, slice thickness=3mm, matrix size =256 × 256, resolution=0.9mm × 1.20mm × 3.00mm, slice 방향=transverse)과 3차원 T1 강조 경사에코영상(TR=9.9ms, TE=4.6ms, flip angle=8°, FOV=240 × 240mm, slice thickness=1mm, matrix size=240 × 240, resolution=1.00mm × 1.00mm × 1.00mm, slice 방향=sagittal)을 이용하여 해부학적 영상을 획득하였다.

### 4. 데이터 분석

분석용 프로그램은 Statistical Parametric Mapping 2(SPM2, Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK)를 사용하였다.

1) Motion Correction

기능적 MR 영상 획득 과정 중에 발생할 수 있는 피험자의 움직임에 의한 신호변화(movement-related variance)는 실제 신경의 활성화에 의한 신호변화와 동일한 정도의 자기공명 신호변화를 일으킬 수 있으므로 이를 최소화하기 위한 재배열이 필요하다. 공간좌표(X, Y, Z) 상에서 회전(Rotation)과 이동(Translation)의 정도를 계산하여 움직임이 일어난 만큼 프로그램상의 삼차원 움직임 보정을 이용하여 자동으로 재정렬(Realignment)하였다.

2) Spatial Normalization

기능적 MR 영상은 해부학적 MR 영상과 공간해상도가 다르므로 서로 부합되도록 상관정렬(coregister)하는 과정이 필요하다. 표준화 전의 해부학적 MR 영상과 기능적 MR 영상을 Coregistration 시킨 후, 해부학적 MR 영상을 Talairach와 Tournoux에 의해 제안된 표준공간좌표(Standard anatomical space)<sup>16)</sup>로 표준화하였다. 그리고 해부학적 MR 영상을 표준화한 방법과 같이 기능적 MR 영상을 공동좌표로 표준화시켰다<sup>17)</sup>. 뇌의 해부학적 개인차를 없애고 피험자 간 평균치의 산출을 가능하게 하는 공간적 정상화(Spatial normalization) 과정이다.

3) Spatial Smoothing

혈관역동변화에 의해서 나타나는 voxel 별 자기공명 신호변화의 잡음에 대한 변별력을 높이고 SPM에서 제공되는 통계 모델에 부합시키기 위하여, 공간적 편평화(Spatial smoothing) 후 통계적 분석을 실시하게 된다<sup>18,19)</sup>. 64 × 64의 평면 해상도와 4mm의 두께로 격자화 되어있는 데이터를 Gaussian filter를 이용하여 Full Within Half Maximum(FWHM)의 값을 8 × 8 × 10mm로 하여 Spatial smoothing을 통해 비격자화시켰다.

4) Statistical Analysis

곡지, 족삼리 침자극으로 인한 뇌 활성화 변화를 분석하였다. BOLD fMRI 신호 활성화 정도의 차이를 비교하기 위해 개별 대상자의 contrast map을 이용하여 One sample t-test(p value none 0.0001, voxel ≥ 20)를 실시하여 각 자극 전후를 비교하였다.

연구결과

1. 곡지(LI11) 혈위에서의 BOLD fMRI 신호 활성화(그룹데이터 분석)

좌측 곡지에 침자극을 시행하면서 자극 전후의 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과

Table 1. Brain Areas with Significantly Increased Signal Activation When the Left LI11 Was Stimulated by an Acupuncture Needle

Brain regions included in cluster			BA	KE	Coordinates x y z	Z	
Cerebrum	Parietal Lobe	L	Inferior parietal lobule		122	-38, -60, 40	5.17
		R	Inferior parietal lobule	40	179	58, -36, 36 60, -44, 42	4.57 4.41
	Sub-lobar	L	Extra-nuclear		67	-14, -20, 18	4.42
	Cerebellum	Anterior Lobe	L	Culmen		764	-4, -46, -22
R			Nodule		764	10, -48, -30	4.40
Posterior Lobe		L	Inferior semi-lunar lobule		94	-32, -66, -38	4.08
			Cerebellar tonsil		94	-34, -42, -32 -36, -60, -34	3.94 3.90
Brainstem	Midbrain	R			764	6, -28, -6	4.89

Height threshold: T=3.42, p=0.0001, Extent threshold K = 20 voxels  
 P<sub>corrected</sub> (cluster level) ≥ 0.05, cluster size ≥ 50 voxels  
 L : Left, R : Right, BA : Brodmann area, KE : Expected voxels per cluster, Z : Peak Z-value

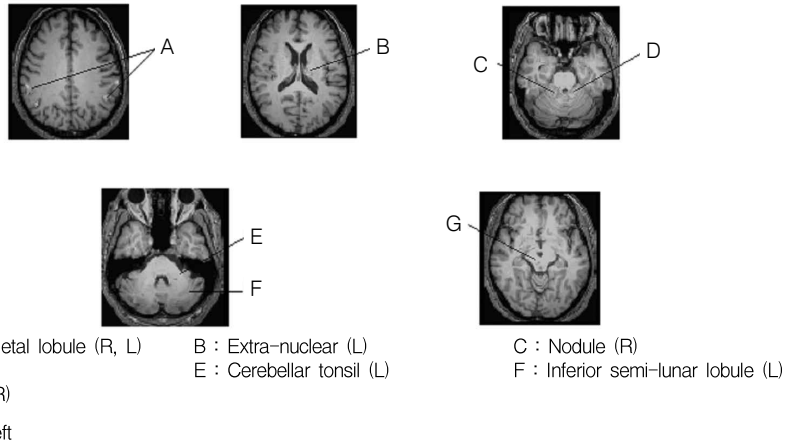


Fig. 2. Brain areas with significantly increased signal activation when the left LI11 was stimulated by an acupuncture needle. (height threshold:  $p=0.0001$ , voxel  $\geq 20$ )

Table 1.과 Fig. 2.에서 보여주는 것과 같이 뇌의 여러 부위에서 활성화되었다. 그 대표적인 부위는, 좌측 inferior parietal lobule, extra-nuclear, culmen, inferior semi-lunar lobule에서 활성화되었으며, 우측은 inferior parietal lobule, nodule, midbrain에서 활성화되었다.

## 2. 족삼리(ST36) 혈위에서의 BOLD fMRI 신호 활성화(그룹데이터 분석)

좌측 족삼리에 침자극을 시행하면서 자극 전후의 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, Table 2.와 Fig 3.에서 보여주는 것과 같이 뇌의 여러 부위에서 활성화되었다. 그 대표적인 부위는, 좌측

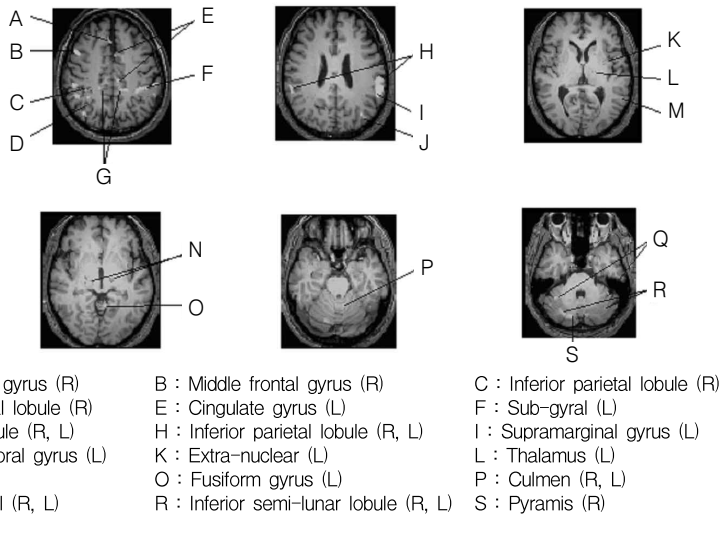


Fig. 3. Brain areas with significantly increased signal activation when the left ST36 was stimulated by an acupuncture needle. (height threshold:  $p=0.0001$ , voxel  $\geq 20$ )

sub-gyral, paracentral lobule, middle temporal gyrus, fusiform gyrus, inferior parietal lobule, supramarginal gyrus, extra-nuclear 그리고 cingulate gyrus에서 활성화

되었다. 그리고 소뇌의 culmen, fastigium, cerebellar tonsil에서 활성화되었으며 midbrain에서도 활성화되었다.

Table 2. Brain Areas with Significantly Increased Signal Activation When the Left ST36 Was Stimulated by an Acupuncture Needle

Brain regions included in cluster				BA	KE	Coordinates x y z	Z	
Cerebrum	Frontal Lobe	L	Paracentral lobule	5	105	-8, -36, 50	4.38	
			Sub-gyral		105	-18, -40, 42	4.45	
		R	Superior frontal gyrus	6	127	4, 12, 50	4.67	
					62	8, 28, 50	3.97	
			Middle frontal gyrus	8	127	50, 10, 38	4.96	
			Paracentral lobule		53	8, -38, 54	4.78	
	Parietal Lobe	L	Inferior parietal lobule		1048	-58, -38, 24	5.08	
			Supramarginal gyrus		1048	-58, -46, 26	5.14	
						-52, -42, 35	5.11	
		R	Sub-gyral		258	-32, -54, 40	4.42	
					96	-32, -68, 32	4.03	
			Superior parietal lobule	7	640	36, -56, 50	4.63	
	Temporal Lobe	L	Inferior parietal lobule		640	62, -36, 28	4.75	
						52, -34, 40	4.57	
			Middle temporal gyrus		207	-48, -58, 2	4.36	
		R	Sub-gyral		96	-36, -74, 22	4.39	
					207	-50, -52, -6	4.48	
			Fusiform gyrus		207	-48, -50, -16	4.46	
Limbic Lobe	L	Cingulate gyrus		127	-4, 6, 42	3.98		
				105	-8, -28, 40	4.22		
Sub-lobar	L	Extra-nuclear		59	-32, -2, 0	4.46		
					-34, -12, 0	4.15		
		Thalamus		61	-16, -12, 8	4.44		
Cerebellum	Anterior Lobe	L	Culmen		317	-6, -52, -2	4.22	
			Fastigium		317	-6, -52, -22	4.20	
		R	Culmen		317	2, -54, -10	4.18	
	Posterior Lobe	L	Inferior semi-lunar lobule		258	-26, -68, -40	4.30	
						258	-32, -54, -40	4.42
						258	-40, -56, -38	4.08
		R	Inferior semi-lunar lobule		546	20, -74, -40	5.05	
			Pyramis		546	16, -78, -34	4.37	
			Cerebellar tonsil		546	36, -52, -34	4.29	
Brainstem	Midbrain	L			61	-16, -14, -2	4.15	
		R			120	18, -20, -4	4.76	

Height threshold: T=3.42, p=0.0001, Extent threshold K = 20 voxels

Pcorrected (cluster level)  $\geq 0.05$ , cluster size  $\geq 50$  voxels

L : Left, R : Right, BA : Brodmann area, KE : Expected voxels per cluster, Z : Peak Z-value

우측에서는 superior frontal gyrus, middle frontal gyrus, paracentral lobule, superior parietal lobule, inferior parietal lobule에서 활성화되었고, 소녀의 culmen, inferior semi-lunar lobule, pyramis, cerebellar tonsil에서 활성화되었으며 midbrain에서도 활성화되었다.

### 고찰

한의학에서 침치료는 기본적으로 주된 치료법으로 서양에서도 각종 연구결과를 통해 그 효과가 입증되고 있다. 최근 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography, PET), 단광자방출 전산화단층촬영(Single Photon Emission Computerized Tomography, SPECT) 및 기능적 뇌 자기공명영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 등 비침습적인 기능적 뇌 영상의 방법들이 개발되면서 침자극에 따른 뇌 활성화 변화를 확인할 수 있게 되었고, 침이 뇌에 미치는 영향에 대한 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 이 중 fMRI는 뇌신경의 활동성을 자기공명의 신호변화로 나타내어 시각화하여 보여주는 영상 방법으로, fMRI상의 활성화 부위가 뇌신경의 활동이 일어난 부위와 정확히 일치하는 것은 아니지만, 수 mm의 오차 범위 내에 속해 있는 것으로 여겨지고 있어 상당히 접근하는 결과로 받아들여지고 있다<sup>20)</sup>. 이러한 fMRI의 기법은 시각, 청각, 체성 감각 및 운동기능 뿐 아니라 언어, 주의력과 기억력 등 인지기능, 정서 및 동기 등 정신 심리적 영역까지 거의 모든 뇌 기능과 관련된 연구에 활발히 사용되고 있다<sup>21)</sup>.

fMRI를 이용한 침 연구로는 특정 혈위의 자극이 뇌의 어느 부위에서 활성화 변화를 일으키는지를 관찰하고, 그 부위가 담당하는 기능을 통해 침이 어떠한 영향을 주는지 분석하는 연구가 많이 이루어졌다. 또, 여러 혈위를 자극하여 비교하는 연구, 침자극과 전침자극 등 자극 방법을 달리하여 비교하는 연구 등도 이루어졌다. 국내 연구로는 조해<sup>22)</sup>, 신택<sup>23)</sup>에 침자극을 시행한 연구가 있었고, 전침을 이용

하여 족삼리<sup>15)</sup>, 삼음교<sup>24)</sup>, 풍릉<sup>25)</sup>, 태계<sup>26)</sup>, 태충<sup>27)</sup>, 태충 및 합곡<sup>28)</sup>에 자극을 시행한 연구, 그리고 두침과 체침의 비교 연구<sup>29)</sup> 등이 있었다. 해외 연구로는 내관<sup>30)</sup>, 태충과 합곡<sup>31)</sup>, 태충과 구허<sup>32)</sup>, 합곡과 족삼리<sup>12)</sup>에 침자극을 시행한 연구가 있었고, 합곡에 침지속 시간을 다르게 한 연구<sup>33)</sup>, 합곡에 기계적 자극을 주고 BOLD fMRI를 촬영한 연구<sup>34)</sup>, 족삼리에 전침 주파수를 다르게 하여 침자극과 비교한 연구<sup>7)</sup>, 중풍 환자들에게 체침, 두침, 전침을 모두 시행하고 가짜 침(sham acupuncture)과 비교한 연구<sup>35)</sup>, 합곡, 족삼리, 태충에 침자극을 시행하고 득기를 분석한 연구<sup>36)</sup>, 합곡과 곡지에 침자극과 전침자극을 시행하여 비교한 연구<sup>14)</sup> 등이 있었다.

본 연구에서는 中風七處穴에 포함되며 상지와 하지를 대표하는 혈위인 곡지와 족삼리에 침자극을 시행하여 뇌 활성화 변화를 fMRI를 통해 관찰하고자 하였다. 곡지는 肘를 직각으로 굽혀 橈側肘窩橫文頭와 上腕骨外側上顆와의 중양에 위치한 혈로서, 下氣 작용이 강하고 祛風解表, 清熱利濕, 調氣血, 利關節, 消風清熱, 養血祛風, 清泄陽明之熱의 효능이 있다. 『十四經發揮』에는 咽喉腫痛, 肩·上腕·前腕의 痛症, 中風, 半身不隨, 腦血管障害로 팔을 움직이지 못할 때, 홍통, 습차거나 피부병 등의 주치혈이라고 되어 있다. 『鍼灸甲乙經』에서는 手陽明의 脈이 들어가는 곳이라고 했으며 수양명대장경의 合穴로 逆氣를 泄함을 주관한다고 하였다. 두통, 고혈압, 안면신경마비, 반신불수, 완관절통, 주관절통 등 상지 질환에 주치작용이 있다.

족삼리는 外膝眼의 下方 3寸, 脛骨外側으로부터 약 1橫指에 위치한 혈로서, 理脾胃, 調中氣, 和腸消滯, 消風化濕, 通調經絡, 調和氣血, 扶正培元, 祛邪防病, 強健脾胃의 효능이 있다. 예부터 모든 病을 치료한다고 일컫듯이 대개의 病에 사용하여 효과가 크며, 가장 중요한 혈의 하나이다. 족양명위경의 合穴로 消化器病 전반에 효과가 있으며 경락 유주를 따라 두면부, 슬관절 질환에 쓸 수 있고 四總穴, 中風七處穴의 하나로서 중풍, 고혈압 등에 많이 쓰이고 있다. 足病, 예를 들어 각기, 각종 신경통, 반신불수,

뇌졸중에서 오는 足·膝의 피로감, 나른함에도 효과가 있다. 이와 같이 족삼리혈은 두통, 고혈압 외에 장위질환, 정신쇠약, 하지 질환에 주로 쓰이며 이외에도 광범위하게 쓰이고 있다<sup>37)</sup>.

본 연구 결과 곡지와 족삼리 혈위에 침자극을 주었을 때 fMRI상 뇌활성화가 나타난 부위를 대뇌, 소뇌, 뇌간으로 나누어 살펴보고자 한다.

대뇌피질의 각 부분이 각기 다른 기능을 한다는 최초의 증거는 브로카(Pierre Paul Broca, 1824~1880)의 임상적 관찰에서 시작되었고 이후 언어, 운동 등 기능적 영역의 발견이 이어져 나중에는 대뇌피질을 영역으로 분류하게 되었다. 1909년 브로드만(Korbinian Brodmann, 1868~1918)이 대뇌피질을 47개의 영역으로 분류한 것이 현재 가장 많이 쓰이고 있다.

대뇌피질은 기능적으로 감각영역(sensory area)과 운동영역(motor area), 그리고 이들 사이를 연결해주는 연합영역(association area)으로 나눌 수 있다. 감각영역은 감각정보를 일차적으로 받아 이를 분석하는 일차감각영역(primary sensory area)과 분석된 자료를 분류, 분석하고 이를 과거의 경험과 비교 분석하는 기능을 하는 것으로 믿어지는 이차감각영역(secondary sensory area)으로 나눌 수 있다. 이차감각영역에서 분석된 결과는 감각연합영역(sensory association area)으로 보내져, 여러 감각정보가 종합되고 인간의 성격과 판단 등이 더해져 운동영역으로 보내지며 결국에는 행동으로 옮겨지게 된다. 대뇌피질의 운동영역은 일차운동영역(primary motor area, MI), 전운동영역(premotor area, PM), 보완운동영역(supplementary motor area, SMA), 전두안구영역(frontal eye field) 등이 있으며 모두 전두엽에 위치해 있다. 연합영역은 인간의 고등정신능력과 관련 있는 곳으로 언어에 관여하는 언어영역(language area) 등이 있다<sup>38)</sup>.

본 연구 결과, 전두엽에서 좌측 족삼리 침자극으로 양측 중심엽소엽(paracentral lobule)이 활성화되었는데, 중심엽소엽의 앞부분은 보완운동영역과 관련된 곳이다. 보완운동영역은 주로 기저핵에서 구심

섬유를 받으며 일차운동영역과 전운동영역에서 구심섬유를 받고, 반대편 보완운동영역과도 연결되어 있다. 이 영역은 전기적으로 자극하면 복합적인 운동이 일어나지만 그 역치(threshold)가 높아 상당한 정도의 전기적 자극이 있어야 반응하며, 이 부분의 자극은 일차운동피질의 상위운동신경원을 활성화시킨다. 또 복합적인 운동프로그램(motor program)이 저장되어 있어 기저핵회로를 거쳐 적절한 운동프로그램을 선택한 후 일차운동피질로 출력하고 피라미드로를 통해 하위운동신경원을 활성화한다고 생각된다. 좌측 족삼리 침자극으로 양측 대뇌에서 활성화되었는데 이는 반대쪽 보완운동영역과 뇌량을 통해 잘 연결되어 있기 때문으로 생각되며, 실제 임상에서 상하지 운동장애, 감각장애가 있을 경우 환측에 침치료를 시행하기도 하며, 대측에 침치료가 시행 가능한 한의학 이론과 연관지어 생각해볼 수 있을 것이다. 따라서 침으로 이 영역을 활성화시킴으로써 운동장애 회복에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 좌측 족삼리 침자극으로 우측 상전두이랑(superior frontal gyrus, 브로드만 영역 6)이 활성화되었는데 이 곳은 전운동영역, 보완운동영역으로 알려져 있다. 전운동영역은 감각연합피질에서 주로 구심섬유를 받으며 원심섬유는 주로 일차운동피질로 전해지고 보완운동영역으로도 연결된다. 이 영역은 감각자극에 따른 운동과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 역시 상당한 정도의 전기적 자극이 있어야 반응하여 복합적인 운동이 일어난다. 운동을 계획하고 실행으로 옮기는 단계에서 중요한 역할을 할 것으로 생각되는 곳이다. 중심전이랑(precentral gyrus)의 바로 앞쪽 상, 중간이랑에 속하는 부분으로 좌측 족삼리 침자극시 대뇌 우측에서 활성화된 것으로 보아, 환측 족삼리에 침자극으로 이 영역을 활성화시킴으로써 운동장애 회복에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

또한, 족삼리 침자극으로 우측 중간전두이랑(middle frontal gyrus, 브로드만 영역 8)도 활성화되었다. 이 곳은 전두안구영역(frontal eye field)으로 안구의 수



의적 동향 운동(voluntary conjugate movement) 을 조절하는 작용을 한다. 즉 어떠한 물체의 움직임을 추적(pursuit)할 경우 일어나는 두 눈의 결합운동을 조절하는 곳이다. 본 연구에서 실험 전 대상자에게 눈을 감고 안구를 움직이지 않도록 주의시켰지만, 주의력이 떨어져 안구를 움직여 활성화되었을 가능성이 있으며, 또는 족삼리 혈위의 효능으로 생각해 볼 수도 있을 것이다.

두정엽에서는 좌측 곡지와 족삼리 침자극으로 양측 하두정소엽(inferior parietal lobule, 브로드만 영역 40)이 활성화되었다. 하두정소엽에는 변연상이랑(supramarginal gyrus)과 각이랑(angular gyrus)이 있는데 이 두 이랑 및 이들과 인접한 측두엽 상측두이랑의 뒤쪽을 베르니케영역이라고 하며 감각언어중추가 위치해있다. 따라서 곡지와 족삼리 침자극으로써 감각언어영역을 활성화시킬 수 있을 것으로 생각된다.

변연엽의 좌측 대상이랑(cingulate gyrus)도 족삼리 침자극으로 활성화되었다. 변연계는 대뇌피질의 일부인 변연엽과 이와 관련된 피질하 구조물을 포함하는 것으로 정의할 수 있다<sup>39)</sup>. 본 연구에서 족삼리 침자극으로 활성화된 브로드만 영역 32는 dorsal anterior cingulate cortex 이고 브로드만 영역 24는 ventral anterior cingulate cortex 이다. Anterior cingulate cortex(이하 ACC)는 좌우 대뇌 반구 사이의 신경 신호를 전달하는 섬유다발로서 합리적인 인지 기능 뿐만 아니라 혈압과 심박수, 감정 등을 조절하는 광범위한 자율신경기능의 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 또 ACC는 통각을 전달하는 신경로의 하나인 척수그물시상로(spinoreticulohalamic tracts)의 주 targets인 intralaminar thalamic nuclei로부터 많은 입력(input)을 받으며, 이로 인해 통증 반응이 일어난다. 따라서 침자극으로 인한 감각 전도도 확인할 수 있다. 본 연구 결과, 족삼리 침자극이 자율신경기능에 변화를 줄 수 있다는 중요한 의미를 갖는 것으로 생각된다.

본 연구 결과에서는 침자극으로 변연엽에서 양성적 활성화를 보이나, 기존의 다른 연구들에서 변연

계가 양성적 활성화(activation)된 경우와 음성적 활성화(deactivation)된 경우가 있어 논란의 여지가 있다<sup>7)</sup>. 이는 침자극이 자율신경조절에 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 것으로 자율신경의 양성적 활성화와 음성적 활성화에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

곡지 또는 족삼리 혈위 자극에 의해 fMRI상 뇌활성화가 나타난 부위 중 소뇌를 살펴보면, 좌측 곡지 침자극, 족삼리 침자극으로 소뇌 양측에서 활성화된 부위가 나타났다. 소뇌는 우리 몸의 운동기능의 조절에 관여하는 중요한 기관으로 체운동기능(somatic motor function)을 자동적으로 조정(automatic coordination)하며, 근육의 긴장도를 조절하고 평형을 유지하는 역할을 한다.

중추신경계의 여러 부위에서 소뇌로 들어가는 구심성 전도로 중 척수소뇌로(spino-cerebellar tract)는 소뇌전엽(anterior lobe) 전체와 소뇌후엽(posterior lobe) 중에서 전엽과 인접한 소뇌비탈(declive)과 단순소엽(simple lobule)의 일부에 종지한다. 또한 후외측틈새(posterolateral fissure)에서 후엽 쪽으로 후엽 소뇌벌레(vermis)의 소뇌목젯(utvula), 피라미드(pyramis) 와 이들과 인접한 소뇌반구(cerebellar hemisphere)의 일부에도 종지한다. 이 척수소뇌로는 의식할 수 없는 심부감각의 상행로로 시상과 대뇌피질을 통과하지 않기 때문에 의식할 수가 없는데, 이 감각이 근육의 긴장도를 조절하고 평형을 유지하는 역할을 한다. 소뇌가 손상되면 주로 체운동기능(somatic motor function)에 이상이 나타나며, 언어장애(speech disturbances)와 안구진탕(nystagmus)이 흔히 동반되기도 한다. 본 연구 결과 곡지 침자극과 족삼리 침자극으로 활성화된 곳이 척수소뇌로와 비슷하다. 따라서 침자극이 척수소뇌로를 따라 전달되어 심부감각을 전달하는 것으로 생각된다.

대뇌피질, 소뇌에 이어 뇌간을 살펴보면, 곡지 침자극으로 중뇌 좌측이 활성화되었으며, 족삼리 침자극으로 중뇌 양측이 활성화되었다. 중뇌는 동안신경이나 도르래신경의 핵이 존재하는 곳이고, 상위운동신경세포가 내려오거나 감각계의 2차 신경세포가

상행하는 등 신경섬유의 통로이기도 하다. 따라서 이와 관련된 임상 증후 즉, 동안신경 손상으로 인한 안구운동장애, 피라미드로 손상으로 나타난 반대측 상위운동신경원증후군, 적색핵 손상에 의한 운동과 다증이나 운동실조, 내측섬유띠(medial lemniscus) 손상으로 인한 반대측 몸의 분별촉각과 위치감각저하 등에 곡지와 족삼리 침자극을 시도해볼 수 있을 것으로 생각된다.

### 결 론

55세에서 65세 사이의 오른손잡이인 건강한 남녀 10명을 대상으로 좌측 곡지(LI11)와 좌측 족삼리(ST36)에 침자극을 시행하고 자극 전후의 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, 곡지 또는 족삼리 침자극으로 감각언어증추가 있는 양측 하두정소엽(inferior parietal lobule)과 운동기능을 조절하며 평형 유지에 관여하는 소뇌가 활성화되었다. 또 곡지 침자극으로 중뇌 좌측이, 족삼리 침자극으로 중뇌 양측이 활성화되었는데, 동안신경 손상으로 인한 안구운동장애나 상위운동신경원증후군, 적색핵 손상에 의한 운동실조, 내측섬유띠 손상으로 인한 분별촉각과 위치감각저하 등에 곡지 또는 족삼리 침자극을 시도해볼 수 있을 것으로 생각된다. 족삼리 침자극으로는 양측 중심엽소엽(paracentral lobule), 우측 상전두이랑(superior frontal gyrus)이 더 활성화되었는데, 이 영역의 기능과 관련하여 운동장애에 족삼리 침자극이 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또, 족삼리 침자극으로 좌측 대상이랑(cingulate gyrus)도 활성화되었는데 이 영역은 자율신경기능, 감각 전도와 관련된 곳으로서 족삼리 침자극이 자율신경기능에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 임상에서 운동, 언어, 감각 또는 자율신경과 관련하여 곡지 또는 족삼리 침치료를 활용하는 근거를 제시하였다는 데 의의가 있다고 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 2007년 경희대학교 신진연구자 지원을 받아 수행된 연구임 (KHU-20071479).

### 참고문헌

1. Nishijo K, et al:translator Cho KH, Lee JD. Scientific Appraisal of Clinical Acupuncture. Koonja Publisher 2005:34-41.
2. Son CS. A research on the composed theory of Channel and Collateral. Dong Guk University Graduate School 1998.
3. Kim YH. Usefulness of Functional MRI for the Study of Brain Function. Korean Journal of Brain Science and Technology 2001;1(1):65-76.
4. Nakagoshi A, Fukunaga M, Umeda M, Mori Y, Higuchi T, Tanaka C. Somatotopic representation of acupoints in human primary somatosensory cortex : an fMRI study. Magn Reson Med Sci 2005;4(4):187-9.
5. Siedentopf CM, Koppelstaetter F, Haala IA, Haid V, Rhomberg P, Ischebeck A, et al. Laser acupuncture induced specific cerebral cortical and subcortical activations in humans. Lasers Med Sci 2005;20(2):68-73.
6. Jeun SS, Kim JS, Kim BS, Park SD, Lim EC, Choi GS, et al. Acupuncture stimulation for motor cortex activities: a 3T fMRI study. Am J Chin Med 2005;33(4):573-8.
7. Napadow V, Makris N, Liu J, Kettner NW, Kwong KK, Hui KK. Effects of electroacupuncture versus manual acupuncture on the human brain as measured by fMRI. Hum Brain Mapp 2005; 24(3):193-205.
8. Li G, Cheung RT, Ma QY, Yang ES. Visual cortical activations on fMRI upon stimulation of the vision-implicated acupoints. Neuroreport 2003; 14(5):669-73.

9. Siedentopf CM, Golaszewski SM, Mottaghy FM, Ruff CC, Felber S, Schlager A. Functional magnetic resonance imaging detects activation of the visual association cortex during laser acupuncture of the foot in humans. *Neurosci Lett* 2002;327(1):53-6.
10. Biella G, Sotgiu ML, Pellegata G, Paulesu E, Castiglioni I, Fazio F. Acupuncture produces central activations in pain regions. *Neuroimage* 2001;14:60-6.
11. Hui KK, Liu J, Makris N, Gollub RL, Chen AJ, Moore CI, et al. Acupuncture modulates the limbic system and subcortical gray structures of the human brain: evidence from fMRI studies in normal subjects. *Hum Brain Mapp* 2000;9(1): 13-25.
12. Wu MT, Hsieh JC, Xiong J, Yang CF, Pan HB, Chen YC, et al. Central nervous pathway for acupuncture stimulation: localization of processing with functional MR imaging of the brain-preliminary experience. *Radiology* 1999;212(1): 133-41.
13. Wu MT, Sheen JM, Chuang KH, Yang P, Chin SL, Tsai CY, et al. Neuronal specificity of acupuncture response: a fMRI study with electroacupuncture. *Neuroimage* 2002;16(4):1028-37.
14. Li G, Jack CR Jr, Yang ES. An fMRI study of somatosensory-implicated acupuncture points in stable somatosensory stroke patients. *J Magn Reson Imaging* 2006;24(5):1018-24.
15. Kim YI, Kim YH, Im YK, Lee H, Lee BL, Kim YJ. A fMRI study on the cerebral activity induced by electroacupuncture on Zusanli(ST36). *The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society* 2003;20(5):133-150.
16. Talairach J, Tournoux P. *Coplanar stereotactic atlas of the human brain*. New York. Thieme 1998.
17. Bandettini PA, Wong EC. A hypercapnia-based normalization method for improved spatial localization of human brain activation with fMRI. *NMR Biomed*. 1997;10(4-5):197-203.
18. Friston KJ, Jezzard P, Turner R. Analysis of functional MRI time-series. *Hum Brain Mapp* 1994;1:153-71.
19. Friston KJ, Ashburner J, Frith CD, Poline JB, Frackowiak RSJ. Spatial registration and normalization of images. *Hum Brain Mapp* 1995;3(3): 165-89.
20. Park JB, Park HJ, Lee HJ. The methodological study of the change of Brain activity with acupoint stimulator using functional MRI-focusing on visual areas. *The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society* 1997;14(1):266-72.
21. Frackowiak RSJ, Friston KJ, Frith CD, Dolan RJ, Mazziotta RJ. *Human brain function*. 1st ed, San Diego: Academic Press 1997:25-106, 141-62, 275-300.
22. Kwon CH, Lee JB, Hwang MS, Yoon JH. The New Finding on BOLD Response of Motor Acupoint KI6 by fMRI. *The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society* 2004;21(6):177-186.
23. Rheu KH, Choe IH, Park HJ, Lim S. fMRI Study on the Brain Activity Induced by Manual Acupuncture at BL62. *The Korean Journal of Meridian & Acupoint* 2006;23(2):89-103.
24. Hong KE, Lee BR, Lee H, Yim YK, Kim YJ. fMRI study on the cerebral activity induced by electroacupuncture on SP6. *The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society* 2003;20(3):86-103.
25. Bae EJ, Hong GU, Lee H, Lee BL, Im YG, Kim YJ. fMRI study on the cerebral activity induced by electroacupuncture on ST40. *The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society* 2003;20(5):208-226.
26. Park KY, Lee BR, Lee H, Yim YK, Hong KE, Kim YJ. fMRI study on the cerebral activity induced by electroacupuncture on KI3. *The*

- Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society 2003;20(3):194-208.
27. Ha CH, Lee H, Im YG, Hong GU, Lee BL, Kim YJ. A fMRI study on the cerebral activity induced by electroacupuncture on LR3. The Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society 2003;20(5):187-207.
  28. Park TG, Kim YI, Hong KE, Yim YK, Lee H, Lee BR. A study on brain activity induced by electroacupuncture on LR3 and LI4 using functional Magnetic Resonance Imaging. The Korean Journal of Meridian & Acupoint 2004; 21(2):29-46.
  29. Park SU, Shin AS, Gahng GH, Moon SK, Park JM. Effects of scalp acupuncture versus upper and lower limb acupuncture on signal activation of blood oxygen level dependent (BOLD) fMRI of the brain and somatosensory cortex. J Altern Complement Med 2010;15(11):1193-1200
  30. Yoo SS, Teh EK, Blinder RA, Jolesz FA. Modulation of cerebellar activities by acupuncture stimulation: evidence from fMRI study. Neuroimage 2004;22(2):932-40.
  31. Yan B, Li K, Xu J, Wang W, Liu H, Shan B, et al. Acupoint-specific fMRI patterns in human brain. Neurosci Lett 2005;383(3):236-40.
  32. Fang JL, Krings T, Weidemann J, Meister IG, Thron A. Functional MRI in healthy subjects during acupuncture: different effects of needle rotation in real and false acupoints. Neuroradiology 2004;46(5):359-62.
  33. Li K, Shan B, Xu J, Liu H, Wang W, Zhi L, et al. Changes in FMRI in the human brain related to different durations of manual acupuncture needling. J Altern Complement Med 2006;12(7): 615-23.
  34. Liu WC, Feldman SC, Cook DB, Hung DL, Xu T, Kalnin AJ, et al. fMRI study of acupuncture-induced periaqueductal gray activity in humans. Neuroreport 2004;15(12):1937-40.
  35. Schaechter JD, Connell BD, Stason WB, Kaptchuk TJ, Krebs DE, Macklin EA, et al. Correlated change in upper limb function and motor cortex activation after verum and sham acupuncture in patients with chronic stroke. J Altern Complement Med 2007;13(5):527-32.
  36. Hui KK, Nixon EE, Vangel MG, Liu J, Marina O, Napadow V, et al. Characterization of the “*de qi*” response in acupuncture. BMC Compl Alternative Med 2007;7:33.
  37. 안영기. 경혈학총서. 정보사 2006:116-7, 196-7
  38. Lee WT, Park KA. Medical Neuroanatomy. 2nd. Seoul:Korea Medical Book Publisher. 2008.
  39. Bronen RA. Hippocampal and limbic terminology. Am J Neuroradial 1992;13(3):943-5.