

이학석사(물리치료)학위논문

fMRI를 이용한 성인 편마비의 항조절점  
운동이 대뇌피질의 활성화에 미치는 효과

재활과학과 물리치료전공

이 원 길

지도교수 배 성 수

2002. 12.

대구대학교 재활과학대학원

# 목 차

I. 서론 .....	1
II. 이론적 배경 .....	5
1. fMRI의 원리 .....	5
III. 연구대상 및 방법 .....	7
1. 연구대상 및 연구기간 .....	7
2. 항조절점 운동 .....	7
3. 연구방법 .....	9
4. 용어정리 .....	9
5. 평가방법 .....	11
6. 기능적 MRI 영상획득 .....	12
7. 영상결과 분석 .....	13
8. 영상결과 제시 방법 .....	14
IV. 결과 .....	15
1. 연구대상자의 일반적 특성 .....	15
2. 성인 편마비 환자의 뇌 손상 양상 .....	16
3. 성인 편마비 환자의 항조절점 운동 전의 뇌 활성화 양상 .....	18
4. 성인 편마비 환자의 항조절점 운동 후의 뇌 활성화 양상 .....	25
V. 고찰 .....	32
VI. 결론 .....	38
참고문헌 .....	40
영문초록 .....	44

## Table

<Table IV. 1> General characteristics of the subjects .....	14
<Table IV. 2> Characteristics of the stroke subjects .....	15
<Table IV. 3> Statistics : volume summary of pre-test stroke subjects 1 .....	18
<Table IV. 4> Statistics : volume summary of pre-test stroke subjects 2 .....	20
<Table IV. 5> Statistics : volume summary of pre-test stroke subject 3 .....	22
<Table IV. 6> Statistics : volume summary of post-test stroke subjects 1 .....	25
<Table IV. 7> Statistics : volume summary of post-test stroke subjects 2 .....	27
<Table IV. 8> Statistics : volume summary of post-test stroke subjects 3 .....	29

## 그림 목 차

<그림 III.1> 항조절점 핸들링의 위치 .....	8
<그림 III.2> Motor cortex activation paradigm .....	11
<그림 IV.1> T1-weighted imaging of patient 1(A) and patient 2(B) and patient 3(C) .....	16
<그림 IV.2> Activation patterns on functional MRI before task-oriented movement for stroke subjects 1(A), stroke subjects 2(B) and stroke subjects 3(C) of rendered brain templates	
<그림 IV. 3> Activation patterns on functional MRI after task-oriented movement for stroke subjects 1(A), stroke subjects 2(B) and stroke subjects 3 of rendered brain templates(C).	

## I. 서론

인체는 무한한 자세와 운동변화를 일으킬 수 있는 고도로 발달된 기계장치(이혜영 등, 1999)로 숙련된 운동패턴의 발달은 복잡한 자세조절과 중력 중심에 대해 신체를 유지하기 위한 머리, 체간과 사지의 상호작용이 필요하다(Williams 등, 1997). 뇌졸중은 뇌의 정상적인 혈액공급에 문제가 발생하여 일어나는 유병률이 높은 신경학적 질환이다(Myklebust 와 Gottlib, 1997). 특징적으로 손상을 받은 혈관이 분포하는 뇌영역을 중심으로 연결된 많은 부위에서 복합적인 문제가 발생되며, 신경학적 손상과 사망에 이르는 광범위한 결과를 초래한다. 뇌혈관 질환 이후에는 운동, 감각, 인지, 지각, 심리, 사회, 신체기능적 측면의 장애를 가지게 된다(Sabari, 1997).

운동, 감각, 인지 및 언어기능 등은 대뇌피질과 피질하 신경핵으로 구성된 대단위 신경망(large-scale neural network)에 의하여 조절되어지는데, 이러한 신경망의 어느 한 부위에라도 손상이 오면 기능장애가 초래된다(Mesulam, 1990).

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 임상적 양상은 뇌조직의 손상위치, 손상된 부위의 크기, 손상원인 등에 따라 다양하게 나타나지만, 특히 신체 좌우 비대칭성이 공통적으로 나타난다(Bobath, 1971). 이러한 비대칭적인 자세는 체간의 회전, 체간과 사지의 분리운동, 체중이동 시 골반의 움직임을 어렵게 만든다(Carr 과 Shepherd, 1985).

Ryerson(1997)은 체간에서 일어나는 비효율적인 움직임, 하지의 약화 및 비대칭성, 슬관절 신전조절의 소실, 발목 관절각도의 소실, 근육 연부조직의 단축, 하지신전과 상지의 과긴장성 등으로 인해 어려움을 가지게 된다. 또한 신경과 근육의 편마비는 독립적인 일상생활을 어렵게 만드는 등 여러 가지 기능장애를 초래한다(Jette 와 Cleary, 1986).

뇌손상 후 가소성이 일어나는 기전으로는 세포수준에서 일어나는 변화와 더불어 신경망의 변화가 일어나는 것으로 생각되고 있으며, 이는 정상적으로 잘 쓰여지지 않던 신경로의 활성화, 손상 주변부위 뇌신경의 기능변화에 의한 대뇌반구 내 재조직화 및 반대측 대뇌반구의 기능변화에 의한

대뇌반구간 재조직 등이 있다(Bach, 1988).

다양한 감각자극을 적용한 경우 실험동물은 대뇌피질의 두께와 수상돌기의 분지(dendritic branching) 및 교세포의 수가 증가됨으로서 더 크고 복잡한 피질구성이 일어나는 것으로 밝혀졌는데, 이러한 뇌의 가소성은 뇌졸중이나 외상 또는 각종 뇌 병변으로 인한 뇌손상 후 포괄적인 운동치료의 중요성을 일깨워 준다(Cummins 등, 1997; Uylings 등, 1978).

Bobath의 항조절점 운동은 몸통의 중심이동과 사지의 분리된 운동을 위한 주 조절점 치료접근으로 자세 긴장도와 동작패턴에 보다 영향을 많이 미치는 특정부위를 말하며(Bobath, 1990), 이 부위에는 근방추, 골지건기관, 관절 수용기 등과 같은 수용기의 밀집도가 높은 곳이다(Edward, 1991).

Bly(1983)는 몸통에서의 항중력조절은 정상운동에 필수적이라 했는데, 체간과 골반부위의 분리된 운동으로 인한 몸통에서 굽힘과 펴기의 적절한 발달은 골반 전·후방 및 좌우경사운동, 몸통늘이기 등 발달에 필요한 조건이라고 했다.

Rothwell(1986)은 신체가 항상 중력에 대항한 중심점을 기저면 범위 내에서 올바른 균형을 유지하면서 체중이동의 능력을 발달시켜야 한다고 하였으며 서기반응과 평형반응을 촉진시켜야 한다고 하였다(Stockmeyer, 1977; Gilfoyle, 1985).

Bobath(1990)는 골반과 어깨를 근위조절점(proximal key point), 손과 발을 원위조절점(distal key point)으로 구분하였으며, Bryce(1989)와 Edward(1991)는 흉골의 검상돌기와 흉추 7-8번 부위를 중앙조절점(central key point)으로 하였다.

모든 치료접근은 중앙조절점과 근위조절점, 근위조절점과 원위조절점 사이의 정상배열을 고려한 다양한 분리된 움직임을 줄 때 자세조절능력과 뇌의 가소성에 영향을 준다고 하였다(황병용 등, 1996).

최근 들어 기능적 뇌영상 방법이 발달하면서 생체 내에서 직접적으로 뇌신경망의 구성과 그 역동상태를 관찰하는 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 여러 대뇌피질과 피질하 신경핵들이 신경망을 구성하고 각각의 독특한 역할을 수행함에 의하여 조절되어지고 있음이 밝혀지고 있다(Feingberg 와 Farah(1997); Frackowak 등, 1997).

기능적 뇌영상의 방법들 중 임상적으로 많이 사용되어지고 있는 것은 방사선 동위원소로 분류된 약품을 주사하여 뇌의 특정 신진대사량을 보는 양자방출 단층촬영(positron emission tomography, PET), 단광자방출 전산화 단층촬영(single photon emission computerized tomography, SPECT), 그리고 뇌의 전기적 활동과 이에 따른 자기적 변화의 위치를 영상화하는 EEG(electroencephalography), MEG(magneto-encephalography), 및 기능적 뇌자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI)등이 있다(Le Bihan 과 Karni 1995).

fMRI는 1990년 초에 개발된 이후 뇌기능에 수반되는 뇌혈류(cerebral blood flow, CBF), 뇌혈액량(cerebral blood volume, CBV)과 부분적인 혈중 산소농도의 변화를 이용하는 방법으로써 PET에 비하여 공간 분해능과 시간 해상력이 우수하며 인체 내에 방사성 동위원소나 조영제 등의 주입이 불필요한 비침습적인 방법으로써 반복적인 검사가 가능하다는 장점이 있다(Le Bihan과 Karni 1995). Karni등(1998)은 건강한 피험자에서 순차적인 손가락 움직임의 패턴을 훈련하기 전·후 fMRI를 사용하여 혈류 변화를 지도화 하였다. 피험자들은 매일 10 - 20분씩 3주간 운동치료를 한 결과 받지 않은 대조군에 비하여 뇌 운동영역의 활성화 범위가 더 확대되어 있음을 확인할 수 있었으며, Doyon 등(1999)은 정상성인에서 손가락 운동순서 학습(motor sequence learning)을 실시하였을 때 복잡한 운동의 수행을 위한 운동체계길(motor route)가 형성되는 것에는 소뇌의 전엽이, 운동 습득 후의 기능적 변화는 소뇌의 후부와 신경핵들이 활성화됨을 보고하였다.

Frackowak 등(1997)은 내섬유막(internal capsule)에 뇌졸중이 있었던 환자들 중 운동기능이 회복된 환자들을 대상으로 PET를 실시한 결과 정상 측과는 달리 환측에서 운동과제 수행 시 대뇌운동피질과 소뇌의 양측성 활성화와 정상적으로는 활성화되지 않는 부위인 뇌섬엽(insula) 및 대상피질부(cingulate cortex)에서 활성화가 나타남을 보고하였으며, 그 후 fMRI를 이용한 연구들에서도 역시 양측성 활성화가 보고되었다(Leifer 등, 1998; Seitz 등, 1998).

따라서 본 연구에서는 신경계 손상으로 인한 성인 편마비 환자에게 Bobath의 항조절점 운동이 대뇌피질의 활성화에 미치는 효과를 알아보고자 성인 편마비 환자 3명을 대상으로 fMRI를 이용하여 중재 전·후에 활성화 정도를 비교 분석한다.



## II. 이론적 배경

### 1. fMRI의 원리

fMRI는 뇌신경의 활동성을 자기공명의 신호변화로 나타내어 이를 시각화하여 보여주는 영상방법이다. 이 때 뇌신경의 활동성은 국소적인 뇌혈액량, 뇌혈류, 또는 산소의 변화에 의하여 간접적으로 파악되어지는 변화를 말한다.

Beliveau 등(1991)에 의하여 gadolinium-DTPA라는 상자성 대조물질(paramagnetic contrast agent)을 혈관 내에 주입한 후 섬광(flashing light) 자극을 주었을 때 고유시각피질(primary visual cortex)에서 일어나는 국소적인 뇌혈액량의 변화를 EPI(echo-planar imaging)로 영상화하는 것이 처음 성공하였으며, Ogawa 등(1993)은 말초혈관과 정맥혈 내의 탈산소헤모글로빈(deoxyhemoglobin, deoxyHb)치의 변화를 이용한 Blood Oxygen Level Dependent, BOLD)기법으로 대조물질의 주입이 없이 뇌혈류의 변화를 영상화하는데 성공하였다.

조직의 활동성이 증가하면 뇌세포에서 혈액 내 헤모글로빈으로부터 산소를 탈취해가므로 헤모글로빈이 환원되어 탈산소 헤모글로빈으로 전환된다.

탈산소 헤모글로빈은 내재적 자성물질(intrinsic paramagnetic agent)로써 자기장 비동질성(magnetic field inhomogeneity)을 유발하여 국소적인 자기공명 신호치의 감소를 일으키며, 이러한 자기장의 비동질성은 혈관반경의 2배 이상 범위에 영향을 미치게 된다.

대뇌피질에서 신경의 활성화가 일어나게 되면 뇌혈류, 뇌혈액량 및 산소 섭취는 모두 증가하는데, 특히 뇌혈류는 신경의 활동성과 가장 밀접한 관련이 있는 척도로 알려져 있다. 신경세포의 활동성이 증가되었을 때 대뇌피질의 국소적 뇌혈류는 급격히 증가되는데, 이때 조직의 산소 이용의 증가는 뇌혈류 변화에 비해서는 미미하여 결과적으로 휴식 시에 비하여 산소 추출 비율은 감소하게 된다. 즉, 국소적 정맥혈 내의 산소 분압은 증가하게 되고 탈산소 헤모글로빈의 농도는 감소하여 결국 T<sub>2</sub> 강조 영상에서 증가

된 신호를 보이게 되는 것이다(Ogawa 등 1993; Le Bihan와 Karni, 1995; Frackowak, 1997).

fMRI는 대뇌의 활성화 시 일어나는 작은 신호변화를 영상화하기 위하여 주로 EPI기법을 사용한다.

### Ⅲ. 연구대상 및 방법

#### 1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 2002년 5월 기준 포항 북구보건소 물리치료실에서 Bobath의 항조절점 치료를 받고 있는 성인 편마비 환자 중 다음의 선정조건에 합당하면서 이들 모두 독립보행이 가능한 편마비 환자 3명을 대상으로 한다.

본 실험에 참가한 편마비 환자의 선정조건은 다음과 같다.

첫째, 의학적으로 뇌졸중에 의한 편마비로 진단 받은 환자

둘째, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있으며, 협조할 수 있을 정도의 의사소통이 가능한 환자

셋째, 시각과 청각 및 전정기관에 장애가 없는 환자

위 조건을 충족시키는 환자를 대상으로 항조절점 운동을 실시하며, 연구기간을 2002년 6월 1일부터 6월 30일까지 기준조건에 합당한 성인 편마비 환자 1명을 대상으로 예비연구를 실시한 후 문제점을 보완하여 2002년 7월 1일부터 9월 4일까지 연구대상자 전원에 연구를 시행한다.

#### 2. 항조절점 운동

항조절점 운동은 중앙조절점, 근위조절점, 원위조절점 사이의 정상배열을 고려한 몸통과 사지에서 다양한 분리된 움직임을 주기 위한 운동 치료방법이다.

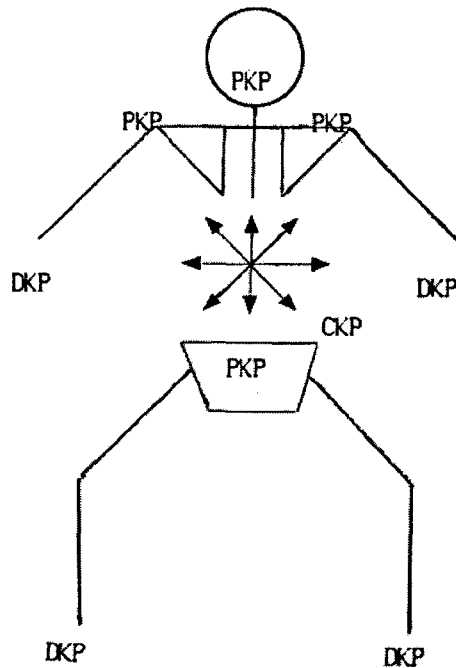
대상자를 높이 조절이 가능한 치료대의 가장자리에 둔부와 대퇴부 1/2 깊이로 걸터앉게 하고, 무릎관절의 높이가 고관절보다 낮게 위치하며, 양발은 바닥에 닿게 하여 편안한 자세를 취하게 한다.

중앙조절점 운동은 체간 흉골의 검상돌기와 흉추7-8번 부위를 대상자의

등뒤에서 잡고 3면(시상면, 관상면, 수평면)을 중심으로 중력의 중심점)이  
기저면 내에서 움직임이 일어나도록 유도한다.

근위조절점 운동은 대상자의 골반양쪽 위장앞골가시(ASIS) 부위를 잡고  
머리와 어깨의 연합반응을 방지하기 위해 연구자의 머리로 대상자의 머리  
를 고정시킨 후 골반을 전·후방 경사로 체간과 골반이 분리될 수 있도록  
움직임을 유도한다. 또한 대상자의 양쪽 어깨 앞·뒤 부위를 잡고 전·후  
방 및 측방으로 체간과 상지의 분리된 움직임이 일어나도록 유도한다.

원위조절점 운동은 대상자의 손과 발을 잡고 중앙조절점과 근위조절점에  
서 분리된 움직임을 유지할 수 있을 때 공간에서 전·후방 및 좌·우측으  
로 움직임을 주어 상·하지의 분리된 움직임을 유도한다.



<그림 III. 1> 항조절점 핸들링의 위치

### 3. 연구방법

운동프로그램 : 연구대상자의 중앙조절점에서 점차적으로 근위조절점, 원위조절점 순으로 체간과 사지에 다양하게 분리된 움직임이 일어나도록 유도한다.

항조절점 운동 적용시 성인 편마비 환자의 능동운동 참여는 뇌의 가소성 측면에서 연합반응을 일으키지 않는 지지면 범위 내에서 운동범위를 점차적으로 넓혀갈 수 있도록 하며, 대상자가 능동운동으로 참여할 수 있도록 유도한다.

운동의 시간은 각 조절점에 15분 이내로 제한하며, 주 3회, 9주간 항조절점 운동을 실시하였다. 운동도중 통증이나 이상한 증상이 나타나면 즉시 중단하고 휴식을 취하도록 한다.

### 4. 용어 정리

- ① 재배열(realignment) : 움직임에 의한 신호변화(movement-related variance)는 fMRI의 결과를 해석하는데 가장 위험한 혼동 요인이다. 생체 내에서의 움직임은 심장박동과 호흡 등에 의한 생리적 움직임과 피험자의 머리의 움직임이 있는데, 특히 머리의 움직임은 실제 뇌신경의 활성화에 의한 신호변화와 동일한 정도의 자기공명 신호변화를 일으킬 수 있으므로 반드시 교정되어야 정확한 결과의 해석이 가능하다.  
재배열은 첫 번째 얻어진 뇌영상을 기준으로 하여 이후에 얻어진 영상들을 통계적 추정(statistical estimates)을 사용하여 재배치함으로써 머리의 움직임을 보정하는 것이다.
- ② 상관정렬(coregister) : 기능적 영상과 해부학적 영상을 서로 부합되도록 정렬하는 과정
- ③ 공간적 정상화(spatial normalization) : 각각의 피험자로부터 얻어진 영상데이터를 표준화된 해부학적 뇌공간(standard anatomical

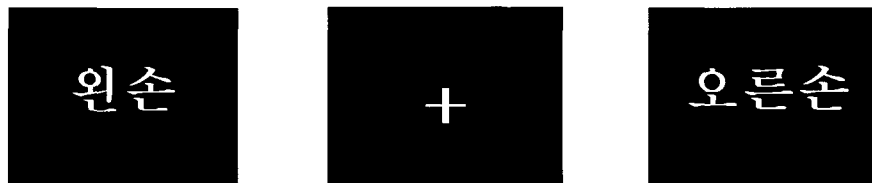
space) 즉, Talairach-Touroux공간에 변형시킴으로서 뇌의 해부학적인 개인차를 줄이고 피험자간 평균치의 산출을 가능하게 하는 것이다.

- ④ 공간적 편평화(spatial smoothing) : 혈역학 변화(hemodynamic change)에 의해 나타나는 부피소별 자기공명 신호변화를 잡음(noise)에 대한 변별력을 높이기 위하여 가우시안 펠드 모델을 이용하여 편평화 한다.
- ⑤ 삼차원적 표출(three-dimensional rendering) : 얻어진 뇌활성화의 기능적 지도를 3차원적으로 재구성하고 통계값에 따라 색채 부호화(color coding)하여 시각적인 지도화를 완성한다.
- ⑥ Voxel(volume pixel) : 3차원 공간에서 한 점을 정의하는 그래픽의 단위
- ⑦ 혈역학반응함수(hemodynamic response function : HRF) : SPM에서 HRF모델은 신경활동의 임펄스에 대한 진부한 BOLD반응을 잡아내는 단일 회귀자이다. 가령 약 6초 후의 최대반응, 약 15초 정도에서 작은 언더슈트(undershoot), 약 25초에서 기준선으로 회귀가 그것이다. 수학적으로 두 개의 감마함수로 구성된다. 그리고 HRF에서는 시간에 관한 표준의 유도체(derivative)와 분산에 관한 유도체라는 두 개의 추가 회귀자를 포함함으로써 부피소-부피소, 대상-대상을 허용하는 것이 일반적이다. 이것들은 각기 다른 최대발병(peak onsets)과 확산에 대처할 수 있도록 해준다.

## 5. 평가 방법

자극은 MRI 머신 앞에 반투명 스크린에 빔 프로젝트로 자극을 투영시켜서 누워있는 피험자가 머리덮개(head coil)에 부착된 거울을 통해 스크린에 제시된 자극<그림 III. 1>을 볼 수 있다. 이때 머리를 움직이지 말라는 지시 사항이 주어지는데, 머리의 움직임은 MR신호에 큰 영향을 끼쳐 활성화된 영역의 인공물로 작용할 수 있기 때문이다. 그리고 자극이 제시되는 동안에는 fMRI실의 조명을 모두 꺼서 선명한 자극이 유지되도록 하였다.

시각적으로 제시되는 ‘오른손’ 또는 ‘왼손’이라는 깜박임을 하는 글자 자극(500ms on, 500ms off)에 대해서 여섯 주기(one half-cycles = 8 scans = 3 sec × 8 = 24 sec)로 주먹을 쥐었다 폈다 하는 과제로 주어졌다.



<그림 III. 2> Motor cortex activation paradigm

## 6. 기능적 MRI 영상획득

기능적 MRI 영상은 BOLD 효과를 최대화 하기 위해 T2\*의 변화를 민감하게 반영하는 경사자장반향(gradient-echo)기법을 이용한다.

BOLD 효과는 3T에서는 1.5T보다 신호강도가 2배정도 좋으나, 머리의 움직임이나 생리학적 원인에 의한 움직임 등에 의한 인공물(Artifact)에 의해 심하게 영향을 받으므로 더 세심하게 환자 고정 및 분석을 하여야 한다.

EPI기법의 영상획득 변수는 TR(ms)=3000, TE(ms)=35, FOV(mm)=220, 절편두께(thickness)=4mm로 하며, 공간분해능 64 × 64, 30개의 횡단면을 얻는다. 특히 소뇌영역까지 나오게 하도록 하여 운동 균형(motor balance) 등과 관련된 활동영역도 함께 관찰하도록 한다. 통상 30초씩의 마디(epoch)를 휴식과 움직임의 큰 뭉치로 4번 이상 반복하게 되며, 각 기간별로 약 5분 정도 소요된다. 또한 해부학적 영상도 얻어서 fMRI 지도를 덮어 씌우게 되며, 이는 주로 T1 영상을 사용하게 된다.



## 7. 영상결과 분석

수집된 결과는 MATLAB(Mathworks, Inc, USA)환경에서 구현되는 SPM99(statistical parametric mapping 99 version, wellcome department of cognitive neurology, London, UK) 소프트웨어를 적용하였다. SPM을 통해서 머리 움직임에 의한 잡음을 보정하기 위한 정합보정(realignment)절차가 개개인 피험자의 데이터분석에 적용되었으며, 이런 절차의 부산물로 생성된 평균영상(mean-image)에 각각 피험자의 T1 MRI영상이 정합(register)되었다.

여기서 산출된 공간표준화 변수(normalization parameter)를 동일한 피험자로부터 얻어진 모든 EPI영상에 적용하여 모든 T2 weighted EPI영상을 다시 표준공간으로 표준화하여 재표집 하였다.

표준화된 영상은 이어서 8mm의 FWHM(full width at half maximum)을 갖는 가우시안 커널 필터(Gaussian kernel filter)를 중첩적분(convolution)을 적용하여 편평화 되었다. 다음 각각 피험자마다 위에서 처리된 두뇌 부피영상의 구성단위인 각 부피(voxel :  $2.0 \times 2.0 \times 2.0$  mm)별 BOLD신호의 변화는 실험조건과 기저조건으로 나누어 각각의 스캔에서 비교되었다. 이런 조건간의 비교에 앞서 반복제시에 따른 효과와 혈액역학반응함수(hemodynamic response function : hrf)에 대한 모델이 적용되었다. 이때 모델의 구성에는 조건들의 반복제시에 의한 효과를 제외한 저주파 잡음(noise)은 고역파 필터(high-pass filter)를 이용, hrf의 효과는 SPM 99이 제시하는 주파수의 저역파 필터(low-pass filter)로 제거하였다. 이렇게 구성된 모델과 영상들의 처리된 결과는 상관관계를 이용하여 분석하였고, 두뇌의 전체 용적을 구성하고 있는 부피소들의 부피소 대 부피소는 paired-t test로 분석하였다.

## 8. 영상결과 제시 방법

본 연구의 결과분석에는 통계 역치를, 부피소(voxel) 수준에서 높이역치(height threshold,  $p=0.001$ )와 범위역치(extent threshold,  $k=10$  voxel)를 근거로 계산된 덩이역치를 사용하였다. 이는 생리학적으로 유의미한 결과를 적어도 부피소가 10개 이상 있을 경우의 덩이로 가정하고, 통계적 유의성을 검증한 것으로 각 덩이의  $p$ 값은 높이역치(height threshold)와 범위역치(extent threshold)의 상호작용에 의하여 SPM99 소프트웨어에 의해 계산되었다.

유의미한 덩이소에 포함된 최대값들을 보이는 부피소의 좌표와  $T$ 값을 표에 제시하였으며, 이때의 국소 최대값을 보이는 좌표는 부피소 수준에서  $P<.001$  (uncorrected for multiple comparison,  $T=3.29$ ) 이상의 유의미 수준을 보이는 것만을 포함하였다. 각 표에는 국소 최대값을 보이는 부피소의 위치를 나타내는 SPM99가 제시하는 MNI(Montreal Neurology Institute) 좌표를 Talairach 좌표(Talairch 와 Tournoux, 1988)로 변환한 것을 제시하였다.

## IV. 결과

### 1. 연구대상자의 일반적인 특징

연구 대상자의 일반적인 특성은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 3명을 대상으로 하였다<Table IV. 1>.

현재 포항 북구 보건소 운동치료실에서 Bobath의 항조절점 치료 중인 49 - 62세의 여성 1명과 남성 2명이며, 발병일로부터 평균 30개월 이상의 시간이 경과했고, 뇌경색 2명, 뇌출혈 1명의 병력을 가지고 있는 뇌졸중 환자로 마비측은 오른쪽 1명, 왼쪽 2명이었다. 그리고 실험자의 요구에 따라 무리 없이 fMRI실험을 수행할 수 있을 정도의 인지력과 정신상태가 양호하였다<Table IV. 2>.

<Table IV. 1> General characteristics of the subjects

Group	Stroke
Age(yr)	55.0(7.21)
Gender(F/M)	1 / 2
Height(cm)	165.16(2.00)
Weight(kg)	64.7(9.67)
Blood Pressure	138 / 85(15.14/11.23)
Pulse rate(B/min)	72.6(9.07)

\* M: male, F: female, yr: year

<Table IV. 2> Characteristics of the stroke subjects

No	Age	Gender	Aff.side	Lesson	Duration
1	49	M	Lt	Intracerebral Hemorrhage	23M
2	53	M	Rt	Intracerebral Infarction	32M
3	63	F	Lt	Intracerebral Infarction	35M

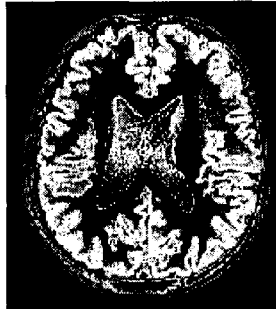
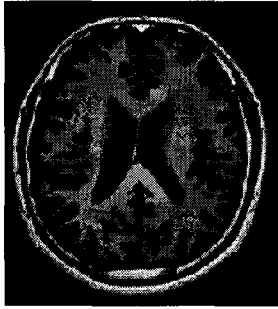
\* M: male, F: female, M: month

## 2. 성인 편마비 환자의 뇌 손상 양상

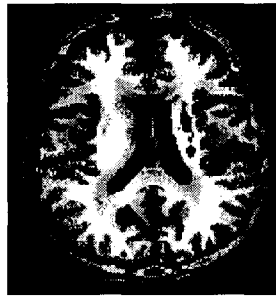
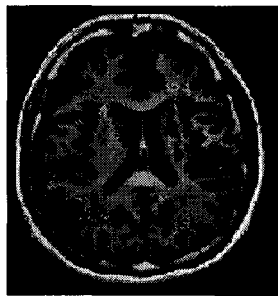
성인 편마비 환자 1은 49세 남성으로 고혈압에 의한 뇌출혈으로 MRI 상 오른쪽 기저핵(basal ganglia) 전두엽의 심부 백색질에 걸쳐 약 3.5×3.5×5cm의 고밀도의 혈종(hematoma) 소견이 보이며, 이 혈종에 의해 오른쪽 외측 뇌실(lateral ventricle)의 심한 압축이 보이고 왼쪽으로 중간선 치우침이 보였다<그림 IV. 1-A>.

성인 편마비 환자 2는 53세 남성으로 뇌경색에 의한 우측 편마비로 T1에서 왼쪽외측 뇌실에 인접한 심부 뇌실주위 백색질(deep periventricular white matter)에 저신호 강도가 보였다<그림 IV. 1-B>.

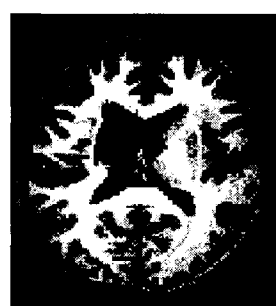
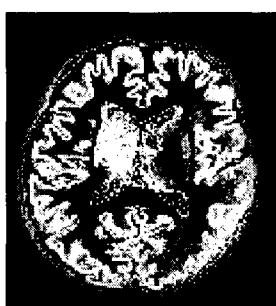
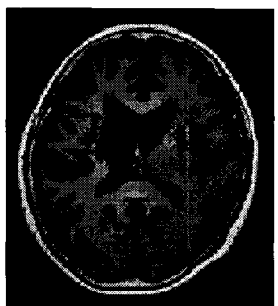
성인 편마비 환자 3은 63세 여성으로 뇌경색에 의한 좌측 편마비로 T1 MRI의 외측 뇌실 단계에서 오른쪽 전두엽의 뇌실에 인접한 심부 백색질과 양측 전두엽의 심부 백색질에 증가된 신호강도가 보이고, 제3뇌실 단계에서 양측 실비우스 틈새(sylvian fissure), 제3뇌실 주변, 양측 외측 뇌실 삼각형(trigon) 영역 주변에 증가된 신호강도가 보인다. 또한 외측 뇌실 단계에서 뇌량(corpus callosum)과 외측 뇌실에 증가된 신호 강도가 보였다<그림 IV. 1-C>.



A.



B.



C.

<그림 IV. 1> T1-weighted imaging of patient 1(A) and patient 2(B) and patient 3(C)

### 3. 성인 편마비환자의 항 조절 운동 전의 뇌 활성화 양상

표 1, 2, 3에는 성인 편마비 환자에게 Bobath의 항조절점 운동치료 중재 전에 실험조건에 따른 뇌 활성화 영역을 나타내었다.

SPM99에서 나온 X, Y, Z 좌표를 Talairach 좌표에 적용하여 해부학적인 영역을 추정하였다. 각 영역의 Brodmann area(BA), Z-score, cluster size도 같이 정리하였다. cluster의 크기는 부피점으로 나타내어질 수 있으며, 본 연구에서 실험조건 부피점의 크기는  $2.0 \times 2.0 \times 2.0$  mm이다.

<Table IV. 3>는 49세 남성, 왼쪽 편마비 환자로 좌측대뇌 전두엽의 중심전회(frontal lobe, precentral gyrus, BA 4, 6)에서 가장 높은 정도의 활성화( $t=14.11$ ,  $t=8.59$ )되었으며, 양측성 후두엽의 설상회(occipital lobe, lingual gyrus)의 활성화( $t=10.11$ ,  $t=6.86$ )와 좌측 대뇌 후두엽의 하후두회( $t=5.24$ )와 중후두회(middle occipital gyrus, BA 18)의 활성화( $t=6.85$ ), 전두엽의 중전두회(medial frontal gyrus, BA 6), 상전두회(superior frontal gyrus, BA 6) 그리고 중심전회(precentral gyrus, BA 6)에서 각각  $t=7.47$ ,  $t=4.96$ ,  $t=6.92$ 로 활성화되었다. 측두엽의 중측두회(temporal lobe, middle temporal gyrus), 양측성 설소엽(cuneus)에서 유의미한 수준의 활성화(좌측  $t=4.12$ , 우측 $t=4.53$ )가 관찰되었다.

우측대뇌 후엽의 설상회( $t=7.97$ ), 우측 대뇌 후두엽의 설소엽(cuneus, BA 18)과 전엽의 중심전회( $t=5.57$ )에서 활성화가 관찰되었다.

한편 좌측소뇌에서는 후엽의 소뇌비탈에서 활성화( $t=8.12$ )를 보였고, 우측 소뇌 전엽의 소뇌정상(culmen)에서 활성화( $t=7.87$ )를 보였다.

<Table IV. 3> Statistics : volume summary of pre-test stroke subjects 1

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)	Talairach	Anatomic location(BA)
0.000(12)	1032	inf 14.11	-38,-12, 60	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(4)
		6.53 8.59	-28,-14, 70	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(6)
	871	6.31 8.12	0,-68,-20	Lt cerebellum, posterior lobe, declive
		6.23 7.97	10,-92, 0	Rt cerebrum, lingual gyrus
	78	7.21 10.11	-22,-86,-16	Rt cerebrum, occipital lobe, lingual gyrus
		5.92 7.40	-28,-78,-14	Lt cerebrum, occipital lobe, lingual gyrus
		4.59 5.24	-36,-72,-10	Lt cerebrum, occipital lobe, inferior occipital gyrus
	24	6.17 7.87	4,-52, -4	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen
	83	5.96 7.47	-4, 0, 56	Lt cerebrum, frontal lobe, med. Frontal gyrus(6)
		4.39 4.96	-2, 6, 66	Lt cerebrum, frontal lobe, sup. frontal gyrus(6)
	24	5.65 6.92	-50, 0, 38	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(6)
	27	5.62 6.86	-10,-90,-16	Lt cerebrum, occipital lobe lingual gyrus
		3.76 4.12	-14,-102,-4	Lt cerebrum, cuneus, white matter
	77	5.61 6.85	-26,-100, 8	Lt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus(18)
		4.69 5.39	-34,-96, 8	Lt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus(18)
	45	3.64 3.96	-8,-28, 70	Lt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus
	56	5.40 6.50	-54,-52, 6	Lt cerebrum, temporal lobe, mid. temporal gyrus
	37	5.18 6.14	22,-98, 6	Rt cerebrum, occipital lobe, cuneus(18)
		4.08 4.53	20,-98, -2	Rt cerebrum, occipital lobe, cuneus, white matter
	57	4.82 5.57	58, 4, 40	Rt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus

(c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.

(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.

(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.

<Table IV. 4>는 53세 남성, 우측 편마비 환자로 양측성 전두엽의 중심 전회(frontal lobe, precentral gyrus, BA 4, 6)에서 가장 높은 활성화(우측  $t=10.70$ , 좌측  $t=6.32$ )가 보였으며, 우측대뇌 전두엽의 내측전두회(frontal lobe, medial frontal gyrus, BA 6)에서  $t=7.97$ ,  $t=7.37$ ,  $t=5.06$ 의 활성화와 상전두회(superior frontal gyrus)에서도 활성화( $t=5.93$ ), 그리고 후두엽의 방추회(fusiform gyrus)에서 유의미한 수준의 활성화( $t=6.43$ )가 관찰되었다.

좌측대뇌에서는 두정엽의 중심후회(postcentral gyrus, BA 40)에서 활성화( $t=6.35$ ), 하두정소엽(inferior parietal lobule, BA 40)의 활성화( $t=5.97$ ,  $t=4.31$ ), 중심후회(postcentral gyrus)에서 활성화( $t=5.87$ ), 췌기전소엽(precuneus)에서  $t=5.74$ , 그리고 변연엽의 대상회(cingulate gyrus, BA24)의 활성화( $t=6.00$ )가 보였으며, 설상회(lingual gyrus), 측두엽의 하측두회(inferior temporal gyrus, BA 20)에서 활성화 영역이 포함되었다.

소뇌에서는 우측소뇌 후엽의 경계부위에서 활성화( $t=4.91$ )가 관찰되었다.



<Table IV. 4> Statistics : volume summary of pre-test stroke subjects 2

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)		Talairach	Anatomic location(BA)
0.000(14)	1900	7.46	10.70	30,-30, 56	Rt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(4)
	176	6.23	7.97	12,-30, 56	Rt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus(6)
		5.91	7.37	2,-30, 56	Rt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus(6)
		4.47	5.06	8,-28, 68	Rt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus
	51	6.02	7.58	-8,-68,-36	Lt cerebellum, posterior lobe, uvula
	122	5.36	6.43	24,-80,-20	Rt cerebrum, occipital lobe, fusiform gyrus
		4.36	4.91	16,-80,-20	Rt cerebellum, posterior lobe, declive
	205	5.32	6.35	-54,-34, 50	Lt cerebrum, parietal lobe, postcentral gyrus(40)
		5.30	6.32	-44,-16, 42	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(6)
		5.28	6.29	-52,-24, 42	Lt cerebrum, parietal lobe, postcentral gyrus
	22	5.09	6.00	-8,-10, 48	Lt cerebrum, limbic lobe, cingulate gyrus(24)
	56	5.07	5.97	-64,-30, 24	Lt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal lobule
		3.91	4.31	-66,-34, 32	Lt cerebrum, parietal lobe, inf. parietal lobule(40)
		3.79	4.16	-60,-20, 20	Lt cerebrum, parietal lobe, postcentral gyrus
	14	5.05	5.93	12, 24, 54	Rt cerebrum, frontal lobe, superior frontal gyrus
	32	5.05	5.92	-30, 8,-40	Lt cerebrum, temporal lobe, sup. temporal gyrus
	22	5.04	5.91	-16,-50, 48	Lt cerebrum, parietal lobe, precuneus
	28	5.01	5.87	-62, -4, 32	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(4)
	36	4.95	5.77	-30,-18, 70	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus
	114	4.93	5.74	-16,-96, 4	Lt cerebrum, occipital lobe, cuneus(17)
		4.69	5.39	-14,-98, -6	Lt cerebrum, occipital lobe, cuneus(17)
		3.94	4.35	-16,-88, -4	Lt cerebrum, occipital lobe, lingual gyrus
	10	4.89	5.68	-56, -8,-26	Lt cerebrum, temporal lobe, inf. temporal gyrus(20)

(c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.

(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.

(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.

<Table IV. 5>는 63세 여성으로 좌측 편마비 환자로 좌측대뇌 두정엽의 대뇌회전하의 백색질(sub-gyral, white matter)에서 가장 높은 정도의 활성화( $t=8.24$ )가 나타났으며, 전두엽의 중심전회(precentral gyrus, BA 4)에서도 높은 수준의 활성화( $t=7.97$ )가 관찰되었다. 그리고 양측성 후두엽의 대뇌회전하의 백색질(sub-gyral, white matter)에서 활성화(우측  $t=4.80$ , 좌측  $t=5.99$ ), 양측성 측두엽의 상측두회(superior temporal gyrus)에서도 유의미한 수준의 활성화(우측 $t=6.25$ ,  $t=5.82$ ) 영역이 포함되었다.

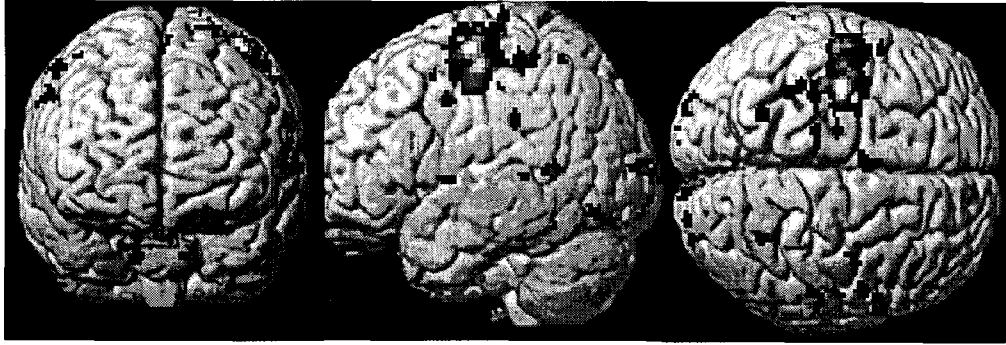
우측대뇌 후두엽의 중후두회(middle occipital gyrus)에서 가장 높은 활성화( $t=7.04$ )가 나타났고, 설소엽(cuneus)의 활성화( $t=6.93$ )와 전두엽에서는 상전두회(superior frontal gyrus), 중전두회(middle frontal gyrus) 그리고 두정엽에서는 하두정소엽(inferior parietal lobule, BA 40)에서  $t=5.71$ , 변연상회(supramarginal gyrus)에서의 활성화( $t=3.51$ )와 우측대뇌의 설상회(lingual gyrus, BA 17)에서 활성화 영역이 포함되었다.

우측소뇌의 전엽에서는 소뇌정상(culmen)에서 가장 높은 활성화( $t=6.97$ ,  $t=6.82$ )가 나타났으며, 후엽에서는 소뇌비탈(declive)에서  $t=6.49$ 의 활성화 및 소뇌목젖(uvula)에서 활성화( $t=5.81$ ) 그리고 소뇌편도(tonsil)에서  $t=4.51$ 의 활성화, 하반달소엽(inferior parietal lobule, BA 40)에서도 유의미한 수준의 활성화( $t=4.17$ )가 관찰되었다.

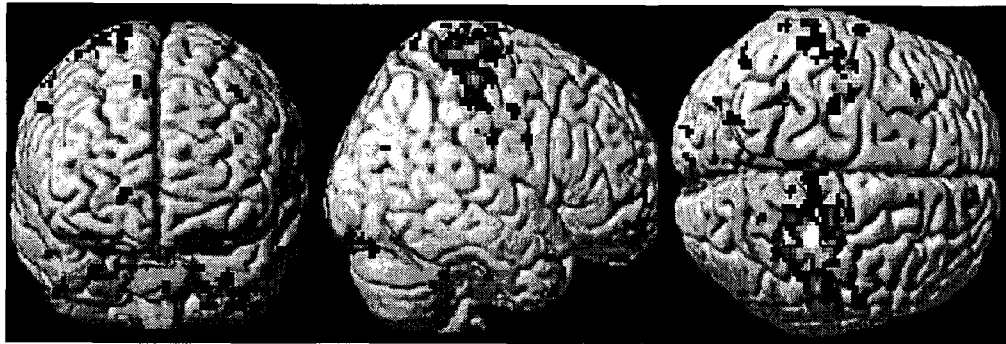
<Table IV. 5> Statistics : volume summary of pre-test stroke  
subject 3

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)	Talairach	Anatomic location(BA)
0.000(12)	934	6.37	8.24 -32,-30, 50	Lt cerebrum, parietal lobe, sub-gyral, white matter
		6.23	7.97 -34,-32, 64	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(4)
151	5.72	7.04	34,-92, -4	Rt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gyrus
		5.53	6.71 32,-98, 4	Rt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gyrus
		4.28	4.80 34,-82, -6	Rt cerebrum, occipital lobe, sub-gyral, white matter
271	5.68	6.97	18,-56,-24	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen
		5.59	6.82 22,-48,-26	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen
		5.40	6.49 8,-60,-18	Rt cerebellum, posterior lobe, declive
349	5.66	6.93	14,-100, 4	Rt cerebrum, occipital lobe, cuneus(17)
		5.50	6.65 18,-94, -6	Rt cerebrum, occipital lobe, lingual gyrus(17)
29	5.25	6.25	52,-48, 16	Rt cerebrum, temporal lobe, superior temporal gyrus
18	5.09	5.99	-34,-60,-10	Lt cerebrum, occipital lobe, sub-gyral, white matter
29	4.98	5.82	-62,-46, 20	Lt cerebrum, temporal lobe, superior temporal gyrus
71	4.97	5.81	14,-76,-42	Rt cerebellum, posterior lobe, uvula
		4.06	4.51 26,-58,-42	Rt cerebellum, posterior lobe, cerebellar tonsil
		3.80	4.17 14,-62,-46	Rt cerebellum, posterior lobe, inferior semilunar lobule
41	4.91	5.71	58,-46, 26	Rt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal lobule(40)
		3.28	3.51 60,-54, 28	Rt cerebrum, parietal lobe, supramarginal gyrus
65	4.87	5.66	24, 6, 58	Rt cerebrum, frontal lobe, superior frontal gyrus
		4.28	4.80 28, 14, 60	Rt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus
		3.89	4.28 36, 12, 62	Rt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus

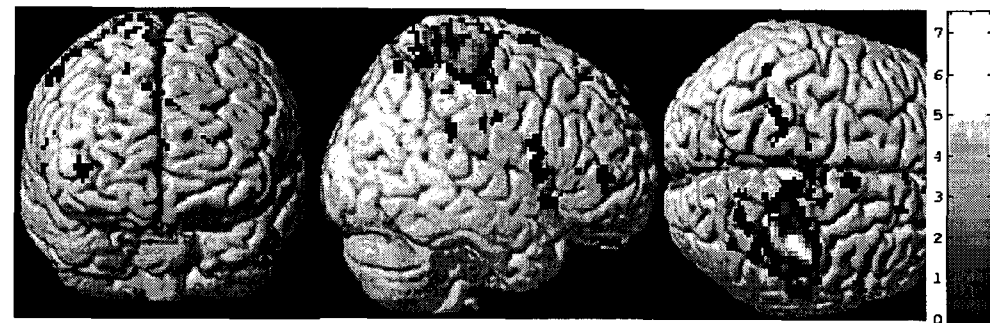
- (c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.  
(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.  
(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.



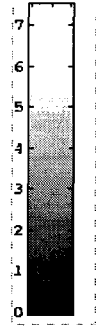
A.



B.



C.



<그림 IV. 2> Activation patterns on functional MRI before task-oriented movement for stroke subjects 1(A), stroke subjects 2(B) and stroke subjects 3(C) of rendered brain templat.

#### 4. 성인 편마비 환자의 항 조절 운동 후의 뇌 활성화 양상

<Table IV. 6>은 항조절점 운동 후의 편마비 환자 1으로 좌측대뇌의 전두엽에서는 중전두회(middle frontal gyrus)에서 가장 높은 활성화( $t=11.47$ )를 보였으며, 중심전회(precentral gyrus)에서  $t=11.45$ ,  $t=5.92$ 로 활성화되었다. 그리고 양측성 내측전두회(medial frontal gyrus, BA 32)의 활성화( $t=9.49$ ,  $t=4.83$ ), 중전두회(middle frontal gyrus)의 활성화( $t=6.42$ ), 그리고 하전두회(inferior frontal gyrus), 반구간(inter-hemispheric)에서도 높은 활성화( $t=6.26$ )영역이 활성화되었다.

두정엽에서는 중심후회(postcentral gyrus), 하두정엽(inferior parietal gyrus), 후두엽에서는 양측성 중후두회(middle occipital gyrus, BA 19)에서 활성화가 보였다.

우측대뇌에서는 후두엽의 방추회(fusiform gyrus)에서의 활성화( $t=6.02$ )가 보였으며, 두정엽의 상두정소엽(superior parietal lobule, BA 7), 췌기전소엽(precuneus, BA 7)에서의 활성화가 나타났다.

우측소뇌에서는 후엽의 소뇌비탈(declive)에서  $t=9.46$ ,  $t=8.96$ ,  $t=7.98$  정도의 높은 수준의 활성화 영역이 관찰되었다.

<Table IV. 6> Statistics : volume summary of post-test stroke subject 1

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)	Talairach	Anatomic location(BA)	
0.000(11)	1108	7.74	.11.47	-34,-12, 46	Lt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus(4)
		7.73	11.45	-40, -6, 62	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(6)
	379	6.95	9.49	-6, 2, 52	Lt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus(6)
		5.26	6.26	0, 10, 62	inter-hemispheric
	548	4.30	4.83	8, 6, 52	Rt cerebrum, frontal lobe, med. frontal gyrus(32)
		6.94	9.46	18,-62,-24	Rt cerebellum, posterior lobe, declive
		6.71	8.96	14,-56,-18	Rt cerebellum, posterior lobe, declive
		6.23	7.98	28,-60,-24	Rt cerebellum, posterior lobe, declive
	212	5.91	7.38	44,-72,-12	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus(18)
		5.16	6.10	34,-84,-12	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus(18)
	35	5.11	6.02	36,-74,-20	Rt cerebrum, occipital lobe, fusiform gyrus
		5.53	6.71	-68,-24, 20	Lt cerebrum, parietal lobe, postcentral gyrus
	61	5.43	6.55	-28,-80,-14	Lt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gyrus(18)
		4.38	4.94	-38,-68,-16	Lt cerebrum, occipital lobe, sub-gyral, white matter
	82	4.18	4.66	-36,-76,-16	Lt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gyrus
		5.36	6.42	-30, 6, 48	Lt cerebrum, occipital lobe, mid. frontal gyrus(6)
	453	5.34	6.39	44,-76, 0	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus
		5.07	5.97	28,-92, 16	Rt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gy
	139	4.95	5.78	36,-86, 6	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus(19)
		5.04	5.92	-52, 0, 36	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(6)
	247	4.26	4.77	-58, 10, 24	Lt cerebrum, frontal lobe, inferior frontal gyrus
		5.24	6.23	-34,-50, 58	Lt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal gyrus
	103	4.42	5.00	-24,-52, 56	Lt cerebrum, parietal lobe, sub-gyral, white matter
		5.15	6.09	28,-58, 60	Rt cerebrum, parietal lobe, sup. parietal lobule(7)
		3.46	3.73	30,-52, 50	Rt cerebrum, parietal lobe, precuneus(7)

- (c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.  
(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.  
(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.

<Table IV. 7>은 항조절점 운동 후의 편마비 환자 2로서 좌측 대뇌에서 후두엽의 대뇌회전하의 백색질(sub-gyral, white matter)에서 높은 수준의 활성화( $t=10.04$ )가 관찰되었고, 하후두회(inferior occipital gyrus)에서  $t=9.91$ 의 활성화, 측두엽의 방추회(fusiform gyrus)의 활성화( $t=8.99$ ), 상측두회(superior temporal gyrus)의 활성화( $t=8.06$ ), 두정엽에서의 중심후회(postcentral gyrus, BA 7)의 활성화( $t=9.09$ ), 상두정소엽(superior parietal lobule, BA 7)에서 각각  $t=6.16$ ,  $t=6.01$ 의 활성화, 좌측대뇌의 뇌하엽(sub-lobar) extra-nuclear에서도 활성화( $t=5.33$ ) 영역이 포함되었다.

변연엽에서는 해마방회(parahippocampal gyrus, amygdala)에서  $t=8.58$ 의 활성화가 나타났으며, 대상회(cingulate gyrus)에서  $t=7.26$ ,  $t=6.66$ ,  $t=5.46$ 의 특징적인 활성화가 관찰되었다.

우측대뇌에서는 후두엽의 중후두회(middle occipital gyrus)의 활성화( $t=10.34$ )와 설상회(cuneus gyrus)에서 각각  $t=10.32$ 로 활성화가 관찰되었으며, 측두엽의 대뇌회전하의 백색질(sub-gyral, white matter)에서  $t=9.60$ 의 활성화, 중측두회(middle temporal gyrus) 그리고 췌기전소엽(precuneus)의 활성화( $t=5.12$ )가 나타났다.

우측소뇌에서는 전엽의 소뇌정상(culmen)에서  $t=9.38$ 과  $t=7.45$ 의 높은 수준의 활성화가 관찰되었고, 후엽에서는 소뇌비탈(declive)에서  $t=7.87$ 의 활성화가 이루어졌다.



<Table IV. 7> Statistics : volume summary of post-test stroke subjects 2

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)		Talairach	Anatomic location(BA)	
0.000(10)	2513	7.19	10.04	-38,-80, -6	Lt cerebrum, occipital lobe, sub-gyral, white matter	
		7.13	9.91	-30,-84, -8	Lt cerebrum, occipital lobe, inf. occipital gyrus	
	2037	7.31	10.34	28,-100, 8	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus	
		7.18	10.02	18,-104,-4	Rt cerebrum, occipital lobe, cuneus(18)	
		7.00	9.60	42,-76, -6	Rt cerebrum, temporal lobe, sub-gyral, white matter	
		1619	7.05	9.72	-48,-80, 6	Rt cerebrum, occipital lobe, mid. occipital gyrus
		6.73	8.99	-42,-48,-20	Lt cerebrum, temporal lobe, fusiform gyrus	
		6.27	8.06	-48,-30, 4	Lt cerebrum, temporal lobe, superior temporal gyrus	
		1542	6.90	9.38	26,-54,-24	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen
		6.18	7.87	28,-66,-24	Rt cerebellum, posterior lobe, declive	
		5.95	7.45	30,-44,-28	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen	
		333	6.86	9.27	32,-34, 42	Rt cerebrum, parietal lobe, sub-gyral, white matter
		6.10	7.73	28,-50, 46	Rt cerebrum, parietal lobe, sub-gyral, white matter	
		4.51	5.12	20,-54, 44	Rt cerebrum, parietal lobe, precuneus	
		120	6.77	9.09	-8,-58, 70	Lt cerebrum, parietal lobe, postcentral gyrus(7)
		5.20	6.16	-14,-64, 62	Lt cerebrum, parietal lobe, sup. parietal lobule(7)	
		5.10	6.01	-26,-62, 62	Lt cerebrum, parietal lobe, sup. parietal lobule(7)	
		144	6.53	8.58	-26, -8,-16	Lt cerebrum, limbic lobe, parahippocampal gyrus amygdala
		4.65	5.33	-34,-18, -8	Lt cerebrum, sub-lobar, extra-nuclear, white matter	
		37	5.99	7.52	-40, 38, 16	Lt cerebrum, frontal lobe, inferior frontal gyrus
		19	5.94	7.43	36, 2,-50	Rt cerebrum, temporal lobe, mid. temporal gyrus(20)
	178	5.84	7.26	-8, 0, 38	Lt cerebrum, limbic lobe, cingulate gyrus	
		5.50	6.66	-10, 14, 36	Lt cerebrum, limbic lobe, cingulate gyrus	
		4.74	5.46	-16, 4, 34	Lt cerebrum, limbic lobe, cingulate gyrus	

(c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.

(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.

(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.

<Table IV. 8>은 항조절점 운동 후의 편마비 환자 3의 결과로써 우측 대뇌에서는 후두엽의 설소엽(cuneus)에서 가장 높은 수준의 활성화( $t=11.52$ )와 중후두회(middle occipital gyrus) 및 대뇌회전하의 백색질(sub-gyral, white matter) 그리고 설상회(lingual gyrus, BA 17)에서 활성화되었다.

전두엽에서는 하전두회(inferior frontal gyrus, BA 9)의 활성화( $t=8.61$ ,  $t=7.64$ ) 및 중전두회(middle frontal gyrus, BA 6)에서 높은 수준의 활성화( $t=8.04$ ,  $t=5.74$ )가 관찰되었다.

좌측대뇌에서는 전두엽에서는 중심전회(precentral gyrus)가 유의미한 수준의 활성화( $t=7.60$ ), 두정엽의 하두정소엽(inferior parietal lobule, BA 40)에서  $t=9.87$ ,  $t=7.00$ ,  $t=6.10$ 의 높은 수준의 활성화가 이루어졌으며, 상전두회(superior frontal gyrus), 내측전두회(medial frontal gyrus, BA 6)에서 각각  $t=6.55$ ,  $t=6.45$ 로 활성화되었다.

우측소뇌에서는 전엽의 치상회(dentate gyrus)에서  $t=11.28$ 의 가장 높은 활성화가 나타났으며, 소뇌정상(culmen)에서도 높은 수준의 활성화( $t=9.10$ )되었다. 후엽에서는 소뇌용기(tuber)에서 유의미한 수준의 활성화와 반구간(inter-hemispheric)에서  $t=4.07$ 의 특징적인 활성화가 관찰되었다.

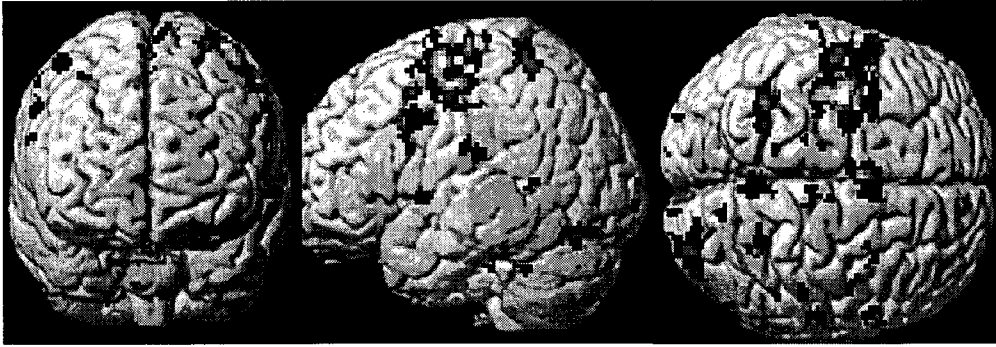
<Table IV. 8> Statistics : volume summary of post-test stroke subjects 3

Set(c)	Cluster(k)	Voxel(z,t)	Talairach	Anatomic location(BA)
0.000(11)	1267	6.03 7.60	-54, -6, 48	Lt cerebrum, frontal lobe, precentral gyrus(4)
	906	7.76 11.52	14,-98, 2	Rt cerebrum, occipital lobe, cuneus
		6.21 7.93	18,-94, -6	Rt cerebrum, occipital lobe, lingual gyrus(17)
		5.48 6.62	22,-94, 4	Rt cerebrum, occipital lobe, middle occipital gyrus
	2386	7.67 11.28	18,-58,-26	Rt cerebellum, anterior lobe, dentate
		6.78 9.10	24,-50,-28	Rt cerebellum, anterior lobe, culmen
	147	7.12 9.87	-66,-28, 22	Lt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal lobule(40)
	272	6.54 8.61	54, 4, 30	Rt cerebrum, frontal lobe, inferior frontal gyrus(9)
		6.05 7.64	58, 8, 36	Rt cerebrum, frontal lobe, inferior frontal gyrus(9)
		3.26 3.50	56, 16, 46	Rt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus(6)
	195	6.26 8.04	44, 2, 62	Rt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus(6)
		4.93 5.74	50, 4, 52	Rt cerebrum, frontal lobe, middle frontal gyrus(6)
	177	6.22 7.96	-50,-64, 14	Lt cerebrum, occipital lobe, mid. temporal gyrus(19)
		5.48 6.63	-58,-68, 12	Lt cerebrum, occipital lobe, mid. temporal gyrus(19)
		3.92 4.32	-60,-64, 2	Lt cerebrum, occipital lobe mid. temporal gyrus(37)
	139	5.70 7.00	-38,-50, 54	Lt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal lobule(40)
		5.16 6.10	-40,-44, 48	Lt cerebrum, parietal lobe, inferior parietal lobule
	229	5.43 6.55	-2, -8, 68	Lt cerebrum, frontal lobe, superior frontal gyrus
		5.37 6.45	-2,-10, 58	Lt cerebrum, frontal lobe, medial frontal gyrus(6)
		3.72 4.07	0, 8, 62	inter-hemispheric
	48	5.32 6.36	46,-66,-14	Rt cerebrum, occipital lobe, sub-gyral, white matter
	46	5.09 6.00	46,-72,-32	Rt cerebellum, posterior lobe, tuber

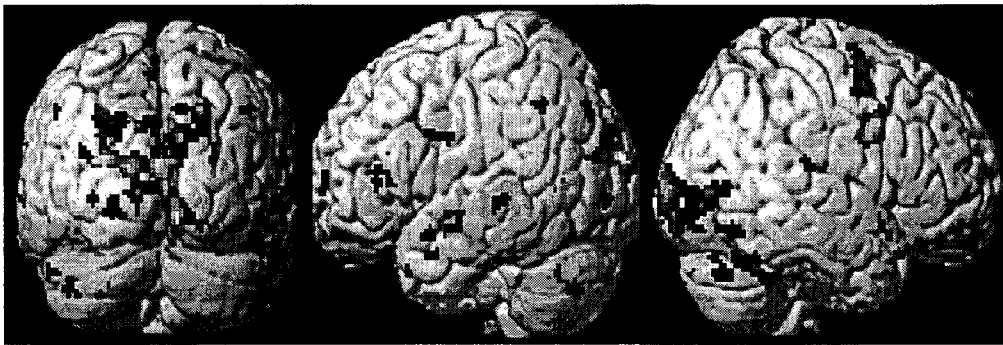
(c) Probability of detecting the number of actually observed cluster.

(k) Probability of detecting a cluster of given size and peak Z-score K=number of voxel in cluster.

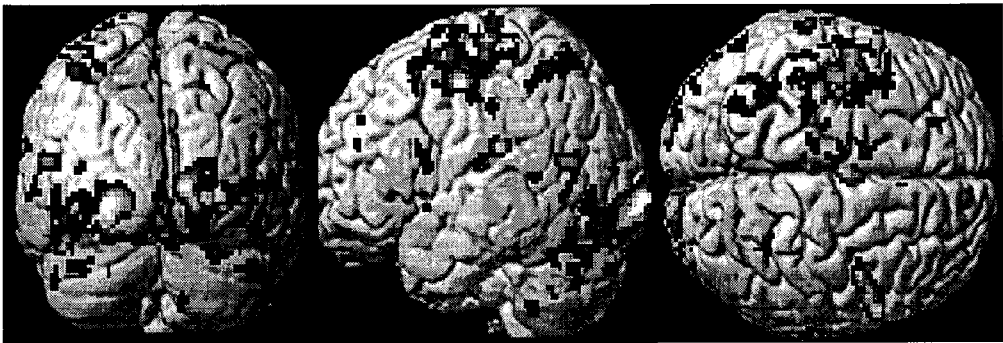
(z) Peak voxel level P-value(corrected for number of resolution elements) and Z-score and T-score.



A.



B.



C.

<그림 IV. 2> Activation patterns on functional MRI after task-oriented movement for stroke subjects 1(A), stroke subjects 2(B) and stroke subjects 3(C) of rendered brain templates.

## V. 고찰

뇌졸중은 성인 운동기능 장애의 가장 큰 질환으로 대부분의 뇌졸중 환자들이 기능적으로 완전히 회복되지는 못한다. 회복의 일반적인 내력과 패턴은 뇌졸중의 영향을 받는 신경학적 관점에서 묘사되어 왔다. 뇌졸중 후에 환자들의 회복단계는 다양하다. 회복이라는 것은 미묘한 생리학적 사건에 기초하며 이 사건을 규명하고, 측정하는 것은 뇌졸중 회복의 메커니즘을 이해하는데 보다 도움을 준다(Steven 등, 2000).

fMRI는 비침습적으로 인간의 뇌기능을 생체 내에서 직접 영상화할 수 있는 도구로써 그 활용성이 매우 크다. 특히 뇌손상 후 뇌신경망의 와해양상과 운동치료에 따른 신경망 재조직 상태를 직접 관찰할 수 있으며 이러한 신경망의 가소성을 촉진할 수 있는 각종 운동치료기법의 개발과 이의 유용성을 밝히는데 필수적인 도구라 할 수 있다(김연희, 2000).

본 연구자는 상지의 자발적인 회복기간은 지났고, 일상생활에서 마비측 상지는 거의 사용하지 않고 정상측 상지로만 일상생활을 영위하고 있는 편마비 환자 3명을 대상으로 몸통의 중심이동과 사지의 분리된 운동을 위한 Bobath의 항조절점 운동이 중추신경계 내의 신경원 활동정도를 알아보기 위해 중재 전·후에 비침습적인 뇌영상학 기법인 기능적 자기공명영상을 사용하였다.

Krakauer 와 Ghez (2000)는 운동기술 습득 시 운동학습은 속도, 정확성, 자동성과 적응성을 획득하게 된다. 이러한 운동기술 습득과 학습의 행동학적 결과는 일차운동 피질영역과 보완운동 피질영역과 감각 피질영역에서 일어나는 신경학적 재조직화를 동반하게 된다. 피질영역의 운동회로에서 일어나는 재조직화는 치료적 중재에서 강조되어지는 감각성 또는 운동성 활동에 의존하여 변화되어진다. 일차운동피질은 자발적 운동을 생성하고 조절하는 역할을 담당하고, 특히 상지에서 손과 손가락 운동에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 이는 뇌졸중과 같은 다른 국소적인 뇌병변 후 운동기능 향상을 위한 운동치료 중재의 중요성을 강조해야 한다는 이론적 근거가 된다.

본 연구에서 성인 편마비 환자에게 항조절점 운동 중재 전·후 fMRI를 적용한 결과 일차 운동 영역(primary motor area, BA 4, M 1)은 환자 1에서  $t=14.11$ , 환자 2에서  $t=10.70$ , 환자 3에서  $t=7.97$ 로 활성화되었지만, 중재 후에는 환자 1에서  $t=11.47$ , 환자3에서  $t=7.60$ 으로 활성화가 관찰되었다. 본 연구의 일차운동 영역의 활성화가 감소되었지만 보완 운동피질과 감각피질 영역에서 활성화가 확대됨으로 위의 연구 결과 및 이론적 근거와 유사한 결과를 보였다.

Cao 와 Olhaberrriague 등(1998)은 뇌졸중으로 인한 편측 부전마비 이후 뇌의 운동기능 활성화를 평가하기 위한 예비실험에서 뇌졸중 환자 8명 중 6명이 마비된 손을 움직이는 동안 동측 감각운동기의 활성화가 확장되었으며, 이 6명 중 3명이 주 감각운동기에 양측성 활성화가 나타난 반면 나머지 3명은 동측 활성화만 나타났다. 그리고 정상인 피실험자와 비교했을 때, 두 명의 환자는 마비된 손이 움직일 때 동측 전운동 & 등외측쪽 전전두엽 피질영역이 확장 활성화되었다. 좌측 전두공 경색부가 있는 환자 2명은 동측 마비인 손이 움직일 때, 우측 변연상회와 우측 전운동피질에서 충분한 활성화가 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서는 이차시각 영역 (secondary visual area, BA 17, 18, V II)의 활성화는 중재 전에는 환자 1에서 좌측 대뇌 후두엽의 중후두회 활성화( $t=6.85$ ,  $t=5.39$ ), 우측대뇌 후두엽의 설소엽이 활성화( $t=6.14$ )되었고, 환자 2에서는 좌측대뇌 후두엽의 설소엽이  $t=5.74$ ,  $t=5.39$ 의 활성화와 설상회에서  $t=4.35$ 로 활성화되었다. 환자 3에서는 우측 후두엽의 설소엽( $t=6.93$ )과 설상회( $t=6.65$ )에서 유의미한 수준의 활성화가 관찰되었다. 한편 중재 후에 환자 1에서는 우측대뇌 후두엽의 중 후두회( $t=7.38$ ,  $t=6.10$ )의 활성화, 환자 2에서 우측 대뇌 후두엽의 중후두회( $t=10.34$ ), 설소엽( $t=10.02$ )의 활성화, 환자 3에서는 우측대뇌 후두엽의 설소엽( $t=11.52$ )과 설상회( $t=7.93$ ) 그리고 중후두회( $t=6.62$ )에서 활성화되었다. 본 연구의 결과는 환자 1은 중재 전 양측성 이차감각 영역에서 활성화가 나타난 반면, 환자 2, 3에서는 반대측 감각영역에서 활성화가 나타났다. 중재 후 환자 1에서 반대측 감각영역, 환자 2, 3은 동측 감각영역에서 활성화됨으로 위의 연구와 유사한 결과를 보였다.

진공용 등(1999)은 24명의 건강한 20대 남자를 대상으로 각각 6명씩 4개의 군으로 나누었다. 손가락과 손가락이 서로 닿지 않게 다섯 손가락을 모두 쥐었다 폈다 하는 동작(I군)과 엄지손가락만 움직이는 동작(II군), 손바닥에 계속 원을 그리는 동작(III군)과 약 40℃의 물주머니를 놓았다 띄는 동작(IV군)을 1.5T fMRI로 실험을 하였다. 24명의 48개 영상 중 32개 영상에서 Brodmann 6의 내측부위에 활성도를 보였다. I군의 경우 5명에서 활성도, II군의 경우, 5명에서 활성도를 보였고, III군의 경우, 5명에서 활성도, IV군의 경우는 5명에서 활성도를 보였으며, 그 중 3명에서 대칭적으로 양측에 보완운동영역이 활성화되었다.

Cramer 등(1997)은 첫 반구 뇌졸중으로부터 상당히 호전된 10명의 환자를 대상으로 한 fMRI실험 연구에서 회복된 손의 검지 운동동안 환자들은 비슷한 나이로 구성된 대조군과 똑같이 양측성 운동지역이 활성화되었다. 운동 중에 활성도가 증가된 지역으로는 감각운동 피질주위의 중심부에 위치한 비뇌졸중 반구에서의 운동 네트워크인 보완운동영역과 피질경색 주위이다. 비뇌졸중 손의 운동은 비뇌졸중 반구의 감각운동 피질에서 활성화의 감소와 연관이 된다고 하였다.

Rao 등(1993)은 fMRI를 이용하여 엄지손가락만 이용한 단순동작과 다섯 손가락 모두 움직이는 복잡한 동작을 시행하였다. 그들은 SMA는 복합동작에 중요한 역할을 하며, 단순동작을 하는 경우 반대측의 주운동영역에서 주로 활성도를 보였지만, 복합동작을 하는 경우 양측 일차적 운동감각영역, 반대측 SMA와 전운동 영역에서도 활성도를 보였다고 하였다.

SMA는 1949년 Penfield가 원숭이의 뇌를 연구하던 중 처음으로 언급하였다. 그는 전기적 자극 시에 주운동 영역 이외에 Brodmann 6의 내측에도 동시에 활성도를 보였고, 따라서 이 부위가 몸의 운동에 관여한다고 언급하였다.

Wiesendanger 등(1994)은 바이오투이트 아민 텍스트란(biotinylated dextran amine, BDA)과 콜레라 독신 B(cholera toxin-B)를 이용하여 원숭이의 손에 전기적 자극을 주었을 때, 일차적 운동감각 영역과 SMA에서 활성도가 나타남을 증명하였고, 이것을 근거로 SMA를 지도화 하였다.

본 연구에서도 보완 운동영역(supplementary motor area, BA 6, SMA)



은 중재 전에 환자 1에서 동측으로  $t=14.11$ ,  $t=8.59$ , 환자 2는 동측으로  $t=7.97$ ,  $t=7.37$ 로 활성화되었지만 중재 후에는 환자 1은 동측으로  $t=11.45$ ,  $t=9.49$  환자 3에서  $t=8.04$ ,  $t=5.74$ ,  $t=6.45$ 의 양측성으로 활성화 범위가 확대 되었으므로 선행연구들과 일치함을 보였다. 또한 SMA가 보조운동영역으로 즉 복합동작의 상위중추로서 손과 손가락의 운동자극에 관여한다는 것을 보여주었다. 앞으로 자기공명영상기기가 기술적으로 더욱 발전하고 SMA의 활성화를 정확하게 유도할 수 있는 다양한 자극방법이 개발된다면 신경의학의 기초 및 운동치료에 큰 역할을 할 것으로 사료된다.

Cao 등(1998)은 손가락 운동동안 반구 뇌졸중으로 다소 좋은 회복을 보여 주는 8명의 환자를 대상으로 3T fMRI 실험에서 증가된 민감도를 보였다. 회복된 손의 움직임 동안 환자 중 여섯은 비뇌졸중 감각운동 피질에서 활성화 면적이 증가됨을 보였고, 두 명은 비뇌졸중 변연상(supramarginal gyrus)의 활성화를 보여주었다.

장성호 등(2001)은 신경학적 증상과 병력이 없는 성인 8명과 뇌손상 환자 5인을 대상으로 fMRI를 촬영한 결과 정상인 8인, 즉 총 16개의 손 중 15개의 손과 환자 5인의 이완되지 않은 손운동 시 반대측 일차운동 피질꼭지(knob)를 중심으로 일차운동 피질이 활성화되었다. 정상인 중 1인의 한 손에서 반대측 SM1과 동측 일차운동피질(primary motor cortex, M1) 및 보조운동영역이 동시 활성화되었다. 뇌손상 환자의 이완측 손운동 시 환자 1에서는 일차감각피질(primary sensory cortex, S1), 환자 2, 3에서는 양측 SM1, 환자 4, 5에서는 반대측 SM1이 활성화되었다.

본 연구에서는 편마비 환자에서는 중재 후 환자 1에서 우측대뇌 후두엽의 방추회( $t=6.02$ ), 두정엽의 상두정소엽, 췌기전소엽이 유의미한 수준의 활성화와 환자 2에서는 변연엽의 해마방회( $t=8.58$ ), 대상회( $t=7.26$ ,  $t=6.66$ ,  $t=5.46$ )활성화, 환자 3에서는 좌측대뇌 두정엽의 하두정소엽( $t=9.87$ ,  $t=7.00$ ,  $t=6.10$ )에서 활성화되었다.

이진희(2002)는 뇌활성 영역의 기능적 연계성을 확인하기 위해 그룹 1에 속하는 환자 1명과 그룹 2에 속하는 환자 2명을 대상으로 과제지향 상지운동 학습 전·후의 피질 운동성에 대해 fMRI실험한 결과, 환자 1에서는 반대측(오른쪽) 일차감각 - 운동피질과 동측 일차운동영역 및 후두엽에서도

활성화되었다. 환자 2에서는 반대측(오른쪽) 일차 감각피질에서만 활성화되었고, 환자 3에서는 반대측 일차감각 - 운동영역의 활성화가 감소, 동측의 전운동영역의 활성화는 사라진 것으로 확인되었다. 즉 치료 중재 전 산발적 양상으로 나타난 뇌활성 영역이 과제지향 상지운동 학습 후 특이적으로 손상부 뇌피질 영역과 손상주변부(perilesional)의 구조적 재구성 특성으로 선택적이고 초점적인 운동영역에서 확인되었다. 이러한 피질 부위는 손상된 체지의 손가락과 손의 기술적인 운동조절에 중요한 역할을 담당하는 영역이며, 피질척수로 투사의 효율적인 기능과 연계된다고 하였다.

본 연구에서는 성인 편마비 환자 3명을 대상으로 항조절점 운동 전·후의 피질의 활성화에 대한 fMRI의 결과 환자 1은 동측 일차운동영역은 활성화가 감소한 반면 보완운동영역은 동측으로 활성화 범위가 확대되었고, 환자 2는 중재 전 양측성 일차운동 영역의 활성화와 중재 후 감각 피질 영역이 활성화되었다. 환자 3에서는 일차운동영역은 감소되었지만 보완운동영역은 활성화 범위가 확대되었다. 본 연구의 결과는 환자 1, 3에서 일차운동영역은 감소되었지만 손과 손가락 운동자극에 특징적으로 관여하는 보완운동영역의 활성화는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 손상된 손과 손가락의 기능적인 운동기능 향상에 중요한 역할을 담당할 것이라는 위의 연구결과와 유사한 이론적 근거로 사료된다.

Ralph 등(2002)은 7명의 건강한 남자를 대상으로 대조군에서는 집게 손가락에 550ms속도로 상응하는 손가락 버튼을 누르도록 지시하였고, 실험군 1에서는 6단위 조합(4-2-3-4-1-3)이 각각 40초의 봉치를 통하여 10회씩 반복하였으며, 실험 2에서는 8단위 조합(2-4-2-1-3-4-2-3)이 2개의 EPI 수행을 통하여 총 48회 반복 fMRI 실험한 결과 전두엽에서는 중심전회와 중전두회의 외측 전운동 피질(area 6)은 세 실험 모두에서 초기 학습동안 양측성 활성화를 보여 주었다. 두정엽에서는 상부 두정엽과 뺨기앞소엽(area 7) 그리고 하부 두정엽(area 40)은 실험 1, 2의 학습동안 강한 양측성 활성화를 보여주었고, 실험 3에서는 비슷한 활성화가 초기 학습 단계에서 나타났지만 후기 학습동안 줄어들었다. 중간 측두의 활성화는 초기 학습계에 비해 후기에 좀더 강했다. 이 영향은 해마엽 영역에서 양측성으로 발생했다. 그리고 새로운 간단한 학습(실험1과 2)과 실험 3의 학습동안

소뇌에서 양측성으로 그리고 층부에서 활성화를 관찰하였다.

본 연구에서도 환자 1에서 좌측소뇌 후엽의 소뇌비탈(declive)에서 활성화( $t=8.12$ ), 우측소뇌 전엽의 소뇌정상(culmen)에서 활성화( $t=7.87$ ), 환자 2에서 우측소뇌 후엽의 소뇌비탈의 활성화( $t=4.91$ ), 환자 3에서 우측소뇌 전엽의 소뇌정상에서의 활성화( $t=6.97$ ,  $t=6.82$ ), 후엽의 소뇌비탈에서의 활성화( $t=6.49$ ) 그리고 소뇌목젖( $t=5.81$ ), 소뇌편도( $t=4.51$ ), 하반달소엽( $t=4.17$ )에서도 유의미한 수준의 활성화가 관찰되었다. 중재 후에는 환자 1은 우측소뇌 후엽의 소뇌비탈에서  $t=9.46$ ,  $t=8.96$ ,  $t=7.98$ 의 활성화와 환자 2에서는 우측소뇌 전엽의 소뇌정상에서  $t=9.38$ ,  $t=7.45$ 의 높은 수준의 활성화가 관찰되었고, 환자 3에서 우측소뇌 전엽의 치상회( $t=11.28$ ), 소뇌정상의 활성화( $t=9.10$ ) 그리고 소뇌용기( $t=6.00$ )에서 활성화 범위가 더 확대되었으며, 중재 전 환자 1에서 양측성 활성화만 관찰되었을 뿐 환자 2는 동측, 환자 3은 반대측으로 활성화되었지만 중재 후에는 환자 1, 2, 3 모두 오른쪽에서 활성화 범위가 확대된 결과로 봐서 위의 연구와는 대조적인 결과를 보였다.

본 연구에서는 뇌졸중으로 인한 뇌손상 환자 3명을 대상으로 Bobath의 항조절점 치료 중재에 따른 대뇌피질의 활성화 양상을 연구한 결과 항조절점에 대한 치료적 중재가 대뇌피질의 활성화에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러나 3명의 환자를 대상으로 한 실험 결과를 모든 뇌졸중 환자에 일반화하여 해석하기에는 제한점이 있을 것이다. 따라서 중추신경계 손상 환자를 대상으로 한 물리치료적 중재에 따른 신경계의 활성화 양상과 가소성 및 뇌손상 후 병변 주위로의 재조직화 되는 회복기전을 과학적인 방법으로 증명할 수 있는 연구들이 많이 나오기를 기대한다.

## VI. 결론

본 연구의 목적은 신경학적 손상에 의한 비정상적인 신체의 균형, 비대칭적인 자세, 체간에서 일어나는 비효율적인 움직임, 하지의 신전과 상지의 과긴장성으로 섬세한 기능을 수행하는 상지의 운동 상실에 따른 편마비 환자에게 Bobath의 항조절점 치료방법인 몸통의 중심이동과 사지의 분리운동을 실시하였다. 편마비 환자에 대한 대뇌피질의 활성화 정도를 알아보기 위해 중재 전·후에 비침습적인 뇌영상학 기법인 기능적 자기공명영상(fMRI)을 사용해서 비교 분석하였다.

뇌손상으로 인한 편마비 환자 3명을 대상으로 손의 운동 기능에 대한 대뇌피질의 활성화를 지도화 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일차운동영역은 활성화가 다소 감소되었지만, 보완운동영역과 시각연합영역은 활성화 범위가 확대되었다( $p < .001$ ).

2. 환자 1에서 양측성 내측전두회, 좌측대뇌 중전두회, 하전두회, 반구간, 우측대뇌 후두엽의 방추회, 두정엽의 상두정소엽, 췌기전소엽, 환자 2에서 변연엽의 해마방회, 대상회 그리고 환자 3에서는 우측 전두엽의 하전두회, 중전두회, 좌측대뇌 두정엽의 하두정소엽 등이 활성화되었다( $p < .001$ ).

3. 소뇌에서는 중재 전 환자 1에서 좌측소뇌 후엽의 소뇌비탈, 우측소뇌 전엽의 소뇌정상, 환자 2는 우측소뇌 후엽의 소뇌비탈, 환자 3에서 우측소뇌 전엽의 소뇌정상, 후엽의 소뇌비탈, 소뇌목젖, 소뇌편도, 하반달소엽에서 유의미한 수준의 활성화가 관찰되었지만, 중재 후 환자 1에서 우측소뇌 후엽의 소뇌비탈, 환자 2에서 우측소뇌 전엽의 소뇌정상, 후엽의 소뇌비탈, 환자 3에서 우측소뇌 전엽의 치상회, 소뇌정상, 후엽의 소뇌용기에서 활성화 범위가 확대되었다( $p < .001$ ).

결론적으로 뇌손상 후 적용된 Bobath의 항조절점 치료방법인 몸통의 중심이동과 사지의 분리운동이 피질회로의 효율성을 증가시켜 대뇌피질의 활성화에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 따라서 Bobath의 항조절점 운동치료에 따른 대뇌피질 활성화의 지도화는 피질척수로에 의한 운동신경 회복기전과 피질 영역의 구조적 가소성 및 재조직화를 유도할 수 있는 매우 유의한 결과로 사료된다.

## 참고 문헌

- 김연희. 재활의학 분야에서 functional MRI의 활용. 대한재활의학회지. 24(3), 349-362. 2000
- 장성호, 한봉수, 장용민 등. 뇌손상후 운동신경기능 회복기전: 기능적 뇌 자기공명영상의 유용성. 한국뇌학회지, 1(1), 85-93. 2001
- 진공용, 정경호, 박학훈 등. 뇌의 기능적 자기공명영상에서 부운동영역의 활성화에 관한 연구. 대한방사선의학회지, 40, 829-834. 1999
- 이진희. 과제 지향 상지운동 학습이 뇌졸중 환자의 운동패턴과 신경재조직화에 미치는 효과. 대구대학교 대학원 박사 학위 논문. 2002
- 이혜영, 정동훈, 박래준, 김진상. 편마비 환자의 중력선 이동에 따른 역학적 분석. 대한물리치료학회지, 11(11), 63~71. 1999
- 유인구, 장기현, 송인찬 등. EPI기법을 이용한 운동성 뇌언어 중추의 기능적 자기공명영상. 대한방사선의학회지, 38, 957-964. 1998
- 황병용, 민경옥, 홍정선. 성인 편 마비를 위한 운동치료의 원칙. 한국 보바스 학회지, 1(1), 55-64. 1996
- Bach-y-Ria, P. Brain plasticity. In "Rehabilitation medicine", St. Louis: The C.V. Mosby Comany, 113-118. 1988
- Belliveau, J. W., Kenney, D. N., Mckinstry, R. C., Burch-binder, B. R., Weisskoff, R. M., Cohen, M. S., Vevea, J. M., Brady, T. J., Rosen, B. R. Functioal mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. Science, 254, 716-719. 1991
- Bly, L. The components of normal movement during the first year of life and abnormal motor development. Birmingham, Ala, Pittenger and Associates Pathway Press. 1983
- Bobath B. Adult hemiplegia evaluation and treatment. London: William Clowers & Sons Ltd. 1971
- Bobath, B. Adult Hemiplegia: evaluation and treatment. 3rd ed. London, Heinemann Medical Books. 1990

- Bryce, J. The Lecture: the Bobath concept. International Bobath Tutors Meeting, Holland: Nijmegen. 1989
- Cao, Y. D., Olhaberrriague, L., Vikingstad, E. M., Levine, S. R., Welch, K. M. A. Pilot study of functional MRI to assess cerebral activation of motor function after post stroke hemiparesis. *Stroke*, 29, 112-122. 1998
- Carr, J. H., Shepherd, R. B. Investigation of a new motor assesement scale for stroke patients. *Phy Ther*, 20, 735-742. 1985
- Cramer, S. C., Nelles, G., Benson, R. R., Kaplan, J. D., Parker, R. A., Kwong, K. K., Kennedy, D. N., Finklestein, S. P., Rosen, B. R. A functioal MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke. *Stroke*, 28, 2518-2527. 1997
- Cummins, R. A., Livesey, R J., Evans J. G. M. A developmental theroy of environmental enrichment. *Science*, 197, 692-694. 1997
- Doyon, J., Song, A. W., Lalonde, F., Karni, A., Adams, M. M., Ungerleider, L. G. Plastic change within the cerebellum associated with motor sequence learning: A fMRI study. *Neuroimage*. 9, 4, S506. 1999
- Edward, S. The incomplete spinal lesion. In Bromley I(ed) *Tetraplegia a guid for physiotherapists*. Edinburgh, Churchill Livingstone. 1991
- Feingberg,, T. E., Farah, M. J. *Behavioral neurology and neuropsychology*. New York, Mcgraw-hill, 3-20, 675-691. 1997
- Frackowak, R. S. J., Friston, K. J., Frith, C. D., Dolan, R. J., Mazziotta, R. J. *Human brain function*, 1st ed. San Diego, Academic press, 25-106, 141-162, 275-300. 1997
- Gilfoyle, E. M. *The spiraing continuum of spatiotemporal adaptat ion*. Children Adapt. Thorofare, NJ: Slack Inc. 1985
- Jette, A. M., Cleary, P. D. Functional disability assessment *phys Ther*. 67, 1854-1859. 1986

- Karni, A., Meye, G., Rey-hipolite, C., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., Ungerleider, L. G. The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven change in primary motor cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*. 95, 861-868. 1998
- Krakauer, J., Ghez, C. Voluntary movement. In Kandel ER, Schwartz JH and Jessell TM(Eds), *Principle of neural science*, Forth edition, McGraw-Hill. 756-779. 2000
- Le Bihan, D. Karni, A. Applications of magnetic resonance imaging to the study of human brain function. *Current Opinion in Neurobiology*. 5, 231-237. 1995
- Leifer, D., Lacadie, C., Fulbright, R. K., Zhong, J., Graham, G. D., Gore, J. C. Functional MRI studies of motor recovery after stroke. *Neuroimage*. 7, 4, S475. 1998
- Mesulam, M. M. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Ann Neurol*. 28, 597-613. 1990
- Myklebust, B. M., Gottlieb, G. L. Spinal reflex organization in early development: electrophysiological measures and proposed motor pathway. *MRDD Research Reviews*, 3, 175-183. 1997
- Ogawa, S., Menon, R. S., Tank, D. W., Merkle, H., Ellermann, J. M., Ugurgill, K. Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast magnetic resonance imaging: A comparison of signal characteristics with a biophysical model. *Biophys J*, 64, 803-808. 1993
- Ralph-Axel Muller, Natalia Kleinhans, Karen Pierce, Nobuko Kemmotsu, Eric Courchesne. *Functional MRI of motor sequence acquisition: effects of learning stage and performance*. 2002
- Rao, S. M., Binder, J. R., Bandettini, P. A. Functional magnetic resonance imaging of complex human movement. *Nurology*, 43, 2311-2318. 1993



- Rothwell, J. C. Habituation and conditioning of human long latency stretch-reflex. *Exp Brain Res*, 63, 197-204. 1986
- Ryerson, S., Levit, K. Functional movement reeducation. Churchill Livingstone. 1997
- Sabari, J. S. Motor control, motor recovery after stroke, In: Deussen, J. V., Brunt, D. Assessment in Occupational Therapy and Physical, W.B Saunders Company, USA, 249-271. 1997
- Seitz, R. J., Knorr, U., Azari, N. P., Herzog, H. Recruitment of a visuomotor in recovery from sensori-motor stroke. *Neuroimage*, 7, 4, S484. 1998
- Steven, C., Cramer, Eric P, Bastings. Mapping clinically relevant plasticity after stroke. 2000
- Stockmeyer, S. A.. An interpretation of the approach of Rook to the treatment of neuromuscular dysfunction. *American Journal of Physical Medicine*, 46, 1, 900-955. 1977
- Talairach, J., Tournoux, P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. Thieme New YORK. 1988
- Uylings, H. B. M., Kuypers, K., Diamond, M. C., Veltman, W. A. H. Effect of differential environment on plasticity of dendrites of cortical pyramidal neurons in adult rats. *Experimental Neurology*, 62, 6580677.1978
- Wiesendanger, M., Rouiller, E. M., Kazennikov, O., Perri, S. Is the supplementary motor area a bilaterally organized. *Adv Neurol*, 70, 85-93. 1996
- Williams, H. G., Mcclenaghan, B. A. Q., Cickerson, J. Spectral characteristics of postural control in elderly individuals. *Arch Phys Med Rehabil*, 78, 7, 737-744. 1977

# The Effect on Activity of Cerebral Cortex by Key-Point Control of The Adult Hemiplegia with fMRI

Lee, Won-Kil

Department of Physical Therapy  
Graduate School of Rehabilitation Science  
Daegu University  
Supervised by prof. Bae, Sung-soo

(Abstract)

This study investigated activation of cerebral cortex in patients with hemiplegia that was caused by neural damage.

Key-point control movement therapy of Bobath was performed for 9 weeks in 3 subjects with hemiplegia and fMRI was used to compare and analyze activated degree of cerebral cortex in these subjects.

fMRI was conducted using the blood oxygen level-dependent(BOLD) technique at 3.0T MR scanner with a standard head coil.

The motor activation task consisted of finger flexion-extension exercise in six cycles(one half-cycles = 8 scans = 3 sec × 8 = 24 sec).

Subjects performed this task according to visual stimulus that sign of right hand or left hand twinkled(500ms on, 500ms off).

After mapping activation of cerebral motor cortex on hand motor function, below results were obtained.

1. Activation decreased in primary motor area, whereas it increased in supplementary motor area and visual association area( $p < .001$ ).

2. Activation was observed in bilateral medial frontal gyrus, middle frontal gyrus of left cerebrum, inferior frontal gyrus, inter-hemispheric, fusiform gyrus of right cerebrum, superior parietal lobule of parietal lobe and precuneus in subject 1, parahippocampal gyrus of limbic lobe and cingulate gyrus in subject 2, and inferior frontal gyrus of right frontal lobe, middle frontal gyrus, and inferior parietal lobule of left cerebrum in subject 3 ( $p < .001$ ).

3. Activation cluster extended in declive of right cerebellum posterior lobe in subject 1, culmen of anterior lobe and declive of posterior lobe in subject 2, and dentate gyrus of anterior lobe, culmen and tuber of posterior lobe in subject 3 ( $p < .001$ ).

In conclusion, these data showed that Key-point control movement therapy of Bobath after stroke affect cerebral cortex activation by increasing efficiency of cortical networks. Therefore mapping of brain neural network activation is useful for plasticity and reorganization of cerebral cortex and cortico-spinal tract of motor recovery mechanisms after stroke.