

원저

두침과 상하지 침자극이 뇌와 뇌의 체성감각피질에 미치는 영향에 대한 fMRI Study

박정미* · 곽자영* · 조승연* · 박성욱* · 정우상* · 문상관* · 고창남* ·
조기호* · 김영석* · 배형섭* · 장건호** · 방재승***

*경희대학교 한의과대학 심계내과학교실

**경희대학교 의과대학교 동서신의학병원 영상의학과교실

***경희대학교 의과대학교 동서신의학병원 신경외과교실

Abstract

Effects of Head Acupuncture Versus Upper and Lower Limbs Acupuncture on Signal Activation of Blood Oxygen Level Dependent (BOLD) fMRI on the Brain and Somatosensory Cortex

Park Jung-mi*, Gwak Ja-young*, Cho Seung-yeon*, Park Seong-uk*, Jung Woo-sang*,
Moon Sang-kwan*, Ko Chang-nam*, Cho Ki-ho*, Kim Young-suk*, Bae Hyung-sup*,
Jang Geon-ho** and Bang Jae-seung***

*Dept. of Cardiovascular & Neurologic Diseases(Stroke center), Hospital of Oriental
Medicine, Kyung Hee University

**Dept. of Radiology, East-West NEO Medicine Center, School of Medicine, Kyung Hee University

***Dept. of Neurosurgery, Stroke & Neurological Disorders Center, School of Medicine,
Kyung Hee University

Objectives : To evaluate the effects of Head Acupuncture versus Upper and Lower Limbs Acupuncture on signal activation of Blood Oxygen Level Dependent (BOLD) fMRI on the Brain and Somatosensory Cortex.

Subjects and Methods : 10 healthy normal right-handed female volunteer were recruited. The average age of the 10 subjects was 30 years old. The BOLD functional MRI(fMRI) signal characteristics were

· 이 연구는 2007년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과임(KHU-20070622)
· 접수 : 2008. 9. 29. · 수정 : 2008. 10. 7. · 채택 : 2008. 10. 7.
· 교신저자 : 박정미, 서울 강동구 상일동 149 경희대학교 동서신의학병원 중풍·뇌질환센터 한방내과
Tel. 02-440-6216 E-mail : pajama@khu.ac.kr

determined during tactile stimulation was conducted by rubbing 4 acu-points in the right upper and lower limbs(LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆). After stimulation of Head Acupuncture in Sishencong(HN₁), GB₁₈, GB₉, TH₂₀ of Left versus Upper and Lower Limbs Acupuncture(LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆ of Right) and took off needles. Then the BOLD fMRI signal characteristics were determined at the same manner.

Results :

1. When touched with cotton buds(sensory stimulation), left Parietal Lobe, Post-central Gyrus, primary somatosensory cortex(BA 1, 2, 3), and primary motor cortex(BA 4) were mainly activated. When ST₃₆ was stimulated, Frontal Lobe, Parietal Lobe, Cerebellum, and Posterior Lobe as well as Inter-Hemispheric displaying a variety of regions.

2. In signal activation before and after Head Acupuncture reaction, it showed signal activation after removing the acupuncture needle and right Somatosensory Association Cortex, Postcentral Gyrus, and Parietal Lobe were more activated.

3. In reactions of before and after Upper and Lower Limb Acupuncture, it also showed signal activation after removing the acupuncture needle and bilateral Occipital Lobe, Lingual Gyrus, visual association cortex, and Cerebellum were activated.

4. After acupuncture stimulation, In Upper and Lower Limb Acupuncture Group, left frontal Lobe, Precentral Gyrus and Bilateral parietal lobe, Postcentral Gyrus and Primary Somatosensory Cortex(BA 2) were activated. In Head Acupuncture Group, which has most similar activation regions, but especially right Pre-Post central Gyrus, Primary Somatosensory Cortex(BA 3), Primary Motor Cortex, frontal Lobe and Parietal Lobe were activated.

Conclusions : When sensory stimulation was done with cotton buds on four acu-points(LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆), while bilaterally activated, contralateral sense was more dominant. It showed consistency with cerebral cortex function. When ST₃₆ was stimulated Frontal Lobe, Parietal Lobe, Cerebellum, Posterior Lobe as well as Inter-Hemispheric were stimulated. In Head Acupuncture, it showed more contralateral activation after acupuncture. In Upper and Lower Limb Acupuncture, it showed typically contralateral activation and deactivation of limbic system after acupuncture stimulation.

Therefore, there were different fMRI BOLD signal activation reaction before and after Head Acupuncture vs Upper and Lower Limb Acupuncture which might be thought to be caused by acu-points' sensitivity and different sensory receptor to response acupuncture stimulation.

Key words : Head Acupuncture(Scalp Acupuncture), Upper and Lower Limbs Acupuncture, BOLD-based functional MRI, Somatosensory Cortex, Brain activity

I. 서 론

대부분의 경락은 손끝, 발끝에서 머리끝까지 이어져서 손과 발을 통하여 전신의 질병을 치료한다¹⁾. 한편 두침은 전통 한의학의 침구요법의 기초 위에 현대 의학의 대뇌피질의 위치에 따른 기능원리를 상관지어 두피(頭皮)의 상응 부위에 침을 놓아 질병을 치료하는 침법이다. 두침 요법은 대뇌 피질 구역에 상응하는 부

위를 자극구로 설정해 놓았는데 운동구, 감각구, 언어구, 평형구, 생식구 등이 그것이다²⁾. 이런 자극구에 상응하는 고급대뇌피질 기능은 cerebral cortex의 여러 부분이 중요한 역할을 담당하고 해당 부분이 상호 정보를 교환하면서 전체 기능을 구현한다. 즉 대뇌 특정 부위의 특화된 기능을 담당하는 신경세포들이 해당 기능을 직접적으로 수행하는 것이 아니라 cerebral cortex의 여러 부위에 복잡하게 퍼져있는 신경세포들이 고정적으로 연결되거나 혹은 일시적인 연결을 통한 상호 연

계를 유지하면서 특정 기능을 수행하는데, 이런 원리를 이용하여 두침요법이 임상에 쓰이면서 그 치료효과가 보고되고 있다^{3,4)}. 하지만 두침에 대한 근본적인 연구가 필요하고, 이런 특정 고급대뇌피질 기능이 어떻게 수행되는지 알기 위해서는 뇌 전체의 기능 상태를 동시에 확인할 수 있는 방법이 필요한데, 현재 많이 사용되는 방법은 기능적 자기공명영상이다.

최근 기능적 자기공명영상(fMRI : functional Magnetic Resonance Imaging)의 연구는 정상인을 대상으로 시각, 운동, 감각 등에 대한 뇌의 활성화 부위를 영상화하고, 언어, 기억 등의 인식기능을 시각화(뇌기능의 지도화 : functional brain mapping)함으로써⁵⁻¹⁷⁾, 뇌구조의 변화를 통한 환자의 질병을 관찰하는 구조영상으로 뇌의 구조 변화 이전에 뇌의 기능변화를 살펴 질병의 조기진단과 치료에 활용하고 있다¹⁸⁻²³⁾.

한의학 분야에서도 침구치료의 기전 연구와 효능 검증에 위해 fMRI가 주로 활용되고 있는데, 일정한 혈자리를 자극한 후 활성화되는 뇌의 특정부위를 찾아 그 부위의 특성을 살펴보거나, 여러 혈자리를 자극한 후 각 혈자리마다 활성화되는 부위를 분석하여 혈위의 특이성을 살펴보거나, 동일 혈위에서 자극방법에 따른 뇌활성화의 변화를 살펴보는 연구²⁴⁻³¹⁾ 등이 이루어지고 있다. 이런 기존 연구들은 침자극시 뇌에 미치는 영향을 조사하기 위해 상지·하지에 국한하여 침을 놓은 상태에서 침자극을 주는 연구를 해왔다.

하지만 본 연구는 기능적 자기공명영상을 통하여 자극구에 상응하는 고급대뇌피질기능 중 감각구에 해당하는 부위의 상하지 해당구역에 직접적으로 면봉자극을 주어 뇌의 활성화 또는 비활성화를 조사하여 과연 뇌의 어느 부분을 동원하여 어떤 방식으로 고급대뇌피질기능을 수행하는지에 대한 조사를 하였으며, 또한 두침과 상하지의 침자극은 과연 뇌에서 어떻게 작용하는지를 알고자 감각구에 해당하는 두침부위와 대측 상·하지에 침자극을 준 뒤 발침 후 fMRI 촬영을 하여, 침지속 효과에 대한 객관적 관찰과 두침군과 상하지침군의 자침 전후 Blood oxygen level dependent (이하 BOLD) fMRI 신호 활성화를 비교하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

의학적으로 뇌와 관련되거나 뇌에 영향을 줄 수 있

는 질병이 없는 신체 건강한 자로 연구취지 설명 후 동의한 자원자 20세에서 35세 사이의 오른손잡이인 건강한 여성지원자 10명을 대상으로 하였다(단 임신이나, 생리기간은 제외). 신경학적, 정신적, 내과질환이 있거나 약물복용, 알코올중독자, 심혈관질환이나 뇌혈관질환의 과거력이 있는 경우, 뇌혈류에 영향을 미칠 수 있는 약물을 복용 중인 경우는 제외하였다. 검사 당일에는 커피 등 카페인 포함된 음료는 금지하였다.

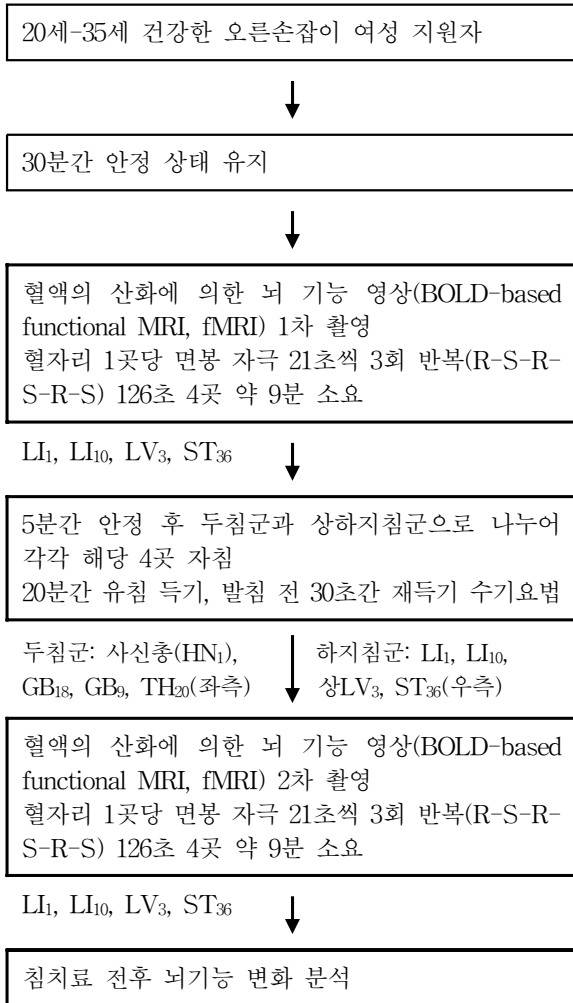
2. 시험재료

침 : 1회용 0.25mm×40mm(직경×길이)의 동방침구사에서 제작된 스테인레스 재질의 침을 사용하였다.

3. 연구방법

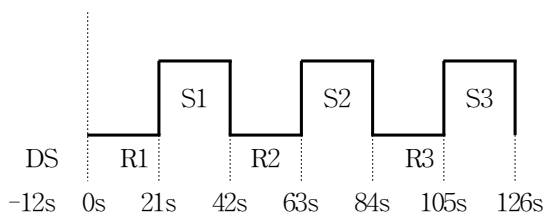
10명의 대상자를 무작위로 5명씩 두침군과 상하지 침군으로 나누었다. 30분간 안정 후 눈을 감은 상태에서 1차 fMRI 촬영을 하는 동안 두 군 모두 우측 상양(이하 LL₁), 수삼리(이하 LL₁₀), 태충(이하 LV₃), 족삼리(이하 ST₃₆) 순서로 4곳을 면봉으로 사용하여 21초 블록으로 3회 반복 자극하였다. 5분간 휴식 후 두침군은 좌측 감각구에 해당하는 부위 중 기존 경락이나 혈자리와 일치하는 곳의 혈자리, 즉 사신총(이하 HN₁), 승령(이하 GB₁₈), 천충(이하 GB₉), 각손(이하 TH₂₀) 4곳(두침이론에 따르는 감각구 : 頂顛後斜線의 상하지에 해당하는 자리로 경락이론에 따르는 혈자리가 아님)을 자침하고, 상하지침군은 사지에 해당하는 혈자리 중 우측 상지부의 LL₁, LL₁₀ 2곳과 우측 하지부의 LV₃, ST₃₆ 2곳 총 4곳을 득기가 있을 때까지 수기를 하고 발침 전 30초간 다시 수기를 한 후 발침하여 총 20분간 자침하였다. 상하지침(우측)은 표피에 직자하였으며 깊이는 1.5-2cm으로 하였고, 두침(좌측)은 횡자하였다. 발침 후 바로 2차 fMRI 촬영을 하였으며 1차와 같은 방법으로 4곳을 순서대로 21초 블록으로 3회 반복 자극하는 동안 뇌 관류 영상(Cerebral Perfusion MRI), 혈액의 산화에 의한 뇌 기능 영상(BOLD-based functional MRI, fMRI)을 획득하였다(단 자극강도의 변수를 줄이기 위해 동일인이 자극을 주었으며 면봉 자극은 혈자리를 통증을 느끼지 않을 정도로 약 2회/1초의 속도로 일정하고 부드럽게 회전하였으며, 침자극은 피험자가 득기감이 있을 때까지로 함).

1) Study Design



R: rest, S: stimulation

2) Procedure of tactile stimulation



Dummy scan was carried out during 12 seconds before the experiment. After remaining at rest for 21 seconds, We stimulated with cotton buds Acup-point(LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆) for 21 seconds. We repeated in the same manner in 3times(21s 6Blocks). This process(Rest-S1-Rest-S2-Rest-S3) was repeated 3 times more.

DS: dummy scan, R: rest, S: stimulation

4. 영상획득 방법

1) 전처치

대상자는 30분간 안정 후 fMRI 장치 내의 표준 두부 코일(standard head coil) 안에 머리를 두고 양 와위로 누워 실험실 환경에 적응 하도록 한 후, 머리를 sponge로 고정시켜 움직이지 않도록 주의를 시키고 실험 중에는 눈을 감고 있도록 지시한 후 시험에 임하게 하였다.

fMRI 측정 실험실은 어두운 조명이었으며 기계 소음 외에는 어떠한 소리도 나지 않도록 하였다. 모든 영상은 경희대학교 동서신의학병원 영상의학과외의 숙련된 오퍼레이터에 의해 획득되었다.

2) fMRI 영상획득

측정장치는 3.0 Tesla 자기공명영상장치(Philips, Acheiva, Best, The Netherlands)를 이용하였으며, BOLD효과를 최대로 하기 위해 경사자장에코(Gradient-echo) 기법을 이용하였고, 초고속 영상기법인 Echo Planar Imaging(EPI) 기법을 이용하여, Matrix size 64×64, Field of View (FOV) 230×148×230mm인 T2 강조영상(TE=30ms, TR=3000ms, Flip angle=90°)을 획득하였다. Slice의 수는 30, Slice의 두께는 5mm, Slice간 gap은 0mm, Voxel 크기는 3.43×3.43×5mm로 하였으며, 총 얻어진 Volume 영상은 42개로 하였다.

3) 해부학적 MR 영상획득

해부학적 구조를 참고하기 위해 추가적으로 고해상도의 3D-T1 강조 영상(TE=5ms, TR=9.335ms, Flip angle=8°, FOV=240×240×185mm, Slice 수 120, Slice 두께 1.0mm)을 획득하였다.

5. 데이터 분석

분석용 프로그램은 SPM 2(Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK)를 사용하였다.

1) Motion Correction

기능적 MR 영상 획득 과정중에 발생할 수 있는 피험자의 머리 움직임을 보정하기 위하여 공간좌표(X, Y, Z) 상에서 회전(Rotation)과 이동(Translation)

의 정도를 계산하여 움직임이 일어난 만큼 프로그램 상의 3D motion correction을 이용하여 자동으로 재정렬(Realignment)하였다.

2) Spatial Normalization

실험을 통해 얻은 기능적 MR 영상은 해부학적 분석을 위한 MR 영상과는 공간해상도가 다르므로 이를 해결하기 위해 공동 좌표로 합성해 주는 과정이 필요하다.

우선 해부학적 MR 영상을 Talairach와 Tournoux에 의해 제안된 표준공간좌표(Standard anatomical space)로³²⁾ 표준화한 다음, 표준화 전의 해부학적 MR영상과 기능적 MR 영상을 Coregistration 시킨 후, 해부학적 MR 영상을 표준화한 방법과 같이 기능적 MR 영상을 공동좌표로 표준화시켰다³³⁾.

3) Spatial Smoothing

64×64의 평면 해상도와 5mm의 두께로 격자화 되어 있는 데이터를 Gaussian filter를 이용하여 Full Within Half Maximum(FWHM)의 값을 Multi analysis를 위해 9×9×12mm로 하여 spatial smoothing을 통해 비격자화 시켰다.

4) Statistical Analysis

① 개별 데이터 분석

Normalization된 각각의 영상을 General Lineal Model(GLM)을 이용하여 개별 처리하였다. GLM을 실시할 때 혈류역학반응(hemodynamic response)을 고려하였다. GLM 기법으로 처리된 BOLD 신호 중 유의하게 활성화된 영역을 선별하여 분석하였다.

각각의 시험군에 대하여 활성화되는 영역에 대한 contrast map을 구했는데, none을 이용한 multiple comparison을 통해 p값은 0.001이하를 유의한 것으로 보았다.

② 그룹 데이터 분석

자침 전과 후의 BOLD fMRI 신호 활성화 정도 차이를 비교하기 위해 개별 환자군의 contrast map을 이용하여 ANOVA test를 실시하였다. p값이 0.001-0.05 이하를 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

III. 결 과

1. 혈자리별 tactile stimulation(면봉자극)을 주었을 때 BOLD fMRI 신호 활성화(signal activation)의 변화(총 10명)

1) LI₁에서 tactile stimulation(면봉자극)을 주었을 때 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화

면봉으로 우측 LI₁에 자극을 주면서 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과(p=0.001) 좌측의 Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, primary somatosensory cortex(BA 1, 2, 3), primary motor cortex(BA 4)가 활성화 되었다(Fig. 1).

2) LI₁₀에서 tactile stimulation(면봉자극)을 주었을 때 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화

면봉으로 우측 LI₁₀에 자극을 주면서 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과 주로 우측의 Frontal Lobe, Inferior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus(BA 9, 44, 45, p=0.005)와 좌측의 Sub-lobar, Claustrum, Frontal Lobe, Sub-Gyral, Insula(BA 13, 45, 47, p=0.01)가 활성화 되었다(Fig. 1).

3) LV₃에서 tactile stimulation(면봉자극)을 주었을 때 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화

면봉으로 우측 LV₃에 자극을 주면서 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, 좌측의 Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, Postcentral Gyrus, BA 2, 40(primary somatosensory cortex, supramarginal gyrus part of wernicke's area, p=0.001)이 활성화 되었다(Fig. 1).

4) ST₃₆에서 tactile stimulation(면봉자극)을 주었을 때 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화

면봉으로 우측 ST₃₆에 자극을 주면서 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과(p=0.001) 좌측의 Frontal Lobe, Superior Frontal, Middle Frontal

Inferior Frontal Gyrus, Sub-Gyral(BA 8, 9, 10, 46) Inter-Hemispheric, 우측의 Cerebellum, Posterior Lobe, Pyramis, Tuber, Uvula, Inferior Semi-Lunar Lobule, Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, Sub-lobar, Insula, Claustrum, Extra-Nuclear, BA 13, 40이 활성화 되었다(Fig. 1).

서 두침 자극 전과 후로 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, p=0.001로 했을 때 두침 자극 전이 활성화가 더 큰 부위는 없으며 침자극 후에는 우측 Somatosensory Association Cortex(BA 7), Post-central Gyrus, Parietal Lobe가 더 활성화되는 것으로 나타났다(Table 1).

2. 두침군의 침자극 전후 BOLD fMRI 신호 활성화(signal activation)의 변화(그룹데이터 분석, 총 5명)

3. 상하지침군의 침자극 전후 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화(그룹데이터 분석, 총 5명)

면봉으로 우측 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆에 자극을 주면

면봉으로 우측 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆에 자극을 주면

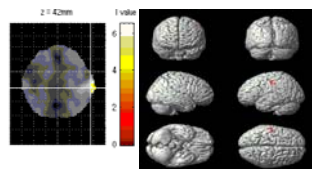
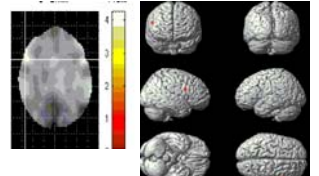
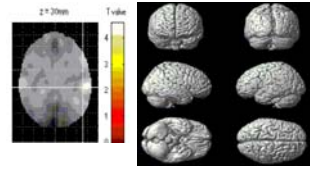
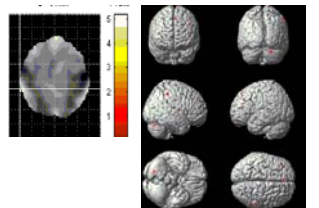
	<p>-54, -18, 48 : Left Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, BA 1, 2, 3 -52, -16, 48 : Left Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, BA 1, 2, 3, 4 Height threshold : T=4.30 p=0.001(none), extent threshold : k=0 voxels tactile stimulation at LI₁</p>
	<p>54, 12, 26 : Right Cerebrum, Frontal Lobe, Inferior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus, BA 9,44,45 Height threshold : T=3.25, p=0.005(none), extent threshold : k=0 voxels -26, 20, 4 : Left Sub-lobar, Claustrum, Frontal Lobe, Sub-Gyral, Insula, BA 13, 45,47 Height threshold : T=3.25, p=0.01(none), extent threshold : k=0 voxels tactile stimulation at LI₁₀</p>
	<p>-50, -26, 28: Left Cerebrum, Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, Postcentral Gyrus, BA 2, 40 Height threshold : T=4.30 p=0.001(none), extent threshold : k=0 voxels tactile stimulation at LV₃</p>
	<p>24, -74, -32 : Right Cerebellum, Posterior Lobe, Pyramis, Tuber, Uvula, Inferior Semi-Lunar Lobule 58, -36, 48 : Right Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, BA 40 40, -8, 4 : Right Sub-lobar, Insula, Claustrum, Extra-Nuclear, BA 13 -40, 34, 34 : Left Frontal Lobe, Superior Frontal, Middle Frontal Gyrus, BA 8, 9 -40, 34, 14 : Lt. Inferior Frontal, Sub-Gyral, BA10, 46 -6, 44, 52 : Left Frontal Lobe, Superior Frontal Gyrus, BA 8, Inter-Hemispheric Height threshold : T=4.3, p=0.001(none), extent threshold : k=0 voxels tactile stimulation at ST₃₆</p>

Fig. 1. Brain areas with significantly increased cortical and brain activation during sensory tactile stimulation

BA: Brodmann area.

Table 1. Brain Areas with Significantly Increased Signal Activation During Sensory Stimulation before and after Head Acupuncture(height threshold: $p=0.001$ uncorrected)

	Brain regions included in cluster	Side	BA	Coordinates x y z	Peak Z-value
pre>post	none				
post>pre	Parietal Lobe, Postcentral Gyrus	Right		30, -52, 70	3.30
	Parietal Lobe, Postcentral Gyrus	Right	7	26, -52, 72	3.39
	Parietal Lobe, Superior Parietal Lobule	Right	7	34, -24, 62	3.90

Pre: before Head Acupuncture.
 post: after Head Acupuncture.
 BA: Brodmann area.

Table 2. Brain Areas with Significantly Increased Signal Activation during Sensory Stimulation After Upper and Lower Limb Acupuncture(height threshold: $p=0.001$ uncorrected)

	Brain regions included in cluster	Side	BA	Coordinates x y z	Peak Z-value
pre>post	Sub-lobar, Thalamus	Left		-2, -24, 8	3.53
	Cerebellum, Posterior Lobe, Inferior Semi-Lunar Lobule	Left		-20, -84, -40	3.51
	Sub-lobar, Thalamus	Right		4, 0, 6	3.11
	Frontal Lobe, Inferior Frontal Gyrus,	Right	45	46, 24, 14	3.11
post>pre	Occipital Lobe, Lingual Gyrus,	Right	18	32, -74, -6	3.45
	Occipital Lobe, Middle Occipital Gyrus,	Right	19	40, -78, 4	3.20
	Limbic Lobe, Parahippocampal Gyrus, Hippocampus	Right		22, -42, 6	3.17
	Occipital Lobe, Lingual Gyrus	Left	18	-22, -76, -2	3.50
	Cerebellum, Anterior Lobe, Culmen	Left		-16, -38, -12	3.22

Pre: before Upper and Lower Limb Acupuncture.
 post: after Upper and Lower Limb Acupuncture.
 BA: Brodmann area.

Table 3. Brain Areas with Significantly Increased Cortical Activation during sensory stimulation after Head Acupuncture vs Upper and Lower Limb Acupuncture(height threshold: $p=0.001$ uncorrected)

	Brain regions included in cluster	Side	BA	Coordinates x y z	Peak Z-value
Upper and Lower Limb >Head	Frontal Lobe, Precentral Gyrus	Left	43	-48, -6, 12	4.29
	Parietal Lobe, Postcentral Gyrus	Left	43	-48, 10, 18	3.54
	Insula	Left	13	-42, 0, 8	3.30
	Parietal Lobe, Postcentral Gyrus	Right	2	48, -24, 36	3.43
Head>Upper and	frontal lobe, Precentral Gyrus, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus	Right	3, 4	38, -24, 60	3.69
Lower Limb Acupuncture	Frontal Lobe, Precentral Gyrus, Postcentral Gyrus	Right	3, 4	34, -24, 62	3.56

BA: Brodmann area.

서 상지(LI₁, LI₁₀)와 하지(LV₃, ST₃₆)침자극 전과 후로 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, 자침 전이 활성이 더 큰 부위로는 좌우측의 Sublobar, Thalamus와 우측 Frontal Lobe, 좌측 Inferior Semi-Lunar Lobule이었고, 자침 후에는 좌우측의 Occipital Lobe, Lingual Gyrus, visual association cortex(BA 18, 19)와 우측 Parahippocampal Gyrus, Limbic Lobe, Hippocampus와 좌측 Anterior Lobe, Culmen, Cerebellum이 활성화되는 것으로 나타났다(Table 2).

4. 두침군과 상하지침군의 침자극 후 BOLD fMRI 신호 활성화 비교(그룹 데이터 분석)

면봉으로 우측의 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆에 자극을 주면서 두침군과 상하지침군의 자침 전·후 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, 상하지침군은 좌측에서 활성화부위가 더 많았는데, 좌측의 frontal Lobe, Precentral Gyrus, Postcentral Gyrus, Subcentral area, Parietal Lobe와 우측의 Parietal lobe, Postcentral Gyrus와 Primary Somatosensory Cortex (BA 2)에서 활성화를 보였고, 두침군은 활성화부위는 비슷한데 특이적으로 우측의 Pre-Post central Gyrus, Frontal Lobe, Parietal Lobe, Primary Somatosensory Cortex (BA 3), Primary Motor Cortex에서 상하지침군보다 더 활성화되는 것으로 나타났다(Table 3).

IV. 고 찰

1990년대 들어 자기공명영상 기법적으로 발전함과 동시에 새로운 영상기법이 개발됨으로써, 뇌의 해부학적 정보 외에 뇌 조직에서의 확산(diffusion), 뇌 혈류의 변화(perfusion), 뇌 대사물 측정(MR spectroscopy), 뇌기능의 지도화(functional brain mapping) 등 기능적인 정보들을 얻을 수 있게 되었다⁵⁾. 이 중 뇌기능을 지도화 할 수 있는 기능적자기공명영상(functional MRI, fMRI)은 양전자방출단층촬영(PET)에 의해 얻어진 뇌의 기능 영상과 높은 상관관계를 보이고, 공간 분해능(spatial resolution)이 우수하며, 방사성 동위원소나 조영제의 주입이 필요 없으며, 반

복적인 검사가 가능해 이를 활용한 뇌기능 연구가 급속히 확산되고 있다⁶⁻⁸⁾. 정상인을 대상으로 시각자극, 운동자극, 감각자극 등에 대한 뇌의 활성화 부위를 영상화하는데 활용되고 있으며, 최근에는 언어기능이나 기억기능 등의 인식기능을 시각화하는 데도 활용되고 있다^{9-15,31)}. 임상적으로는 뇌종양 제거수술의 경우, 종양 주위에 중요한 인지기능을 수행하는 영역이 있을 때 제거할 종양 부위를 결정하거나 수술 후 발생할 기능 손상을 예측하는데 활용되고 있으며¹⁷⁻²⁰⁾, 간질환자의 language dominance를 찾거나¹⁶⁾, 뇌졸중의 회복을 평가하고, 뇌의 재조직화 과정을 밝히는 데도 활용되고 있다²¹⁻²³⁾.

한의학 분야에서는 침구치료의 기전 연구와 효능 검증에 위해 fMRI가 주로 활용되고 있는데, 일정한 혈자리를 자극한 후 활성화되는 뇌의 특정부위를 찾은 후 그 부위의 특성을 살펴보거나²⁴⁻²⁶⁾, 여러 혈자리를 자극한 후 각 혈자리마다 활성화되는 부위를 분석하여 혈위의 특이성을 살펴보거나^{27,28)}, 동일 혈위에서 자극방법에 따른 뇌활성화의 변화를 살펴보는 연구^{29,30)} 등이 이루어지고 있다.

경락이론에 의하면 대부분의 경락은 손끝, 발끝에서 머리끝까지 이어져서 손과 발을 통하여 전신의 질병을 치료한다¹⁾. 특히 중풍과 같은 질환에 있어서는 사지를 통하여 사지는 물론 대뇌에도 자극을 주는 것으로 알려져 왔다. 또한 두침은 전통한의학의 침구요법의 기초 위에 현대의학의 대뇌피질의 위치에 따른 기능원리를 상관지어 두피(頭皮)의 상응 부위에 침을 놓아 질병을 치료하는 일종의 침자방법이다. 두침 요법은 대뇌 피질 구역에 상응하는 부위를 자극구로 설정해 놓았는데 운동구, 감각구 등이 그것이다. 이것은 두피에 침을 놓은 결과 일련의 뇌혈관계통의 질병에 일정한 치료 효과를 나타냄으로써 연구·개발된 것이다²⁾. 고급대뇌피질 기능은 cerebral cortex의 여러 부분이 중요한 역할을 담당하고 해당 부분이 상호 정보를 교환하면서 전체 기능을 구현하는 방식으로 작동한다는 것이 일반적인 견해이다^{34,35)}. 이러한 시각에서 보면 고급대뇌피질 기능이란 대뇌 특정 부위의 특화된 기능을 담당하는 신경세포들이 해당 기능을 직접적으로 수행하는 것이 아니라 cerebral cortex의 여러 부위에 복잡하게 퍼져있는 신경세포들이 고정적으로 연결되거나 혹은 일시적인 연결을 통한 상호 연계를 유지하면서 특정 기능을 수행하는 것이다. 특정 고급대뇌피질 기능이 뇌의 어느 부분을 동원하여 어떤 방식으로 수행되는지 확인

하기 위해서는 뇌 전체의 기능 상태를 동시에 확인할 수 있는 방법이 필요하며, 현재 많이 사용되는 방법은 fMRI로 침자극이 과연 뇌의 어느 부분을 활성화하는지 등을 조사하기 위한 연구가 많이 있어 왔다^{24-26,28,30,36}. 하지만 자기공명영상의 특성상 금속물질이 몸에 있으면 정확한 자료를 얻을 수 없고 침자극의 자극 순간이 뇌에 미치는 영향을 조사하기 위해 기존 연구는 상지나 하지에 국한하여 침을 놓은 상태에서 침자극을 주는 연구를 해왔다.

이에 저자는 MRI 연구 특성상 두부에 침자극을 주면서 연구를 할 수 없어 발침 후 fMRI 촬영을 하여 좌측 두침자극과 우측 상하지의 침자극을 준 뒤 자침 전과 발침 후 면봉으로 동일하게 우측의 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆에 sensory자극을 주면서 뇌기능영상상 침자극이 발침 후에도 작용하는지와, 두침과 상하지 침자극이 뇌를 활성화 또는 비활성화하는지를 조사하여 과연 뇌의 어느 부분을 동원하여 어떤 방식으로 고급 대뇌피질기능을 수행하는지에 대한 조사를 하고자 BOLD fMRI 신호활성화에 미치는 영향을 평가해 보았다.

면봉으로 우측의 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆ 자극을 주면서 면봉자극시 혈액의 산화에 의한 뇌 기능 영상을 이용하여 신호 활성화의 변화를 관찰하였다. 우선 자침 전에 면봉으로 LI₁에 sensory 자극을 주면서 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과(p=0.001) 좌측의 Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, primary somatosensory cortex(BA 1, 2, 3), primary motor cortex (BA 4)가 활성화 되었다(Fig. 1). 면봉으로 LI₁₀에 자극을 주면서 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과 주로 우측의 Frontal Lobe, Inferior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus(BA 9, 44, 45, p=0.005)와 좌측의 Sub-lobar, Claustrum, Frontal Lobe, Sub-Gyral, Insula(BA 13, 45, 47, p=0.01)가 활성화되었다(Fig. 1). 또 면봉으로 LV₃에 자극을 주면서 signal activation의 변화를 관찰한 결과(p=0.001), 좌측의 Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, Postcentral Gyrus, Brodmann area 2(primary somatosensory cortex), 40(supramarginal gyrus part of wernicke's area)이 활성화되었다(Fig. 1). 면봉으로 ST₃₆에 자극을 주면서 signal의 변화를 관찰한 결과(p=0.001) 좌측의 Frontal Lobe, Superior Frontal Gyrus, Middle Frontal Gyrus, Inferior Frontal Gyrus, Sub-Gyral(BA 8, 9, 10, 46) Inter-Hemispheric, 우측의 Cerebellum, Posterior Lobe, Pyramis, Tuber, Uvula, Inferior Semi-Lunar Lobule,

Parietal Lobe, Inferior Parietal Lobule, Sub-lobar, Insula, Claustrum, Extra-Nuclear, BA 13, 40이 활성화되었다(Fig. 1). 이상 4곳의 혈자리에 sensory자극(면봉자극)을 주었을 때 양측성으로 감각을 받아들이지만 반대쪽에서 오는 감각이 더 우세하다는 기존의 이론을^{34,35} 그대로 보여주며, 고급 대뇌피질기능과 거의 일치하면서도 ST₃₆자극은 Inter-Hemispheric 외에도 Frontal Lobe, Parietal Lobe, Cerebellum, Posterior Lobe 등 좀 더 다양하게 활성화함을 알 수 있었다.

참고로 침자극은 득기를 느낄 때까지 주었는데 예비연구에서 전침자극을 일정한 Hz로 자극을 주었을 때 사람마다 느끼는 감이 전혀 없는 사람과 세계 느끼는 사람 등 사람마다 달라 피험자가 득기를 느낄 때까지로 하였다. 침자극을 준 뒤 발침 후에도 자극의 효과가 뇌의 신호활성에 영향을 주는지에 대한 연구 결과로 두침군의 침자극 전후에 따른 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화에서 발침 후에 우측 Parietal Lobe, Post-central Gyrus, Somatosensory Association Cortex가 활성화되는 것으로 나타났다(Table 1). 주로 sensory자극과 일치하는 위치지만 다만 좌측이 아닌 우측에서 더 활성화되어 나타난 것은 침자극이 sensory 자극보다는 좌우 양쪽을 더 활성화시킴을 알 수 있고 좌측이 줄어든 것은 면봉자극상쇄에 의한 것과 두침 위치(좌측)로 빠서는 대측(우측)이 활성화한 것으로 고려해 볼 수 있다.

상하지침군에서의 상지(LI₁, LI₁₀)와 하지(LV₃, ST₃₆) 침자극 전후에 따른 신호 활성화변화에서 침자극 전에는 양측의 Sub-lobar, Thalamus와 Rt. Frontal Lobe Lt. Inferior Semi-Lunar Lobule가 활성화되고 침자극 후에는 양측의 Occipital Lobe, Lingual Gyrus, visual association cortex와 우측의 Parahippocampal Gyrus, Hippocampus, Limbic Lobe와 좌측의 Anterior Lobe, Culmen, Cerebellum이 활성화되는 것으로 나타났다(Table 2). 즉 침자극 후에는 좌측 Sub-lobar, Thalamus, Frontal Lobe의 활성화가 없어지고, 양측의 Occipital Lobe, Lingual Gyrus, visual association cortex와 우측의 Parahippocampal Gyrus, Hippocampus, Limbic Lobe, 좌측의 Anterior Lobe, Culmen, Cerebellum이 더 활성화되는 것으로 보아 발침 후에도 두침군과 마찬가지로 뇌의 활성이 지속됨을 알 수 있으나 두침군이나 동일 혈자리의 sensory 자극보다 신호 활성이 더 많고 다양한 부위에서 활성화되며, 활성화부위로 보아 4곳의 혈자리 중 ST₃₆ 자극

시 활성화되었던 Occipital Lobe, visual association cortex, Cerebellum이 더 활성화됨을 알 수 있어 4곳의 혈자리 중 ST₃₆ 자극이 가장 강하게 활성화신호를 나타내는 것으로 보인다. 단 우측에서만 Parahippocampal Gyrus, Hippocampus, Limbic Lobe이 활성화된 것은 좌측은 상쇄되어 없어져서 우측이 더 활성화 되어 나타난 것으로 고려된다.

두침군과 상하지침군의 두 군 간의 침자극 전·후 BOLD fMRI 신호 활성화의 변화를 관찰한 결과, 두침군은 특이적으로 활성화부위는 거의 같은데 우측의 Pre-Post central Gyrus, Frontal Lobe, Parietal Lobe, Primary Somatosensory Cortex(BA 3), Primary Motor Cortex에서 상하지침군보다 더 활성화되는 것으로 나타났고, 상하지침군은 좌측에서 활성화부위가 더 많은데, 좌측의 Frontal Lobe, Precentral Gyrus와 양측의 Parietal lobe, Postcentral Gyrus와 Primary Somatosensory Cortex(BA 2)에서 더 활성화를 보였다(Table 3). 이는 상하지침군은 자침 위치와 면봉자극 위치가 동일하여 자극의 상승작용으로 활성화부위가 더 많고, 두침은 좌측머리에 놓은 침과 우측 하지의 자극이 상쇄되었거나, 두침자극이 대측(여기선 우측) 부위에까지 자극전달이 더 활발하였는지는 더 연구해야 할 것으로 사료된다.

우리 몸의 감각계(sensory system)는 의식적, 무의식적으로 외부환경에 대한 신체 내외 기관을 인지하고 조절하는 기능을 한다. Sensory system(감각계)은 외감각(exteroceptive sensation), 내감각(interoceptive sensation), 고유감각(proprioception sense)으로 구성된다. 이 중 외감각은 외부 자극이나 외부 환경 변화를 감지하는 것으로 pain(통각), temperature(온도감각), position(위치감각), touch(촉각)를 감지하며 임상적으로는 말초 일차 감각기능(primary sensation)과 중추 이차 감각기능(secondary or cortical sensation)으로 나뉘며, 말초 일차 감각기능(primary sensation)은 다시 표재성 감각(superficial sensation)과 심부성 감각(deep sensation)으로 구분되는데 표재성 감각에 통각(pain), 온도감각(temperature), 가벼운 촉각(light touch), 압각(pressures)이 있고, 심부성 감각에 위치감각(position sense), 진동감각(vibration), 심부압력(deep pressure), 심부동통(deep pain)이 있다. 따라서 침자극과 면봉자극은 외감각 중 말초 일차 감각기능(primary sensation)이며 표재성 감각(superficial sensation)에 해당된다. 이런 자극은 Receptor를 통해 감지되며 Receptor는 기계적, 화학적, 광학적 에너지

를 전기적 신호로 바꾸는 역할을 하며 여기서 발생한 action potential은 특별한 감각경로를 통해 중추신경계로 전달된다.

다양한 외부자극은 각각의 감각 수용체(sensory receptor or sensory end organ)에서 수용하여 말초신경에 의해 central nervous system까지 도달하며, 후근신경절(dorsal root ganglia), 척수(spinal cord), 뇌간(brain stem), 시상(thalamus)에서 피질(cortex)까지 특정 경로를 따라 주행한다. 즉 Somatosensory system의 경로는 임상적으로 3단계로 구성된 neuron으로 나눌 수 있다. 1차 neuron은 receptor neuron으로 그 세포체는 dorsal root ganglia이나 뇌신경의 somatic afferent ganglion에 존재한다. 여기서 나온 axon의 말초성 분지는 receptor에 분포하거나 free nerve ending으로 끝나고, 중추성 분지는 dorsal root를 통해 척수 또는 brain stem으로 들어간다. 하나의 dorsal root에 의해 신경지배를 받는 피부영역을 dermatome이라고 한다. 2차 neuron의 세포체는 척수의 dorsal horn 또는 medulla에 위치한다. 이들의 axon은 반대편으로 교차하여 주로 척수의 백질에 있는 특별한 경로(tract, fasciculus)를 통해 somatotopic organization을 유지한 채 thalamus까지 올라간다. 3차 neuron의 세포체는 thalamus에 위치하는데 몸통이나 사지에서 온 감각은 ventral posterolateral(VPL) nucleus에, 얼굴에서 온 감각은 trigeminal nerve를 경유해 ventral posteromedial(VPM) nucleus에 중지한다. Thalamus neuron의 axon은 thalamocortical radiation을 통해 parietal lobe의 postcentral gyrus에 위치한 primary somatosensory cortex에 중지하여 감각의 식별에 중요한 역할을 한다. 다시 말해서 dorsal column-medial lemniscal pathway, trigeminothalamic pathway, anterolateral system(spinothalamic, spinomesencephalic, spinoreticular pathway 등) 및 spinocerebellar pathway의 4가지 경로를 통해 대뇌로 전달된다^{35,37}.

상하지에 면봉 자극을 준 경우 자극 전달경로는 상지 및 하지에서 올라온 감각은 medulla의 nucleus gracilis와 nucleus cuneatus에서 각각 2차 synapse한 뒤 internal arcuate fiber를 통해 반대쪽으로 건너가서 medial lemniscus를 통해 thalamus(VPL nucleus)에서 3차 synapse한다. 이후 internal capsule의 posterior limb을 따라 primary somatosensory cortex로 투사된다.

한편 두침자극은 trigeminothalamic pathway에 따

라 얼굴과 머리에서 유래한 pain, temperature 감각은 5뇌신경을 따라 전달되며 1차 감각 neuron의 세포체는 gasserian (semilunar) ganglion에 있다. 여기서 나온 axon이 동측 pons로 들어가 spinal trigeminal tract를 따라 경수(C2)까지 내려가면서 2차 neuron인 spinal trigeminal tract nucleus와 여러 곳에서 synapse한다. 이후 반대쪽으로 건너 올라가서 thalamus의 VPM nucleus와 synapse한 뒤 internal capsule의 posterior limb을 통해 parietal lobe로 투사된다. 본 연구에서도 대측에 해당되는 우측 parietal lobe, Postcentral Gyrus가 활성화됨을 볼 수 있다(Table 1).

또 상하지의 침자극은 Anterolateral system 중 spinothalamic pathway로 생각된다. Pain, temperature, nondiscriminative(light, crude) touch를 전달하는 경로를 모두 합쳐서 anterolateral system이라 하며 direct 및 indirect pathway로 나뉜다. Direct pathway인 (neo)spinothalamic pathway는 국소화(localization)가 가능한 pain, temperature 감각을 척수에서 곧바로 thalamus를 거쳐 대뇌피질로 빠르게 전달하는 경로이기에 임상적으로 매우 중요하다. 반대쪽 상하지 및 몸통에서 유래한 pain, temperature, nondiscriminative touch 감각을 전달하는 경로로 receptor는 모두 free nerve ending의 형태를 띠며 lightly myelinated A δ 또는 unmyelinated C fiber를 통해 전달된다. Nociceptor(pain receptor)는 기능적으로 A δ high-threshold mechanical nociceptor와 C-polymodal nociceptor의 2가지로 나뉜다. 전자는 기계적 자극에 반응하고 국소화가 가능하며 찌르는 듯한 통증(pricking/sharp pain)으로 표현되는 전도속도가 빠른 통증(fast/first pain)을 A δ 섬유를 통해 전달한다. 후자는 기계적 자극뿐 아니라 화학적, 온도자극에도 반응하며, 통증부위가 넓고 빠르며(dull aching/burning), 전도속도가 느린 통증(slow/second pain)을 C 섬유를 통해 전달한다. 이 (Neo)spinothalamic pathway는 nociceptor 신호가 A δ 섬유를 통해 척수의 posterolateral fasciculus(Lissauer tract)을 통해 들어간 뒤에 분지하여 위아래로 2-3분절(segment) 주행한다. 이때 아래로 내려간 섬유는 척수 회백질의 interneuron과 synapse하여 segmental spinal reflex에 관여한다. 위로 올라간 섬유는 dorsal horn에 있는 2차 neuron에서 synapse한 뒤 ventral white commissure를 통과해 반대쪽 백질(척수의 전측부)을 통해 thalamus(VPL nucleus)로 올라간 뒤 primary sensory cortex에 투사하므로 두침군과 상하지침군을

비교했을 때 상하지침군에서 좌측의 Frontal Lobe, Precentral Gyrus, Postcentral Gyrus, Subcentral area, Parietal Lobe와 우측의 Parietal lobe, Postcentral Gyrus와 Primary Somatosensory Cortex (Table 3)에서 활성화를 보여 이 경로를 따르는 것을 보여 준다.

한편 침자극 전·후를 비교했을 때 상하지침군에서 Cerebellum, Occipital Lobe, visual association cortex, Posterior Lobe(Table 2)에서 활성을 보였는데 이는 두 가지로 생각해 볼 수 있다. 피험자가 눈을 감고 fMRI촬영을 하였으나 눈동자의 움직임으로 인한 변수가능성이나 기존 연구에서 보면 주된 신호 활성부위 중의 하나이므로 가능성은 적다고 본다. 그렇다면 다른 하나는 침자극이 spinocerebellar tract에도 관여하는지 여부이다. Unconscious proprioception은 dorsal 및 ventral spinocerebellar tract를 통해 소뇌로 전달되어 자세와 운동에 대한 무의식적인 조절에 관여하는데 이들은 척수의 intermediate gray matter에 있는 neuron에서 유래하고, 큰 직경의 섬유를 통한 빠른 전도속도를 나타내며 하지로부터의 정보를 동측과 대측 소뇌로 전달한다. Dorsal spinocerebellar tract과 cuneocerebellar tract은 근육에서 발생한 proprioception과 exteroceptive signal을 소뇌로 빠르고 효율적으로 전달하는 역할을 함으로써 cortical 및 subcortical motor nucleus에 대한 소뇌의 영향을 통해 fine motor control이 가능하도록 feedback control 한다. Ventral(anterior) spinocerebellar tract은 Spinal ganglion의 1차 neuron axon이 척수의 intermediate gray matter에서 synapse 한 뒤 반대쪽으로 건너가 ventral spinocerebellar tract를 형성해 pons까지 올라간다. 여기서 동측 superior cerebellar peduncle을 통해 소뇌로 들어간 뒤 대부분의 섬유가 반대쪽 소뇌 전엽에 종지한다. 따라서 침자극 후 좌우측 모두 cerebellum의 활성을 볼 수 있지 않나 생각되나 이에 대한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

이상을 종합해 보면, 4곳의 혈자리에 sensory 자극(면봉자극)을 주었을 때 양측성으로 감각을 받아들이지만 반대쪽에서 오는 감각이 더 우세하며, 고급 대뇌 피질기능과 거의 일치하나 ST₃₆ 자극시는 Inter-Hemispheric외에도 Frontal Lobe, Parietal Lobe, Posterior Lobe, Cerebellum 등 좀 더 다양하게 활성화되었고, 두침군은 그룹내, 그룹간 자침 전후에 따른 신호 활성변화에서 자침 전보다 자침 후가 더 활성화되어 자침 뒤 발침 후에도 자극이 지속됨을 알 수 있

고 좌측에 침을 놔는데 우측이 더 활성화 되는데 이는 두침 역시 좌우 모두 활성이 되지만 좌측은 면봉자극으로 두뇌활성이 상쇄되었거나, 두침군의 자침 위치로 보서는 대측인 우측이 더 활성화 되는 것으로 생각되며, 상하지침군 역시 발침 후에도 두뇌활성이 관찰되고, 침자극이 전형적으로 대측에서 더 활성화됨을 알 수 있으며, 대측으로 오는 면봉자극을 상쇄해도 침자극은 면봉자극과는 다른 신호 활성을 보여준다.

본 연구는 기존 연구의 일정한 혈자리를 자극한 후 활성화되는 뇌의 특정부위를 찾는 연구^{24-27,36)}와 달리 4곳의 상하지 혈자리에 sensory자극을 주면서 두침혈 4곳에 침자극을 준 군과 4곳의 상하지에 침자극을 준 상하지침군으로 나눠 발침 후의 침자극 지속효과 여부와 두군 간의 침자극의 뇌활성 신호차이를 비교자하는 연구로 혈자리별 개개의 특성을 알아보는 연구 디자인과는 다소 차이가 있고 정확한 혈자리별 침자극을 반영하는 것이 아니라서 결과에 포함시키지는 않았다. 다만, 참고로 혈자리별 특성을 분석한 결과 4곳의 혈자리별 자침 전·후 면봉자극을 비교할 때 LI₁의 경우는 자침 후가 대측(좌측)이나 양측으로 더 활성화됨을 보이고 특히 Limbic Lobe, Anterior Cingulate가 더 활성화됨을 보여 이는 LI₁이 더 강한 통증을 동반한 정서자극으로 반응한 것으로 생각된다. LI₁을 제외한 LI₁₀, LV₃의 상하지침군은 공포나 본능적 정동행위와 관계된 변연계³⁸⁾, 즉 Limbic Lobe, Anterior Cingulate의 신호 활성이 자침 후에는 도리어 없어져서 뇌에서 감각정보의 흐름을 뇌자체가 조절하는 하행무통각회로(desending analgesia circuit)에 작용 통각신호가 뇌로 상행하는 것을 억압하여 통증조절기전에 관여하는지에 대한 혈자리별 개개 특성에 대한 침연구를 추후 병행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

평균연령 30세인 정상인 여성을 대상으로 두침군 5명 상하지침군 5명으로 나누어 상하지침군은 우측 LI₁(상양), LI₁₀(수삼리), LV₃(태충), ST₃₆(족삼리) 4곳을 20분간 침자극 후 발침하였으며, 두침군은 좌측 감각구의 상지와 하지에 해당하는 4곳 대략적으로 좌측 사신충(HN₁), 승령(GB₁₈), 천충(GB₉), 각손(TH₂₀)을 20분간 침자극 후 발침하였다. 두 군 모두 자침전·후로

각각 우측 LI₁, LI₁₀, LV₃, ST₃₆을 면봉으로 21초 Block으로 3회 반복하여 혈액 산화에 의한 뇌 기능 영상(BOLD fMRI)을 이용하여 뇌 및 체성감각피질의 신호 활성화(signal activation)의 변화를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. sensory자극(면봉자극)을 주었을 때 양측성으로 감각을 받아들이지만 반대쪽에서 오는 감각이 더 우세하여, 좌측의 Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, primary somato-sensory cortex(BA 1, 2, 3), primary motor cortex(BA 4)가 주로 활성화되었으며, 고급 대뇌피질기능과 거의 일치하나 족삼리 자극시는 Inter-Hemispheric 외에도 Frontal Lobe, Parietal Lobe, Cerebellum, Posterior Lobe 등이 좀 더 다양하게 활성화되었다.
2. 좌측 두침군의 침자극전·후에 따른 신호 활성화에서 두침자극 후 발침 후에도 신호 활성화가 있으며 우측의 Somatosensory Association Cortex, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe가 더 활성화되는 것으로 나타났다.
3. 우측 상하지침군의 침자극전·후 비교를 보면 역시 발침 후에도 신호 활성화가 있으며 좌우측의 Occipital Lobe, Lingual Gyrus, visual association cortex, Cerebellum이 활성화되는 것으로 나타났다.
4. 두침군과 상하지침군 간의 신호 활성화 비교시 상하지침군은 주로 좌측의 frontal Lobe, Precentral Gyrus와 양측의 parietal lobe, Postcentral Gyrus와 Primary Somatosensory Cortex(BA 2)에서 활성화를 보였고, 두침군은 특이적으로 활성화부위는 거의 같은데 central Gyrus를 중심으로 활성화가 우측의 Pre-Post central Gyrus, Primary Somatosensory Cortex BA 3), Primary Motor Cortex와 frontal Lobe, Parietal Lobe에서 활성화되는 것으로 나타났다.

VI. 참고문헌

1. 조기호, 이재동. 과학적인 침구임상. 서울 : 군자출판사. 2005 : 34-41.
2. 왕단위, 이교국, 가회욱. 두피침치료학. 북경 : 인

- 민위생출판사. 1994 : 6-49.
3. 하치홍, 한상균, 조명래, 유충렬, 이병열. 체침과 두침을 시행한 중풍환자 29례의 임상고찰. 대한침구학회지. 2001 ; 18(4) : 82-90.
 4. 장석근, 김영화, 강재희, 김정호, 임윤경, 이현, 이병열. 두침을 시행한 요추간판탈출증환자 30례에 대한 임상고찰. 대한침구학회지. 2003 ; 20(5) : 252-60.
 5. Yoshiura T, Wu O, Sorensen AG. Advanced MR techniques: diffusion MR imaging, perfusion MR imaging, and spectroscopy. *Neuroimaging Clin N Am*. 1999 ; 9(3) : 439-53.
 6. Lejeune H, Maquet P, Bonnet M, Casini L, Ferrara A, Macar F, Pouthas V, Timsit-Berthier M, Vidal F. The basic pattern of activation in motor and sensory temporal tasks: positron emission tomography data. *Neurosci Lett*. 1997 ; 235(1-2) : 21-4.
 7. Ramsey NF, Kirkby BS, Van Gelderen P, Berman KF, Duyn JH, Frank JA, Mattay VS, Van Horn JD, Esposito G, Moonen CT, Weinberger DR. Functional mapping of human sensorimotor cortex with 3D BOLD fMRI correlates highly with H₂(15)O PET rCBF. *J Cereb Blood Flow Metab*. 1996 ; 16(5) : 755-64.
 8. Stern E, Silbersweig DA. Advances in functional neuroimaging methodology for the study of brain systems underlying human neuropsychological function and dysfunction. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2001 ; 23(1) : 3-18.
 9. Connelly A, Jackson GD, Frackowiak RS, Belliveau JW, Vargha-Khadem F, Gadian DG. Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system. *Radiology*. 1993 ; 188(1) : 125-30.
 10. Rao SM, Binder JR, Hammeke TA, Bandettini PA, Bobholz JA, Frost JA, Myklebust BM, Jacobson RD, Hyde JS. Somatotopic mapping of the human primary motor cortex with functional magnetic resonance imaging. *Neurology*. 1995 ; 45(5) : 919-24.
 11. Hammeke TA, Yetkin FZ, Mueller WM, Morris GL, Haughton VM, Rao SM, Binder JR. Functional magnetic resonance imaging of somato-sensory stimulation. *Neurosurgery*. 1994 ; 35(4) : 677-81.
 12. Ogawa S, Tank DW, Menon R, Ellermann JM, Kim SG, Merkle H, Ugurbil K. Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping with magnetic resonance imaging. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1992 ; 89(13) : 5951-5.
 13. Ogawa S, Menon RS, Tank DW, Kim SG, Merkle H, Ellermann JM, Ugurbil K. Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast magnetic resonance imaging. A comparison of signal characteristics with a biophysical model. *Biophys J*. 1993 ; 64(3) : 803-12.
 14. Turner R, Jezzard P, Wen H, Kwong KK, Le Bihan D, Zeffiro T, Balaban RS. Functional mapping of the human visual cortex at 4 and 1.5 tesla using deoxygenation contrast EPI. *Magn Reson Med*. 1993 ; 29(2) : 277-9.
 15. Jack CR Jr, Thompson RM, Butts RK, Sharbrough FW, Kelly PJ, Hanson DP, Riederer SJ, Ehman RL, Hangiandreou NJ, Cascino GD. Sensory motor cortex: correlation of presurgical mapping with functional MR imaging and invasive cortical mapping. *Radiology*. 1994 ; 190(1) : 85-92.
 16. Binder JR, Swanson SJ, Hammeke TA, Morris GL, Mueller WM, Fischer M, Benbadis S, Frost JA, Rao SM, Haughton VM. Determination of language dominance using functional MRI: a comparison with the Wada test. *Neurology*. 1996 ; 46(4) : 978-84.
 17. Kim YJ, Chang KH, Song IC, Kim HD, Seong SO, Kim YH, Han MH. Brain abscess and necrotic or cystic brain tumor: discrimination with signal intensity on diffusion-weighted MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 1998 ; 171(6) : 1487-90.
 18. Shin JH, Lee HK, Kwun BD, Kim JS, Kang W, Choi CG, Suh DC. Using relative cerebral blood flow and volume to evaluate the histopathologic grade of cerebral gliomas: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol*. 2002 ; 179(3) : 783-9.

19. Bitzer M, Klose U, Geist-Barth B, Nagele T, Schick F, Morgalla M, Claussen CD, Voigt K. Alterations in diffusion and perfusion in the pathogenesis of peritumoral brain edema in meningiomas. *Eur Radiol.* 2002 ; 12(8) : 2062-76.
20. Ishimaru H, Morikawa M, Iwanaga S, Kaminogo M, Ochi M, Hayashi K. Differentiation between high-grade glioma and metastatic brain tumor using single-voxel proton MR spectroscopy. *Eur Radiol.* 2001 ; 11(9) : 1784-91.
21. Rossini PM, Altamura C, Ferreri F, Melgari JM, Tecchio F, Tombini M, Pasqualetti P, Vernieri F. Neuroimaging experimental studies on brain plasticity in recovery from stroke. *Eura Medicophys.* 2007 ; 43(2) : 241-54.
22. Yuen KS, Lee TM, Wai YY, Liu HL, Mok EN, Li LS, Chan CC. Cortical reorganization for response regulation with unilateral thalamic stroke detected by functional MRI. *Neurorehabil Neural Repair.* 2007 ; 21(5) : 467-71.
23. Kwon YH, Lee CH, Ahn SH, Lee MY, Yang DS, Byun WM, Park JW, Jang SH. Motor recovery via the peri-infarct area in patients with corona radiata infarct. *NeuroRehabilitation.* 2007 ; 22(2) : 105-8.
24. Hui KK, Liu J, Marina O, Napadow V, Haselgrove C, Kwong KK, Kennedy DN, Makris N. The integrated response of the human cerebro-cerebellar and limbic systems to acupuncture stimulation at ST₃₆ as evidenced by fMRI. *Neuroimage.* 2005 ; 27(3) : 479-96.
25. Cho ZH, Chung SC, Jones JP, Park JB, Park HJ, Lee HJ, Wong EK, Min BI. New findings of the correlation between acupoints and corresponding brain cortices using functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1998 ; 95(5) : 2670-3.
26. Jeun SS, Kim JS, Kim BS, Park SD, Lim EC, Choi GS, Choe BY. Acupuncture stimulation for motor cortex activities: a 3T fMRI study. *Am J Chin Med.* 2005 ; 33(4) : 573-8.
27. Zhang WT, Jin Z, Luo F, Zhang L, Zeng YW, Han JS. Evidence from brain imaging with fMRI supporting functional specificity of acupoints in humans. *Neurosci Lett.* 2004 ; 354(1) : 50-3.
28. Yan B, Li K, Xu J, Wang W, Li K, Liu H, Shan B, Tang X. Acupoint-specific fMRI patterns in human brain. *Neurosci Lett.* 2005 ; 383(3) : 236-40.
29. 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. *Neuro-radiology.* 2004 ; 46(5) : 359-62.
30. Zhang WT, Jin Z, Cui GH, Zhang KL, Zhang L, Zeng YW, Luo F, Chen AC, Han JS. Relations between brain network activation and analgesic effect induced by low vs. high frequency electrical acupoint stimulation in different subjects: a functional magnetic resonance imaging study. *Brain Res.* 2003 ; 982(2) : 168-78.
31. Khushu S, Kumaran SS, Tripathi RP, Gupta A, Jain PC, Jain V. Functional magnetic resonance imaging of the primary motor cortex in humans: response to increased functional demands. *J Biosci.* 2001 ; 26(2) : 205-15.
32. Talairach J, Tournoux P. *Co-Planar Stereotactic Atlas of the Human Brain.* New York : Thieme Medical Publishers. 1998.
33. 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.
34. Luria AR. Frontal lobe syndrome. In: Vinken PJ, Bruyn GW (eds). *Handbook of Clinical Neurology.* Vol 2. Amsterdam : Elsevier Science Publishers. 1969 : 725-59.
35. Benson DF, Geschwind N. Psychiatric conditions associated with focal lesions of the central nervous system. In: Arieti S, Reiser MF(eds). *American Handbook of Psychiatry.* Vol 4. New York : Basic Books. 1975 : 208-43.
36. 조장희, 황선출, 손영돈, 강창기, Edward K Wong, 배선준, 이연정, 성강경, 박태석, 김영보, 민훈기, Terry Oleson. 침의 진통효과: 체성감각신경자극

- 으로 유도된 진통작용에 대한 기능성자기공명상장치를 이용한 연구. 대한침구학회지. 2004 ; 21(2) : 57-69.
37. Benarroch EE, Westmoreland BF, Daube JR, Reagan TJ, Sandok BA. Medical neurosciences: An approach to anatomy, pathology, and physiology by systems and levels. 4th ed. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 1999 ; 151-92, 249-88.
38. Bush G, Luu P, Posner MI. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. Trends in Cognitive Sciences. 2000 ; 4 : 215-22.