

3.0T 자기공명영상장치를 이용한 사람의 간지럼자극과 감각중추 자극의 활성화 차이

Difference of fMRI between the Tickling and Sensory Stimulation Using 3,0 Tesla MRI

강현수, 임기선, 한동균
울지대학교 보건과학대학 방사선학과

Hyun-Soo Khang(medimage@daum.net), Ki-Seon Lim(lks7491@naver.com),
Dong-Kyoon Han(handk@eulji.ac.kr)

요약

기능적 자기공명영상법(fMRI)을 이용하여 일반 감각 자극과 다른 간지럼 자극 과제를 수행 할 때 대뇌 감각중추 신경 연결망을 규명하고, 간지럼이 웃음의 기전과 어떤 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 건 강한 성인 남녀 16명(평균 : 28.9세)을 대상으로 두 종류의 감각 자극 과제 수행동안 3.0T 자기공명영상 장치를 사용하여 기능적 자기공명영상을 얻었다. 감각 자극은 피험자마다 역균형화하여 제시되었으며, 블록 설계로 자극 제시와 영상 획득이 이루어졌다. 획득된 영상 데이터는 SPM 99 분석하였으며, 개별 분석 과 그룹 분석을 실시하였다. 개별 분석 결과 두 과제 모두 체감각 영역의 활성화가 관찰되었고, 간지럼 자극 조건은 감각자극 조건에 비해 베리니케 영역(BA40)에서 더 많은 활성화를 보였다. 또한, 그룹 분석 결과 일반 감각 조건에서는 양쪽 체감각 피질 영역(BA 1,2,3)이 활성화되었으며, 간지럼 조건에서는 양쪽 체감각 피질 뿐만 아니라 시상, 대상회, 대뇌섬엽 영역에서 커다란 활성화를 보였다. 간지럼 자극에서 감각 자극을 뺀 결과에서는 우측 대상회와 좌측 MFG 영역 및 좌측섬엽 에서 유의미한 활성화를 보였다. 촉각 을 통한 간지럼자극을 인지하는 대뇌영역에 대해 검증하였고, 간지럼과 같은 가장 원초적인 자극이 다양한 사회적 활동에서 중요한 기능을 담당하는 웃음과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | 뇌 | 기능적 자기공명영상 | 간지럼 자극 | 기능 |

Abstract

This study was performed to identify the cerebral network associated with sensation through the tickling stimulation, which is distinctive from the rest of other networks processing normal stimulation and to investigate the difference of laughing mechanism which is closely related to tickling using functional MRI(fMRI). A 16 healthy volunteers (mean age: 28.9) on a 3.0T MR scanner during two sensation conditions. Counterbalanced stimulus were presented across the participants, and the stimulation was used block design. Acquired data was analyzed by the statistical parametric mapping (SPM 99). Subject and group analysis was performed. Individual analysis showed the activation of somatic sensation area in both tasks and the tickling sensation test showed more activated area in the Wernicke's area(BA40) compared to the normal sensation. The group analysis result shows that under normal stimulations, both sides of somatosensory cortices(BA 1,2 and 3) were activated and under tickling stimulation, not only the cortices but also those huge activation on thalamus, cingulate gyrus and insular lobe were detected. When the tickling was stopped, significant activations were shown in right cingulate gyrus, left MFG area and left insular lobe. A cerebral area responsible for recognizing tickling sensation was examined and the primitive stimulation such as tickling is much closely related to laugh, which is an important factor for various social activities.

■ keyword : | Brain | Functional MRI | Tickling Stimulation | Function |

I. 서론

인간의 감각기관은 외부 환경으로부터 다양한 자극을 입력받아 이를 처리한다. 이 중 촉감은 직접적이며 근접 자극에 대한 감각 반응으로 다양한 정서적, 인지적 반응을 일으킨다. 최근의 신경 영상 연구들은 촉각 자극에 대한 반응이 복잡한 대뇌 신경망에 의해 처리됨을 보여준다. 특히 간지럼과 같은 촉감은 정서 관련 영역뿐만 아니라 인지 관련 영역도 함께 활성화시키는 것으로 보고되고 있다[1][3][5][6][9][10].

그러나 간지럼 자극에 대한 촉감이 다른 감각과 어떻게 구분되는 신경 시스템을 가지고 있는지, 웃음과 같은 고차원적 기능과 어떤 관계를 가지는지에 대해서는 아직 명확히 밝혀지지 않았다. 체감각 정보는 감각 양상에 따라 구분되는 신경 경로 뿐 만 아니라 대뇌에서도 구분되는 수용영역을 가진 것으로 보인다[8]. 촉감은 자극의 강도나 질, 자극 제시의 방법 등에 따라 미세한 차이인데도 불구하고 체감각 영역 이외에 다양한 두뇌 영역의 활성화를 가져온다. 뿐만 아니라, 웃음과 같은 고차원적인 사회적 기능을 수행하는데 밀접한 관련을 가지고 있을 뿐 아니라, 예측이나 기대시에는 간지럼에 대한 생리적 반응 뿐 만 아니라 두뇌의 활성화도 나타나지 않는다[2][4].

다양한 감각에 대한 연구가 다양한 수준에서 이루어졌다고 하지만, 촉각의 신경망에 대해서는 아직도 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 이상의 연구 결과들은 대개가 생리적 수준이나 심리적 수준에서 촉감의 대뇌 신경망에 대해 연구하거나 자극이나 도구의 종류에 따라 구분되는 대뇌 활성화를 살피는데 그쳤다. 동일한 신체 감각이면서도 간지럼과 촉감이나 일반 감각간에 구분되는 신경 표상에 대해서는 아직 연구가 많지 않은 실정이다. 또한, 피부 자극을 통해 유발되는 체감각은 대뇌피질 본래의 섬세한 흥분 뉴런과 달리 다양한 뉴런의 동시적 활성화를 가져오기 때문에, 간지럼을 통해 유발되는 웃음이나 대뇌의 활성화가 단순한 감각 자극 처리와 구분되는지, 또는 정도의 차이만을 보이는 반응인지에 대해서는 명확하게 알려지지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 간지럼이 단순 감각 반응과 구분되는 대뇌 정보 처리 시스템을 가지고 있는지, 만약 그렇다면 웃

음과 같은 사회적 상호작용과 간지럼 반응이 직접적인 관련성이 있는지를 연구하였다. 이를 위해 미세하면서 복합적으로 유발되는 감각 신호에 대해 구분된 대뇌 표상을 규명하기 위해 3.0 테슬라의 높은 공간 해상도를 가진 MRI 기기를 사용하였으며, 정상인 피험자를 대상으로 간지럼 제시시의 생리적이거나 행동적 반응뿐만 아니라 간지럼 강도에 대한 인지적 평가 반응까지 함께 측정하였다. 따라서 본 연구에서는 기능적 자기공명영상을 통하여 일반 감각 자극의 대뇌 연결망과 구분되는 간지럼 자극을 통해 감각에 관여하는 대뇌 연결망을 규명하고자 하였다. 더 나아가, 감각 정보 처리를 넘어서 간지럼과 밀접하게 관련된 반응인 웃음의 매커니즘과 어떤 유사점과 차이점을 가지는지에 대해서도 규명하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 대상

연구대상으로는 2009년 06월부터 2009년 9월 사이에 건강한 성인 남녀 16명(평균: 28.9세, 오른손잡이: 14명, 왼손잡이: 2명)을 대상으로 하였다.

2. fMRI 실험

fMRI를 얻기 위하여 사용된 장비는 3.0T MR Scanner(Achieva, Philips Medical Systems, Netherland)를 사용하였고, 영상기법은 Echo Planar Image-Blood Oxygenation Level Dependent 기법으로서 이때 사용된 영상변수로는 TR/TE = 3000/35 msec, 숙입각(flip angle) 90°, FOV(field of view) 23 cm×23 cm, matrix 128×128, 절편두께 4 mm, 절편간격 0 mm, NEX(number of excitation) 1로 하였고, 전교련(anterior commissure: AC)과 후교련(posterior commissure: PC)을 연장한 AC-PC 선을 기준으로 하여 35개의 횡단면의 영상을 얻었다. 고해상도 해부학적 영상은 T1강조영상(T1 weighted image: T1WI)을 사용하였고, 반복시간(repetition time: TR)/에코시간(time to echo: TE) = 9.9 msec/4.6 msec를 사용하여 측

상면의 영상을 획득하였다. 이때 사용된 영상범위(field of view: FOV)는 23 cm × 23 cm, matrix의 크기는 220×220, NEX(number of excitation)는 1, 절편두께는 1 mm로 하였다.

자극 제시는 뇌 영상 연구에서 가장 기본적인 설계인 블록 설계(block design; box-car design)로서 휴지기와 활성화기(일반감각 또는 간지림 감각 조건)가 30초 동안 번갈아 제시되도록 구성하였으며, 각각의 통계기 및 활성화기에 단면당 10회의 영상을 얻었다. EPI 영상이 평형기(equilibrium state)를 이루기 전의 높은 신호를 보정하기 위해 5초간의 모조영상(dummy scan)을 활성화 영상을 얻기 전에 추가로 얻었으며, 총 영상획득시간은 모조영상을 포함하여 245초가 소요되었다. 피험자로 하여금 간지림 자극에 대해 미리 예측할 수 있는 요인을 배제하기 위해 간지림 자극과 일반 감각 자극 제시를 피험자마다 역균형화하여 제시하였다. 일반 감각 자극은 선행 연구에서 보고된 수세미를 통해 제시하였으며, 간지림 자극 제시를 위한 도구는 영상획득 전에 사전 검사와 설문을 통해 선택되었다. 2009년 5월에 실시된 모 단체 보수교육장에 참여한 인원을 대상으로 하였으며, 총 21명의 응답자 중에서 11명이 선택한 면봉이 간지림 제시 도구로 선정되었으며, 자극 제시 신체 부위는 발바닥으로 선정하였고 자극의 위치는 발바닥 양측으로 선정하였다.

3. 영상후처리 및 분석방법

영상 데이터 분석은 MATLAB(Mathworks, Inc.) 환경에서 구현되는 SPM99 프로그램 (Statistical Parametric Mapping 99, The Wellcome Department of Cognitive Neurology, University College London, UK)을 이용하였다. 실험 중에 발생하는 움직임에 의한 오류를 제거하고 표준화된 영상을 얻기 위하여 움직임 보정 (motion correction)과 재정렬(realignment) 과정을 거친 후, ANCOVA를 적용하여 Talairach space 상에서 global normalization을 하였고 EPI 영상은 128×128의 평면해상도와 3 mm 단면두께로 격자화되어 있으므로 거친 영상들의 신호대 잡음비(signal to noise ratio: SNR)를 높이기 위해 Gaussian filter를 사

용하였다.

일반선형모델(General Linear Model)을 사용하여 각 피험자별로 모수 추정 모델을 만들고 평가한 후, 휴지 조건과 활성화 조건 간에 차이를 보이는 영역을 검정하였다. 일반 감각 조건이나 간지림 감각조건 시 휴지기에 비해 유의미한 활성화를 보이는 영역은 유의수준 $p(\text{uncorrected}) < 0.001$, voxel 크기 = 20 수준에서 검정하였다. 각 피험자별 대조 영상을 모아서 그룹 분석을 실시하였으며, 일표본 t 검정, 짝진 표본 t 검정, 상관 분석을 통하여 유의미한 활성화를 살펴보았다. 휴지기에 비해 일반 감각 조건이나 간지림 자극 조건시의 활성화는 일표본 t 검정을 통해서 유의미성을 파악하였으며, 간지림 조건과 감각 조건시의 대뇌 활성화의 차이는 짝진 표본 t 검정을, 간지림 조건시 간지림 강도에 따라 활성화된 두뇌 영역 규명은 상관분석을 통하여 검정하였다.

III. 결과

실험된 영상의 분석결과는 두 과제간 개별분석, 그룹 분석 결과로 나누어 제시하였으며, 개별분석 결과는 결과에 대해 서술하되 도표 제시는 데이터가 방대해서 두 과제 간 비교 결과만을 제시하였다. 그룹분석 결과는 두 과제 결과와 두 과제를 비교한 결과 치를 제시하였고, 짝진 표본 t-검정을 통해 감각자극과 간지림 자극 간의 차이점을 규명하였고, 간지림 자극은 개인 간의 간지림 자극 차이를 규명하기 위해 실험설문을 바탕으로 간지림을 느낀 강도에 따른 차이점을 규명하기 위해 상관분석을 실시하였다.

1. 감각 과제 결과

개별분석에서 간지림 자극의 수행 결과는 일차 체감각피질영역(primary somatosensory cortex area BA 1, 2, 3, 5, 43)에 해당되는 중심후이랑(Post central Gyrus)의 활성화가 가장 두드러졌고 하두정엽(Inferior Parietal Lobe BA 40), 췌기전소엽(Precuneus BA 19), 도피질(Insula cortex BA 43) 등의 영역에서 활성화가 관찰되었고, 그룹분석결과에서는 두정엽의 중심후이랑(Postcentral Gyrus BA 40)과 하두정엽(Inferior

parietal Lobule BA 7)의 활성화가 관찰되었고, 측두엽에서는 상측두이랑(Superior Temporal Gyrus BA2), 측두이랑(Temporal Gyrus BA37)에서 활성화가 관찰되었으며 전두엽에서는 하전두이랑(Inferior Frontal Gyrus, BA44)에서 활성화가 관찰되었다. 감각과제에서의 그룹분석 결과는 [그림 1]과 [표 1]에 제시하였다.

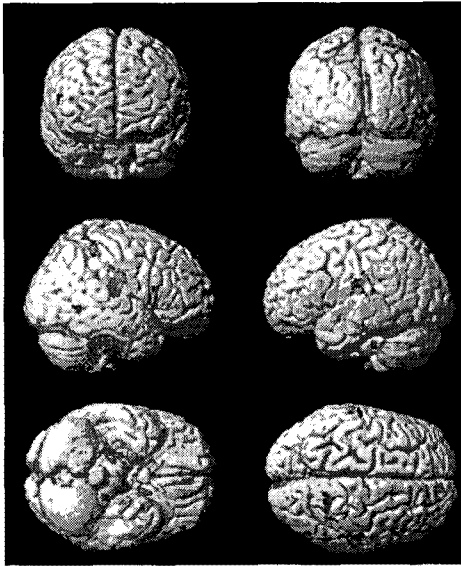


그림 1. 감각 자극 그룹분석 결과

표 1. 감각 자극 그룹분석 결과

영역	BA	Cluster Size	Z-Score	Talairach		
				x	y	z
Left Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, Gray Matter	40	377	4.55	-60	-20	-30
Right Cerebrum, Temporal Lobe, Sup. Temporal Gyrus, Gray Matter	2	323	4.13	60	-26	16
Left Cerebrum, Frontal Lobe, Inferior frontal Gyrus, Gray Matter	-	91	3.92	-52	16	12
Right Cerebrum, Posterior Lobe, Cerebella Tonsil, Gray Matter	40	21	3.9	18	-32	-36
Left Cerebrum, Parietal Lobe, Inferior parietal Lobule Gray Matter	7	76	3.87	-42	-42	52

Left Cerebrum, Sub-lobar Claustrum, Gray Matter	19	56	3.76	-34	-34	8
Left Cerebrum, Temporal Lobe Temporal Gyrus, Gray Matter	37	21	3.42	-46	-54	-4

2. 간지럼 과제 결과

개별분석에서 간지럼 과제는 감각 과제에서와 같이 1차 체감각피질영역(primary somatosensory cortex area BA 1,2,3,5,43)에서 활성화가 관찰되었고, 중심방이랑(Paracentral Gyrus BA 4) 2차체감각 중심후이랑(Post central Gyrus BA 7) 과 각이랑(Angular Gyrus BA 39), 하두정엽(Inferior Parietal Lobe BA 40) 도피질(Insular cortex BA 43) 등의 영역에서 활성화가 관찰되었다.

그룹분석에서의 간지럼 과제는 두정엽에서는 중심후이랑(Postcentral Gyrus, BA 3, 7, 37)과 측두엽은 측측두이랑(Transverse Parietal Gyrus, BA42)과 중측두이랑(Middle Parietal Gyrus BA37) 전두엽에서는 상전두이랑(Superior Frontal Gyrus BA6), 변연계에서는 BA 6과 BA24영역에 해당하는 뇌섬엽(Insula)과 시상영역(BA13)에서 활성화가 관찰되었다. 간지럼 과제의 그룹분석 결과는 [그림 2]와 [표 2]에 제시하였다.

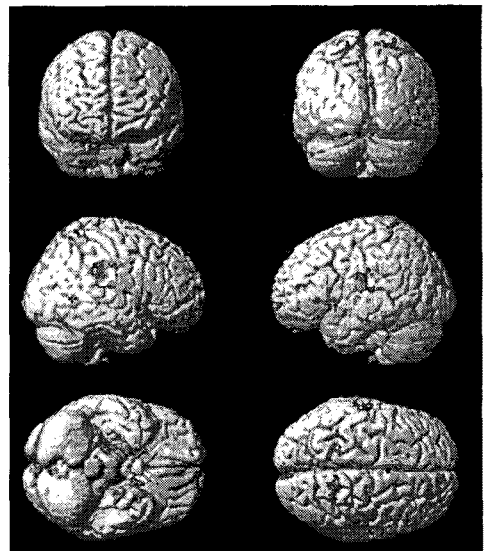


그림 2. 간지럼 자극 그룹분석 결과

표 2. 간지럼 자극 그룹분석 결과

영역	BA	Cluster Size	Z Score	Talairach		
				x	y	z
Left Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, Gray Matter	3	606	7.1	-56	-24	18
Left Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, Gray Matter	7	116	6.1	-18	-48	66
Right Cerebrum, Temporal Lobe, Transverse Temporal Gyrus, Gray Matter	40	383	5.92	58	-14	10
Right Cerebrum, Sub-Lobar, Claustrum, Gray Matter	13	125	5.87	28	10	-6
Left Cerebrum, Sub-Lobar, Thalamus, Gray Matter	13	45	5.49	-8	-18	4
Left Cerebrum, Sub-Lobar, Insula, Gray Matter	-	139	5.42	-42	6	-3
Left Cerebrum, Sub-Lobar, Insula, Gray Matter	24	35	5.25	-32	-20	14
Left Cerebrum, Limbic Lobe, Insula, Gray Matter	6	75	5.18	-6	4	42
Right Cerebrum, Parietal Lobe, Postcentral Gyrus, Gray Matter	37	22	5.14	22	-44	70
Left Cerebrum, Temporal Lobe, Middle Temporal Gyrus, Gray Matter		26	4.39	-54	-58	2

3. 기능적 자기공명영상 결과 : 두 군간의 비교

개별분석에서 감각 과제와 간지럼 과제에서 공통적으로 중심후이랑(Postcentral Gyrus), 중심전이랑(Precentral Gyrus) 중심방이랑(Paracentral Gyrus)의 활성화가 관찰되었고 차이점은 3가지로 압축할 수 있었다.

첫째, 감각 과제에서는 하두정엽(Inferior Parietal Lobe BA 10), 췌기전소엽(Precuneus BA 19)에서 활성화가 관찰되었으나 tickling task결과에서는 이 부분의 활성화를 관찰할 수 없었다.

둘째, 하두정엽(Inferior Parietal Lobe BA 40)은 Brodmann 분류기준으로 베르니케 영역(Wernike's area)에 해당되는데 sensory task에서는 23 pixel(2 mm/pixel)의 활성화를 보였으나 간지럼 과제에서는 이보다 훨씬 많은 58 pixel에서 활성화를 보였다.

셋째, 2차 체감각영역(secondary somatosensory area)에 해당되는 중심후이랑(Postcentral Gyrus BA 7)의 경우 sensory task에서는 18pixel의 활성화를 보였으나 간지럼 과제에서는 36pixel의 활성화를 보였다.

그룹분석 시 감각 자극에 비해 간지럼 자극에서 활성화를 보인 영역은 Left cerebrum의 Insula(BA13)와 Limbic Lobe의 Insula cortex(BA24), Frontal Lobe의 Subcallosal Gyrus(BA34)였고, 간지럼 자극에 비해 감각자극에서 활성화를 보인 영역은 Temporal Gyrus(BA19), Inferior Parietal Lobe(BA40), Inferior Frontal Gyrus(BA44)였다. 공통적으로 활성화를 보인 영역은 Right Parietal Lobe, Right Temporal Gyrus, Left Temporal Gyrus였다. [그림 3]은 각 자극 조건별 공통된 활성화 영역을 비교한 그림이다. 두 task의 개별분석과 그룹분석의 활성화 비교데이터는 [표 3]과 [표 4]에 제시하였다.

위 결과를 종합해 볼 때 간지럼 과제에서는 2차 체감각 영역(secondary somatosensory area BA 7)과 고급 언어정보를 처리하는 영역인 베르니케(Wernike's area BA 40)영역의 활성화가 감각 과제에 비해 두드러지는 현상은 간지럼이나 웃음 등의 메커니즘이 일반적인 감각자극에 비해 더 많은 뇌 활성화를 유발하는 것으로 사료된다.

표 3. 개별분석 감각자극과 간지럼자극의 활성화 비교

구분	영역	BA	감각 자극	간지럼 자극
Parietal Lobe	Postcentral Gyrus	1	4	2
	Postcentral Gyrus	2	14	16
	Postcentral Gyrus	3	11	8
	Paracentral Gyrus	4	7	8
	Postcentral Gyrus	5	6	14
	Precentral Gyrus	6	4	6
	Postcentral Gyrus (2ndary sensory area)	7	18	36
	Precentral Gyrus	9		1
	Inf. parietal lobe	10	1	
	Angular Gyrus (part of Wernike's area)	39	1	2
Limbic Lobe	Inf. parietal lobe (Wernike's area)	40	23	58
	Precuneus(part of visual cortex)	19	1	
	Precuneus (posterior cingulate cortex)	31	1	
	insula & pre/postcentral Gyrus	43	4	6
	Anterior Cingulate	24	8	6
	Cingulate Gyrus, Limbic Lobe	32	12	4
	Posterior Cingulate	23	2	2
	Posterior Cingulate	29	1	1
Posterior Cingulate	31	1		
Posterior Cingulate	30		1	

표 4. 그룹분석 시 감각자극과 간지럼자극의 활성화 비교

구분	영역	BA	감각 자극	간지럼 자극
Parietal Lobe	Postcentral Gyrus	2	○	○
	Postcentral Gyrus	3	×	○
	Postcentral Gyrus	5	×	○
	Sup. Frontal Gyrus	6	×	○
	Postcentral Gyrus	40	○	○
	Inferior Parietal Lobule	40	○	×
	Postcentral Gyrus	7	○	○
Insula Cortex	Left Cerebrum	13	×	○
	Limbic Lobe	24	×	○
Temporal Lobe	Temporal Gyrus	19	○	×
	Middle & inf. Temporal Gyrus	37	○	○
	Temporal Gyrus	42	○	○
Frontal Lobe	Subcallosal Gyrus	34	×	○
	Inferior Frontal Gyrus	44	○	×

공동 활성화 영역 비교

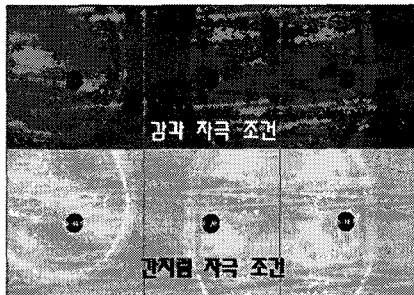
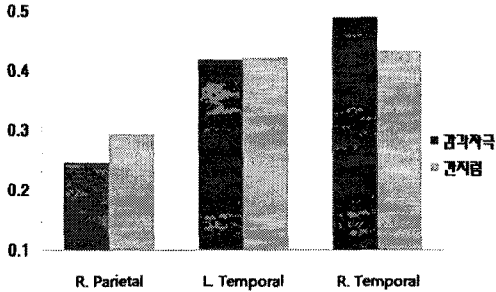


그림 3. 각 자극별 공동된 활성화 영역 비교

4. 간지럼자극에서 감각자극을 뺀 결과

감각 자극보다는 간지럼 자극에서 더 많은 활성화가 관찰되었는데, 감각 자극에 비해 간지럼 자극 처리 시

우측대뇌 후두엽(BA19), 변연계의 우측대상회(BA31), 전두엽의 MFG(BA6), 좌측대뇌섬엽(BA13)에서 활성화를 관찰할 수 있었다. 표에 제시하지 않았지만, 감각 자극에서 간지럼 자극 시 활성화된 두뇌 영역을 직접 비교하였을 경우 유의미한 차이를 보이는 영역이 없었다[그림 4].

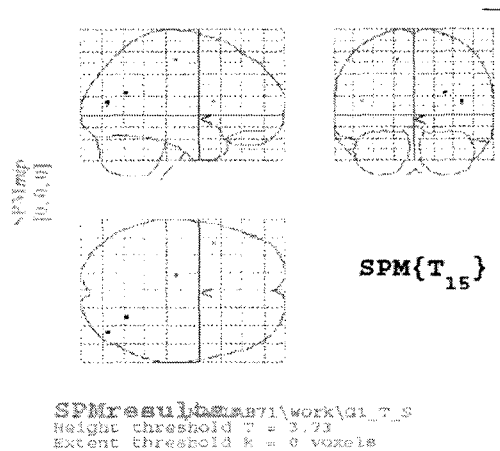


그림 4. 간지럼 자극에서 감각 자극을 뺀 SPM결과

IV. 고찰

간지럼은 다른 촉각과 달리 웃음과 같은 사회적 행동과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 체감각 영역뿐만 아니라 다양한 인지 정서적 기능에 관여하는 두뇌 영역이 함께 활성화될 것으로 가정하였다. 실험 결과, 일반 감각 자극 및 간지럼 자극 제시 시 일·이차 감각영역과 감각연합영역, 운동영역에서 공동된 대뇌 활성화를 보였다[1][2][3][5]. 그러나 간지럼 자극 조건은 일반 감각 조건에 비해 자극의 정서적 정보 처리와 밀접한 관련을 가지는 섬핵과 시상의 활성화를 보였다[7][10]. 또한, 간지럼 자극 조건은 지각된 간지럼 강도가 증가할수록 대상회(BA 24)와 복측전두엽(Medial Prefrontal Cortex; MPFC)에서 상대적으로 더 활성화를 보였다. 이러한 실험 결과는 두 가지 면에서 의미를 가진다. 첫째, 간지럼 자극은 일반 감각 자극에 비해 더 커다란 정

서적 반응을 일으킨다. 둘째, 간지럼 자극은 고차원의 정서적 의사결정과 관련된 대뇌 신경망의 활성화를 일으킨다.

간지럼 자극 조건에서는 일반 감각 자극 조건과 달리 대상회 및 섬핵과 같은 변연계의 활성화가 두드러졌다. 변연계는 원시뇌의 일부로 인간의 기본적 감정과 정서 반응과 밀접한 연관을 가지는 영역으로 알려져 있다. 특히, 섬핵은 다양한 정서적 반응과 밀접한 관련을 보이며, 이 영역은 미각 혐오와 같이 자극적이며 강도가 높은 감각 자극이 제시될 경우 커다란 활성화를 보이는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 간지럼 자극 시 이 영역의 활성화는 간지럼이 일반 감각에 비해 강한 정서를 유발함을 시사하며, 이는 선행 연구들의 결과와 일치한다[1][2][4][5][9].

뿐만 아니라 대상회는 인지적 정보와 정서적 정보의 처리를 통제하는 영역으로 알려져 있으며, 상향적으로 입력된 감각 정보와 상위 인지적 기능의 연결 고리 역할을 하는 영역으로 이야기된다. 따라서 간지럼 자극이 감각 자극에 비해 대상회 영역에서 커다란 대뇌 활성화를 일으킨 것은 간지럼이 단순한 촉감 이상의 기능을 두뇌에서 수행함을 의미한다.

다음으로, 간지럼 자극의 제시는 그 지각된 강도에 비례하여 복측 전전두엽의 활성화를 가져왔다. 전통적으로 복측 전전두엽은 의사결정이나 상위 인지 기능과 밀접하게 관련된 영역으로 보고되고 있다. 특히, 이 영역은 유머와 같이 인간만이 보이는 고차원적 상호작용과 관련되어 활성화되는 영역이다. 또한, 일련의 연구자들은 의식이나 자아와 관련된 이성적인 정보 처리를 이 영역에서 담당한다고 이야기하기도 한다. 그러므로 본 연구의 결과는 간지럼 자극이 일반 감각 자극에 비해 웃음과 같은 사회적 상호 작용과도 관련될 수 있음을 시사한다[11][12].

이러한 의의에도 불구하고 본 연구를 해석함에 있어 몇 가지 제한점이 있다. 우선, 블록 디자인 자체의 한계를 고려해야 한다. 본 실험에서는 블록 설계로 역균형화하여 감각 자극 및 간지럼 자극을 제시했지만, 촉감과 같은 자극은 쉽게 둔감화 될 수 있다. 즉, 각 블록의 초기에서는 촉감과 관련된 두뇌 반응이 크게 일어나지

만, 블록의 마지막에 가까울수록 둔화된 감각 반응을 보일 수 있다. 실제 실험 진행시 피험자의 행동 반응에 대한 관찰과 실험 진행 후 실험에 대한 논의에서 피험자들은 처음에는 간지럼을 크게 느꼈지만, 점점 자극에 익숙해졌다고 보고 하였다. 이는 블록 디자인이 검증력에서 효과가 있는 실험 설계이지만, 감각 자극 제시 시 두뇌의 활성화를 살피기에는 어느 정도 한계가 있음을 시사한다. 또한, 실험 참가자의 기대와 예측이 실험에 영향을 미쳤을 수 있다. 본 실험에 참가한 16 명 중 10 명은 관련 분야 종사자 또는 전공자여서 실험 전반에 대한 이해뿐만 아니라, 실험 진행과 관련하여 높은 몰입 수준을 보였다. 이는 단순한 감각 자극이 제시되더라도 실험의 전반적인 방향을 피험자가 예측하여 반응할 수 가능성을 가지고 있었다. 따라서 추후 보다 많은 피험자를 대상으로 실험 관련군과 비 관련군간의 상관관계를 분석해 보는 것도 좋은 연구 과제가 되리라 사료된다.

IV. 결론

이상에서 감각자극과 간지럼 자극제시에 의한 대뇌 활성화영역에 대해 살펴보았다. 선행연구에서 지적했던 대로 간지럼 자극은 체감각 영역에 해당하는 중심후이랑(Postcentral Gyrus)의 활성화를 관찰할 수 있었고, 다른 감각 자극과 달리 정서 및 고차원적 인지 기능과 관련된 변연계, 시상 영역 등에서도 활성화 되었다. 뿐만 아니라, 단순한 촉감(간지럼) 자극을 인가했는데도 복측전전두엽(MPFC)이 활성화 되는 현상은 간지럼 자극이 웃음이나 유머 같은 정서 조절이나 자극에 의한 정보가 전두엽으로 전달되어 자극에 대한 판단, 통제까지 이어진다는 반증이라 할 수 있겠으며 이러한 결과는 간지럼이 웃음이나 유머와 같은 고차원적인 기능과 관련 있음을 의미한다.

실제로 다양한 선행 연구들은 웃음이 다양한 자극이나 환경에 의해 유발될 수 있음을 보여주었다. 선행 연구들은 즐겁거나 유쾌한 자극을 보는 것 뿐만 아니라, 재미난 얘기를 듣는 경우와 같이 감각 자극의 종류는

다르지만, 웃음과 관련된 영역이 활성화됨을 보였다. 본 연구는 이러한 감각 뿐 만 아니라 체감각 역시 웃음을 유발할 수 있음을 보여준다. 따라서 다양한 자극이 웃음과 유머에 대한 반응을 일으킬 수 있고, 뇌에서 인지하는 웃음이나 기쁨, 즐거움은 단순하면서 원시적인 자극에 의해서도 유발될 수 있음을 보여주었다.

참고 문헌

[1] C. R. Harris and N. Alvarado, "Facial expression, smile types and self-report during humour, tickle, and pain," *Cognition & Emotion*, Vol.19, No.5, pp.655-699, 2005.

[2] S. J. Blakemore, D. M. Wolpert, C. D. Frith, "Central cancellation of self-produced tickle sensation," *Nature Neuroscience*, Vol.1, No.7, pp.635-640, 1998.

[3] Samuel T. Selden, "Tickle," *Journal of the American Academy of Dermatology*, Vol.50, No.1, pp.93-97, 2004.

[4] E. A. Pritchard, "The clinical Significance of Variations of in Tickle Sensibility," *Proc R Soc Med*, Vol.26, No.6, pp.697-704, 1933.

[5] C. R Harris and N. Christenfeld, "Can a machine tickle?," *Psychon Bull Rev*, Vol.6, No.3, pp.504-510, 1999.

[6] J. L. Smith, P. M. Cahusac., "Right-sided asymmetry in sensitivity to tickle," *Laterality*, Vol.6, No.3, pp.233-238, 2001.

[7] 최준식, 김진석, "파블로프 공포 조건화에 관련된 편도체 회로", *한국뇌학회지*, 제2권, 제1호, pp.1-17, 2002.

[8] 신현철, 박용구, 이배환, 류재욱, 조춘식, 정상섭, "흰쥐에서 체감각 유발장전위의 기록부위별 특성과 경로분석", *J Korean Neurosurg Soc*, 제30권, pp.831-841, 2001.

[9] J. Panksepp and J. Burgdorf, "Laughing" rats

and the evolutionary antecedents of human joy?", *Physiol Behav*, Vol.79, No.3, pp.533-547, 2003.

[10] C. A Porro, F. Lui, P. Facchin, M. Maieron, and P. Baraldi., "Percept-related activity in the human somatosensory system: functional magnetic resonance imaging studies," *J Magn Reson Imaging*, Vol.22, No.10, pp.1539-1548, 2004.

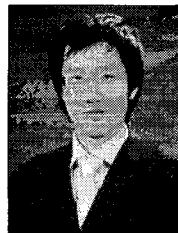
[11] 신동훈, 권용주, "연구논문 : 초등 과학 교육에서 두뇌 연구 방법의 고찰 -fMRI 활용법을 중심으로-", *대한과학교육학회지*, 제26권, 제1호, pp.49-62, 2007.

[12] 신동훈, 권용주, "예비교사들의 생물학 가설 생성에서 나타나는 과학적 감성의 생성 과정 유형별 두뇌 활성화에 대한 fMRI 연구", *한국과학교육학회지*, 제26권, 제4호, pp.568-580, 2006.

저자 소개

강 현 수(Hyun-Soo Khang)

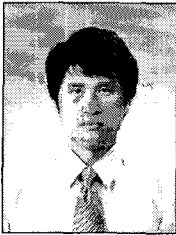
정회원



- 1994년 3월 : 건국대학교 의공학학과(공학사)
 - 1998년 8월 : 건국대학교 의공학협동과정(공학석사)
 - 2003년 8월 : 경희대학교 동서의학대학원 동서의료공학과(공학박사)
 - 2003년 8월 ~ 현재 : 을지대학교 보건과학대학 방사선학과 조교수
- <관심분야> : 의료영상시스템, 기능적 자기공명영상학, 의료영상처리

임 기 선(Ki-Seon Lim)

정회원



- 2001년 2월 : 청주대학교 영어영문학과(영문학사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 을지대학교 보건대학원 방사선학과 재학 중
- 1995년 8월 ~ 현재 : 충북대학교병원 영상의학과 재직

교병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 의료영상처리, 기능적 자기공명영상학

한 동 균(Dong-Kyoon Han)

종신회원



- 2000년 2월 : 광운대학교 전자물리학과(이학사)
- 2004년 2월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료정보기기학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 충북대학교 의과대학 의학과 (의학박사)

학 의학과 (의학박사)

- 2004년 3월 ~ 현재 : 을지대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 디지털X선 영상학, 컴퓨터단층영상학, 방사선안전관리, 자기공명영상학