

뇌손상 부위에 따른 뇌 재조직화의 양상에 관한 증례 보고

권용현*, 박지원**

*대구대학교 대학원 재활과학과

**대구가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

국문초록

목적 : 인간의 뇌는 손상을 받은 후에 자발적인 회복이나 뇌신경 회로의 재조직화를 통해 기존의 기능을 회복할 수 있다. 이러한 뇌의 재조직화가 뇌졸중 환자의 운동 기능회복에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 최근의 뇌지도화 기법이 발달함에 따라, 뇌손상 환자의 운동 기능 회복에 따른 뇌신경망의 재조직화에 대한 몇 가지 기전이 보고되었고, 특히 뇌손상 부위에 따라 뇌활성화되는 양상이 서로 다르게 나타날 수 있다고 추정되고 있다. 따라서 본 연구는 뇌손상 부위에 따른 뇌 활성화도의 양상을 비교하고자 하였다.

연구방법 : 본 연구에 참여한 대상자는 손의 운동 기능이 일상생활을 독립적으로 할 수 있는 정도로 회복되고, 그 기능이 서로 비슷한 대뇌피질(n=2) 또는 방사관(n=2)에 국소적인 손상을 받은 뇌경색 환자 4명과 신경학적 증상에 대한 과거 병력이 없는 정상 성인(n=7)을 대상으로 하였다. 환자군에서 도수근력검사, 악력, 퍼듀-페그 보드와 정상운동의 정도를 측정하였고, 모든 대상자는 손가락의 굴곡과 신전을 반복하는 과제를 실시하는 동안, 기능적 자기공명영상의 촬영에 참가하였고, 이 때 활성화되는 뇌부위를 분석 비교하였다.

결과 : 환자군에서 평가된 손의 운동 기능은 모두 비슷하였지만, 뇌 활성화되는 양상은 서로 다르게 나타났다. 대뇌피질에 손상을 받은 환자들은 정상인 및 그들의 비손상측 손 운동시 활성화되는 양상과 같이 운동을 수행한 손의 반대측 일차운동피질에서 활성화를 보였다. 방사관에 손상을 받은 환자군은 양측의 일차운동피질에서 활성화를 보였다.

결론 : 뇌손상 부위는 대뇌피질과 방사관으로 분류되었고, 손의 운동 기능 회복의 정도는 비슷하였다. 하지만 활성화된 부위는 명확하게 다르게 나타났다. 따라서 뇌손상 부위에 따라 뇌신경 회로의 재조직되는 형태가 서로 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 뇌신경재활의 영역에서 마비된 손의 기능이 회복됨에 따라 뇌신경망에서 나타나는 가소성을 증명하는 것으로, 환자의 예후 측정과 신경생리학적 기전에 대한 이해를 제공할 것으로 생각된다.

주제어 : 기능적 자기공명영상, 뇌 활성화, 손의 운동 기능

I. 서론

뇌졸중은 한국에서 암 다음으로 사망률이 높은 질환으로, 2002년을 기준으로 인구 1만명 당 77명에 이르는 사망률과 높은 유병률을 나타낸다(Kim, 2004). 생존자는 뇌졸중 후, 운동, 감각, 지각, 인지 기능의 장애를 유발할 수 있고, 이로 인해 일상생활동작을 수행하는 능력이 저하되어 사회적 활동을 영위하는 많은 문제점을 유발하여 개인적, 사회적 비용의 손실이 가장 높은 질환으로 분류된다(Kim, Stewart, Shin, & Yoon, 2004). 인간의 활동 중 손을 포함한 상지의 사용은 작업장에서 이루어지는 활동 중 가장 많은 부분을 차지하고 있고, 의사소통에 대한 하나의 수단으로서 사용되며, 운동 기능을 포함한 여러 인지 활동에 중요한 역할을 하고 있다(Buccino, Solodkin, & Small, 2006). 따라서 상지의 운동 기능장애가 뇌졸중 환자가 가장 많은 문제점을 유발하기 때문에, 뇌신경 재활을 위한 다양한 분야에서 상지 운동 기능의 회복을 위한 치료법의 개발과 더불어, 그 회복에 대한 예후나 기전을 밝히는데 많은 관심과 노력이 기울여지고 있다(Boian et al., 2002; Feys et al., 1998; Nelles, Jentzen, Jueptner, Muller, & Diener, 2001; Schaechter et al., 2002; Sharma, Pomeroy, & Baron, 2006).

뇌신경 재활의 임상 및 연구 분야에서 기능적인 운동 기능의 회복의 정도에 대한 예후가 중요하게 인식되고 있으며, 이에 대한 이해는 뇌졸중 환자의 평가와 치료적 방법에 대한 계획과 전략에 결정적인 역할을 한다(Weller, Wittsack, Siebler, Homberg, & Seitz, 2006). 실제 뇌졸중 환자의 운동 기능의 최종적인 회복의 범위는 각 개인마다 다르고, 심지어 빠른 시일 내에 완전한 회복을 보이는 경우가 있는 반면, 영구적인 장애를 가지는 경우도 많다(Chen, Tang, Chen, Chung, & Wong, 2000; Luft et al., 2004). 이는 뇌의 손상된 부위와 크기가 운동기능의 회복에 대한 예후를 판단하는데 결정적인 요소로 인식되고 있으며, 기능적인 운동 회복과 상관이 있는 것으로 보고되고 있다(Chen et al., 2000). 최근 뇌지도화 기법은 생체를 대상으로 운동 신경의 회복 기전과 신경생리화학적 뇌의 기능을 파악하기 좋은 도구이며, 기능적 자기공명영상(Functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI), 양전자 방출단층촬영(Positron Emission Tomography; PET), 경두부 자기자극(Transcranial Magnetic Stimulation;

TMS), 확산 텐서 경로영상(diffusion tensor tractography) 등이 사용되고 있다(Calautti, Leroy, Guincestre, & Baron, 2001; Green, Bialy, Sora, & Ricamoto, 1999; Jang, Kim, Chang, Han, Byun, & Chang, 2004; Jang, You, Kwon, Hallet, Lee, & Ahn, 2005; Liepert, 2003).

최근 운동신경기능의 회복에 따른 뇌기능의 재조직화에 대한 몇 가지 기전이 제시되고 있고, 특히 손상된 뇌의 부위에 따라 대뇌피질에서 활성화되는 양상이 서로 다르게 나타난다는 연구가 보고되고 있다(Calautti & Baron, 2003; Jang, Ahn, Ha, Lee, Lee, & Ahn, 2006; Lo, Cui, & Fook-Chong, 2005; You et al., 2005). 따라서 본 연구는 손의 운동 기능에 결정적인 역할을 하는 피질 척수로(corticospinal tract)가 주행하는 뇌 부위 중에서 일차운동피질영역(primary motor cortex)내 손의 운동 기능을 관할하는 전중심이랑(precentral knob)과 방사관(corona radiata)에 국소적인 손상으로 손의 운동 능력이 기능적인 일상생활을 수행하는데 방해가 되지 않을 정도로 회복된 뇌경색 환자를 대상으로, 기능적 자기공명영상을 이용하여 병변 위치에 따른 대뇌피질의 활성화 양상의 차이를 비교하여 뇌손상 부위에 따른 운동신경의 회복 기전의 차이를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 최근 2년 이내에 대구 소재 00대학교의료원 작업 및 물리치료실로 의뢰된 뇌경색으로 인한 뇌졸중 환자들 중에서, 뇌손상 부위가 대뇌피질영역내 전중심이랑 또는 방사관(corona radiata)에 국소적이며, 다음의 선별 기준을 충족하는 자를 선별하였다. ① 유병 기간이 6개월 이상 된 만성 뇌졸중 환자, ② 도수근력평가에서 손가락 신전이 최소 Good+ 이상인 자, ③ 방사선과 전문의에 의해 뇌 자기공명 영상검사에서 손에 해당하는 피질 척수로의 뇌손상으로 진단된 자, ④ 실어증, 주의력 결핍, 또는 시각적 무시 등과 같은 심각한 인지의 장애나 감각 신경의 현저한 손상 소견이 없는 환자를 대상으로 하였다. 또한 과거에 뇌졸중 등의 신경학적인 병력이 있는 자와 두 군데 이상의 병변이 있는 환자는 배제하였고, 최종적으로 총 4명의 뇌경색 환자가 선별되었다. 정상인의 손

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

(± 표준오차)

	연구대상자	성별/나이(세)	마비측 상지	손잡이	발병 후 기간(달)
대뇌피질	환자 1	남 / 75	우측	우측	14
손상군	환자 2	남 / 62	우측	우측	12
방사관	환자 3	남 / 61	우측	우측	48
손상군	환자 4	남 / 41	우측	우측	12
		59.75 (±7.02)			21.5 (±8.85)

운동시 뇌 활성도를 검사하기 위해, 신경학적 과거 병력이 없는 7명을 대상으로 하였고, 성별은 남자가 4명, 나이의 범위는 28~67세, 평균과 표준오차는 41.43±4.75세 이었다. 모든 연구 대상자는 Edinburg Handedness Inventory 검사에서 우성인 손이 오른쪽으로 판명되었고(Oldfield, 1971), 실험에 참가하기 전 연구 목적과 방법에 대하여 충분히 이해하고 자발적 동의를 구한 후 실시하였다. 환자의 일반적 특징은 (표 1)과 같다.

2. 실험 방법

1) 손의 운동 기능 평가

자기공명 영상의 촬영 직전, 환자군에서 마비측 손의 질적 및 양적인 운동 능력을 평가하기 위해 손가락 신전에 대한 도수근력평가, 장악력(Grip strength), Brunnstrom's stages, 퍼듀 페그보드(Purdue Pegboard), 경상운동(mirror movement)이 평가되었다. 경상운동에 대한 평가는 손상측 손의 움직임시 비손상측 손에서의 움직임을 평가하는 것으로 Woods와 Teuber에 의해 처음으로 고안되었는데, 0점은 전혀 움직임이 보이지 않는 경우, 1점은 긴장도만 증가하는 경우, 2점은 일정하지 않은 약간의 움직임이 보이는 경우, 3점은 강하고 지속적인 움직임이 있는 경우, 4점은 동일하게 같은 움직임이 보이는 경우일 때, 각각의 점수가 부여되었다(Woods & Teuber, 1978).

2) 기능적 자기공명영상 촬영시 과제의 수행

기능적 자기공명 실험은 21초 동안의 휴식기와 같은 시간의 자극기가 3번 되풀이 되는 블록 패러다임으로 고안하였다. 실험이 진행되는 동안 각 연구대상자들의 움직임을 최소화하기 위하여 특수 제작된 몸통 고정틀에

의하여 피실험자의 몸통을 스캐너의 침상에 단단히 고정시켰고, 머리를 접착테이프로 실험에 방해가 되지 않는 범위 내에서 단단히 고정시켰으며, 눈가리개를 이용하여 눈을 가렸다. 수행된 운동 과제는 손가락을 굴곡 및 신전을 반복하는 것으로 채택하였고, 운동 횟수는 메트로놈을 사용하여 Hz의 빈도로 실시하였다. 운동의 순서는 정상측 손부터 먼저 시행하였고, 3분 이상의 간격으로 각각 1회씩 실시하였다. 실험 전 대상자가 각각의 운동 방법을 충분히 이해할 수 있도록 설명하였고, 운동 횟수의 적응을 위해 각각 3분 동안의 연습기간을 제공하였다.

3) 기능적 자기공명영상 분석

기능적 자기공명영상은 1.5T MR scanner(Vision, Siemens, Germany)에서 두부코일을 사용하여 single-shot Echo Planar Imaging(EPI)으로 Blood Oxygen Level-Dependent(BOLD) 기법을 적용하였다. 각 연구 대상자는 각각 양손을 대상으로 위에서 언급한 운동과제를 수행하는 동안, 한 개의 뇌 볼륨 당 20장의 뇌 절편을 얻었고, 각각 65 volume씩의 영상을 획득하였다. 기능적 자기공명영상의 촬영 변수는 TR(time of repeat)이 1050ms, TE(time of echo)는 60ms이었으며, Flip angle은 90°, Field of View(FOV)는 210mm이었다. 매트릭스 크기는 64×64, 뇌 절편 당 두께는 5mm이었다. 기능적 자기공명영상촬영 후에는 T1 영상을 전교련과 후교련(anterior commissure-posterior commissure) 연결선에 평행하게 수평면(transverse plane)으로 20장의 뇌 절편을 얻었다. T1에 대한 자기공명영상의 촬영 변수는 TR이 940ms, TE가 15ms이었으며, 나머지 조건은 기능적 자기공명영상 촬영의 변수와 같았다. 얻어진 기능적 자기공명 영상 중에서 volume 내의 수소원자핵의 수직자화가 안정적인 부분포화에 도달하기 전에 얻어지는 영상

의 영향을 제거하기 위하여 처음 5 volume은 분석에서 제외하였다. 얻어진 자료는 MATLAB(Mathworks, Inc., USA) 환경에서 구현되는 SPM99(Statistical Parametric Mapping 99 version, Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) 소프트웨어로 분석하였다. SPM 프로그램을 이용하여 머리의 움직임을 보정하기 위한 재배열(realign)을 하였으며 각 피험자의 T1 MRI 영상에 재배열 절차에서 생성된 mean-image와 EPI 영상을 상관정렬(coregister) 하였다. 또한, 정상인에서는 각 개인이 뇌 형태적 차이를 교정하기 위하여 표준화된 뇌공간에 template image(Montreal Neurologic Institute)를 사용하여 정상화하였고, smoothing은 8mm isotropic Gaussian Kernel을 사용하였다.

이렇게 처리된 결과를 바탕으로 BOLD 신호의 변화를 얻기 위하여 실험조건과 비교조건을 감산(subtraction)하였다. 모델의 구성시 저주파 잡음(noise)은 high-pass filter를 이용하여 제거하였으며, 조건들의 반복제시에 의한 hrf의 효과는 SPM99가 제시하는 주파수의 low-pass filter로 제거하였다. 이렇게 구성된 모델과 영상 처리된 결과는 ANCOVA를 이용하여 분석하였으며, 뇌 전체 영역에서 나타나는 활성의 변화는 조건들간의 부피소(voxel) 대 부피소를 짝비교-t 검정으로 분석하였다. 본 연구의 집단 결과 분석은 고정효과모델(fixed effect model)을 이용하여 통계 역치를 부피소 수준에서 정하였으며 높이역치(height threshold)를 corrected p 값이 0.05보다 낮은 수준에서, 범위역치(extent threshold)는 부피소 5개를 기준으로 활성 지도를 얻었다. 이는 생리학적으로 유의미한 결과를 적어도 유의미한 부피소가 5개 이상 있을 경우 활성이 된 것으로 가정하고 통계적

유의성을 검증한 것으로, 각 활성의 p 값은 부피소의 높이역치(height threshold)와 범위역치(extent threshold)의 상호작용에 의하여 SPM99에 의하여 계산되었다. 정상인에서 활성화된 뇌 영역은 공간적 정상화(spatial normalization) 후 개별적 활성화 지도를 집단으로 합산(grouping)하였다. 관심영역(region of interest)을 일차 감각운동피질(primary Sensory-Motor cortex, SM1), 전 운동영역(premotor area), 보조운동영역(Supplementary Motor Area; SMA)으로 설정하여 분석하였다.

III. 연구 결과

본 실험에 선별된 환자는 대뇌피질에 국소적 손상을 받은 2명과 방사관에 국소적 손상을 받은 2명으로, 총 4명이 참여하였고, 기능적 자기공명영상 촬영 당시 측정된 마비측 손의 운동 기능은 <표 2>와 같다. 기능적 자기공명 영상에서 획득한 영상을 분석한 결과, <그림 1>은 환자군에서 각각의 좌우측 손 운동시 나타나는 뇌활성도를 보여주고 있으며, <그림 2>는 정상인에서 개별적으로 획득된 영상을 집단으로 합산한 뇌 활성도를 보여준다. 환자 1과 2의 대뇌피질에 손상을 받은 환자들이 마비측 손의 굴곡과 신전의 동작을 할 때, 반대측 뇌반구의 손의 운동 기능을 담당하는 일차운동피질영역(primary motor cortex)내 중심전돌기(precentral knob)에서 활성도가 나타나, 비손상측 손의 운동 및 정상인에서 각각의 양측 손 운동시 나타난 뇌 활성도와 같은 양상을 보였다<그림 1>. 그러나 방사관에 손상을 받은 환자 3과 4에서는 비손상측 손의 운동 및 정상인에서 나타나는 뇌 활성 패턴과 달리 좌우측의 일차운동피질영역

표 2. 연구대상자의 상지 기능 평가

(± 표준오차)

		MMT	MBC	Grip Strength	Purdue Pegboard	Mirror Movement
대뇌피질	환자 1	5	6	18	5	0
손상군	환자 2	4	6	10	3	0
방사관	환자 3	5	6	15	6	0
손상군	환자 4	5	6	17	7	3
	평균	4.75 (±0.25)	6 (0)	15 (±1.78)	5.25 (±0.85)	0.75 (±0.75)

MMT(manual muscle test)

MBC(modified Brunnstrom classification)

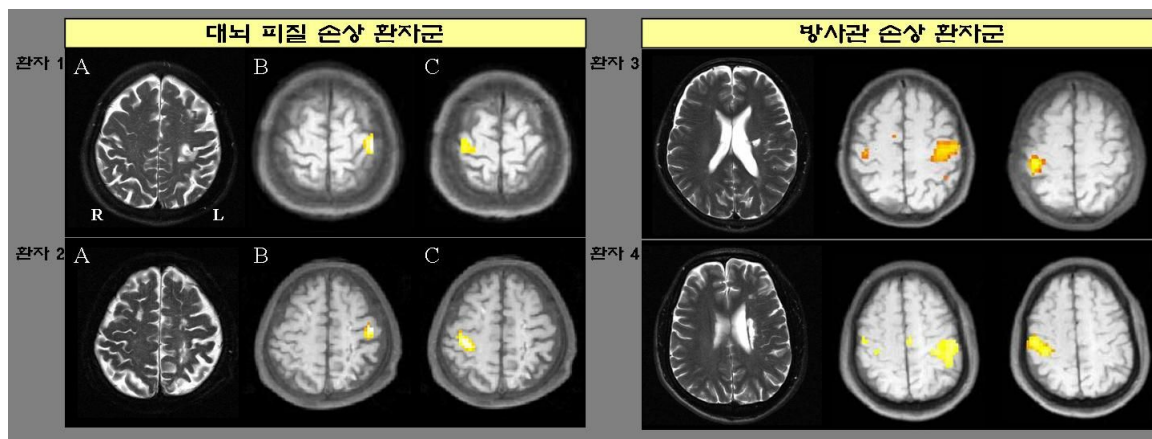


그림 1. 환자군의 뇌손상 부위 및 손 동작에 의한 뇌 활성화

모두에서 뇌 활성도를 보였다<그림 1, 2>.

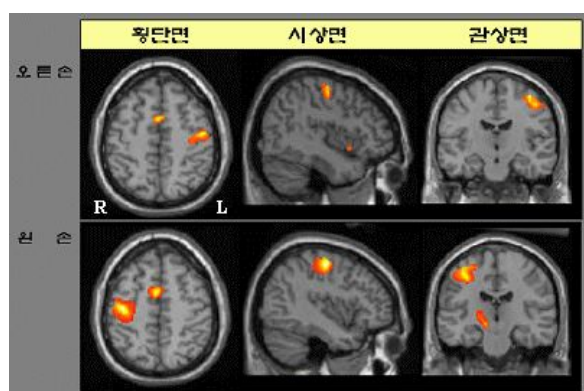


그림 2. 정상인의 손 동작에 의한 뇌활성도

IV. 고찰

본 연구는 대뇌피질의 중심전돌기 또는 방사관에 국소적인 손상을 받은 환자 중에서, 마비측 상지의 손 기능이 일상생활을 수행하는데 장애를 호소하지 않을 정도로 호전되고, 손 기능의 임상적 평가에서도 서로 비슷한 환자를 대상으로, 피질(cortex)과 피질하(subcortex) 손상에 따른 뇌신경 회로의 재조직화를 기능적 자기공명영상을 통해 대뇌피질에서 활성화되는 양상을 비교하고자 하였다. 그 결과, 대뇌피질에 손상을 받은 환자들은 정상인을 비롯하여 그들의 비손상측 손 운동시 활성화되는 양상과 같이 운동을 수행한 손의 반대측 일차운동피질에서만 활성화를 보였으나, 방사관에 손상을 받은 환자군은 양측의 일차운동피질에서 활성화를 보였다. 이는 손

의 운동 기능이 거의 비슷한 수준으로 회복이 되었을지라도, 뇌손상 부위에 따라 뇌신경 회로의 재조직되는 형태가 서로 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다. 과거 병력을 조사해 본 바로는, 모든 환자들이 발병 초기의 근력 검사에서 전혀 근수축을 할 수 없는 상태였고, 6개월 이후에도 지속적인 호전을 보였다. 따라서 초기 손상 부위의 완전히 손상되지 않은 허혈성 조직(pneumbra)에서의 자발적인 회복이나 부종의 재흡수가 아니라 뇌가소성에 의한 회복으로 생각된다.

과거에는 뇌졸중 발병 후 6개월 이후에는 손상된 운동 기능이 거의 회복되지 않는 것으로 인식되어 왔지만, 최근에는 뇌 자체의 자발적인 회복과 더불어 외부적으로 제공되는 섬세하고 정제된 자극들에 의해 운동 기능의 회복이 촉진된다고 인식되고 있다(장성호와 권용현, 2005; Jang et al., 2004). 신경계는 안정적이어서 변하지 않는 구조가 아니라 환경의 요구와 변화에 따라 다양하게 모양을 바꿀 수 있고, 뇌의 가역성은 여러 일상생활 동작을 수행하는 동안 외부 환경과의 상호작용과 반복되는 훈련을 통한 정보에 끊임없이 신경계가 반응하고 있기 때문에 가역성은 중추신경 조절을 통한 행동학적 변화의 기초가 될 수 있다(Leonard, 1998). 최근 기능적 뇌영상 기법(functional neuroimaging technique)의 발전으로 인해, 양자방출 단층촬영(Positron Emission Tomography), 단광자방출 전산화단층촬영(single photon Emission computerized tomography), 경두개자극(Transcranial magnetic stimulation), 기능적자기공명영상(functional magnetic resonance image) 등을 사용하여

생체 내에서 일어나는 뇌의 변화를 용이하게 연구할 수 있게 되었고, 그 중 기능적 자기공명영상은 공간 및 시간적 해상도가 뛰어나 운동기능 회복과 관련된 뇌 영역의 활성화를 관찰하는데 큰 장점이 있으며, 대뇌피질 수준에서 공간적 활성화 위치를 정확히 구획할 수 있어 본 연구와 같이 병변에 따른 신경 재조직화를 연구하는데 적합하다(김연희, 2000; 장성호와 권용현, 2005).

뇌 지도화 연구에 의해 밝혀진 운동 신경 회복의 기전은 마비측의 손 운동시 반대측 일차운동감각영역에서 활성화의 증가, 보조운동영역(supplementary motor area) 및 전운동영역(premotor area)과 같은 이차운동영역(secondary motor area)에서 손의 기능을 대신하는 역할, 손상 받지 않은 동측의 일차운동감각영역의 동반된 활성화로 요약할 수 있다(Cao, D'Olhaberriague, Vikingstad, Levine, & Welch 1998; Cramer et al., 1997; Weiller, Ramsay, Wise, Friston, & Frackowiak, 1993; Weller et al., 2006). Feydy 등(2002)의 연구에 의하면, 뇌 활성화된 패턴의 차이는 환자들 각 개인의 회복된 운동 기능의 차이에 의한 것이라고 보고하였다. 이 외에 또 다른 기전으로 많은 연구자들이 제시하고 있는 것은 손상 받은 부위가 결정적인 원인일 수 있다고 가정하고 있다(Chen et al., 2000; Feydy et al., 2002; Fries, Danek, Scheidtmann, & Hamburger, 1993; Shelton & Reding, 2001). 따라서 본 연구에서는 서로 다른 활성화 양상을 보인 것은 손의 운동 기능이 비슷한 수준으로 회복된 환자를 대상으로 실시하였기 때문에, 뇌 손상 부위로 인한 것으로 생각된다. 이러한 결과는 운동 신경 기능이 회복된 환자에서 보이는 뇌 활성화되는 양상과 일치하는 결과를 보이고 있으며(Boian et al., 2002; Brouwer & Schryburt-Brown, 2006; Calautti & Baron, 2003; Hlustik & Mayer, 2006; Nelles et al., 2001; Schaechter et al., 2002; Yan, Hui-Chan, & Li, 2005), 특히 Luft 등(2004)은 피질하 손상 환자들에서 마비측 손의 움직임에 양측의 일차운동감각영역이 활성화된다고 보고하였다.

이와 같은 피질과 피질하 손상에 따른 뇌 활성화가 나타나는 양상의 차이에 대해 가능성 있는 기전은 동원화(recruitment)와 집중화(focusing)되는 현상으로 설명할 수 있다. 먼저 동원화의 개념은 동측의 일차운동영역 및 보조운동영역과 같이 정상인에서나 환자의 비마비측 손의 운동시에는 나타나지 않은 뇌 부위로 활성화의 범위가

확장되는 것이며, 집중화는 활성화되는 부위가 초기에는 동원화되는 경향을 보일 수 있고 몸의 각 분절의 움직임을 직접적으로 담당하는 뇌 부위에 활성화가 점차적으로 국한되어 나타나는 것을 말한다(Feydy et al., 2002). Feydy 등(2002)의 가설에 의하면, 일차운동감각영역이 손상되지 않고 피질하 백색 섬유(deep white matter)가 손상되었을 때, 피질척수로의 신경전달에 문제가 발생하게 되지만, 일차운동감각영역만의 손상은 피질과 피질 사이에 존재하는 신경전도(corticocortical interaction)에 문제가 발생하게 된다고 가정하였다. 동원화와 집중화는 피질과 피질 사이에 존재하는 신경전도의 촉진(excitation)과 억제(inhibition)의 균형에 의해 구분될 수 있고, 특히 뇌손상으로 인해 신경전도의 억제 기능이 감소하면 해당하는 몸의 각 분절을 담당하는 뇌 부위 이외에 다른 영역에서 활성화되는 동원화가 발생하고, 양측 뇌반구 사이 신경전도의 억제(interhemispheric inhibition)의 감소로 인해 집중화가 나타난다고 하였다. 이러한 동원화와 집중화는 중추신경계가 뇌손상으로 인한 손상에 대해 적응하고 변화하는 과정으로 설명할 수 있다.

인간의 행동과 인지 기능은 고차원적인 기능을 서로 긴밀하게 연결하는 신경망에 의해 조절되며, 각 신경망을 이루는 피질과 피질하의 뇌구조들이 다양한 정보들을 동시 또는 순차적으로 처리하여 그 기능을 수행한다(김연희, 2000). 이러한 신경망의 손상은 뇌와 관련된 기능에 여러 장애를 초래하게 되고, 운동, 약물, 전기 자극, 바이오피드백과 같은 섬세하고 정제된 자극을 제공하는 재활치료의 적용은 손상된 운동 기능을 회복을 촉진시킬 뿐만 아니라 뇌신경가소성에도 효과적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다(장성호와 권용현, 2005). 본 연구에서는 구체적인 치료 방법에 대한 실험적 통제를 하지 않았고, 연구의 목적이 회복된 뇌경색 환자의 뇌신경망의 재조직에 대한 목적으로 설계되어 구체적인 언급을 하지 않았지만, 모든 대상자는 1년 이상 장기간의 작업 및 물리치료와 재활의학적 치료가 병행되었다. 또한 대뇌피질과 방사관의 국소적 병변에 한정되어 연구 목적에 부합하는 대상자가 희소했었기 때문에 소수의 연구 대상자만으로 본 연구 결과를 일반화하기엔 어려운 점이 있다. 하지만 최근에 출판된 몇몇 연구 결과와 부합하는 결과를 보였고, 이는 치료에 대한 기능 회복과 뇌신경 차원의 기전에 대한 유용한 정보와 지식을 재활 전문가에게

제공할 수 있다고 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 뇌경색으로 인해 피질척수로의 손상으로 손에 관련된 운동 기능의 장애에서 좋은 신경학적 회복을 보인 뇌졸중 환자를 대상으로 기능적 자기공명영상을 이용하여 손의 운동 신경 회복에 따른 뇌신경 회로의 재조직화 되는 양상을 비교하고자 하였다. 특히 대뇌피질과 방사관에 한정된 국소적인 손상을 받은 환자를 대상으로 하여, 피질과 피질하 손상에 대한 뇌 활성화되는 양상의 차이를 알아보하고자 하였다. 그 결과, 대뇌피질에 손상을 받은 환자들은 정상을 비롯하여 그들의 비손상측 손 운동시 활성화되는 양상과 같이 운동을 수행한 손의 반대측 일차운동피질에서 활성화를 보였다. 방사관에 손상을 받은 환자군은 양측의 일차운동피질에서 활성화를 보였다. 따라서 뇌손상 부위에 따라 뇌신경 회로의 재조직되는 형태가 서로 다르게 나타난다는 것을 알 수 있으며, 이는 마비된 손의 기능이 회복됨에 따라 뇌신경망에서 나타나는 가소성을 증명하는 것으로, 환자의 예후 측정과 신경생리학적 기전에 대한 이해를 제공할 것을 생각된다.

참 고 문 헌

김연희. (2000). 재활의학 분야에서 Functional MRI의 활용. *대한재활의학회지*, 24(3), 349-362.

장성호, 권용현. (2005). 뇌졸중의 운동신경기능 회복. *영남의대학술지*, 22(2), 119-130.

Boian, R., Sharma, A., Han, C., Merians, A., Burdea, G., Adamovich, S., et al. (2002). Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation. *Studies in Health Technology and Informatics*, 85, 64-70.

Brouwer, B. J., & Schryburt-Brown, K. (2006). Hand function and motor cortical output poststroke: Are they related? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(5), 627-634.

Buccino, G., Solodkin, A., & Small, S. L. (2006). Functions of the mirror neuron system:

Implications for neurorehabilitation. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 19(1), 55-63.

Calautti, C., & Baron, J. C. (2003). Functional neuroimaging studies of motor recovery after stroke in adults: A review. *Stroke*, 34(6), 1553-1566.

Calautti, C., Leroy, F., Guincestre, J. Y., & Baron, J. C. (2001). Dynamics of motor network overactivation after striatocapsular stroke: A longitudinal PET study using a fixed-performance paradigm. *Stroke*, 32(11), 2534-2542.

Cao, Y., D'Olhaberriague, L., Vikingstad, E. M., Levine, S. R., & Welch, K. M. (1998). Pilot study of functional MRI to assess cerebral activation of motor function after poststroke hemiparesis. *Stroke*, 29(1), 112-122.

Chen, C. L., Tang, F. T., Chen, H. C., Chung, C. Y., & Wong, M. K. (2000). Brain lesion size and location: Effects on motor recovery and functional outcome in stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(4), 447-452.

Cramer, S. C., Nelles, G., Benson, R. R., Kaplan, J. D., Parker, R. A., Kwong, K. K., et al. (1997). A functional MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke. *Stroke*, 28(12), 2518-2527.

Feydy, A., Carlier, R., Roby-Brami, A., Bussel, B., Cazalis, F., Pierot, L., et al. (2002). Longitudinal study of motor recovery after stroke: Recruitment and focusing of brain activation. *Stroke*, 33(6), 1610-1617.

Feys, H. M., De Weerd, W. J., Selz, B. E., Cox Steck, G. A., Spichiger, R., Vereeck, L. E., et al. (1998). Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: A single-blind, randomized, controlled multicenter trial. *Stroke*, 29(4), 785-792.

Fries, W., Danek, A., Scheidtmann, K., & Hamburger, C. (1993). Motor recovery following capsular stroke: Role of descending pathways from multiple motor areas. *Brain*, 116(2), 369-382.

Green, J. B., Bialy, Y., Sora, E., & Ricamato, A. (1999).

- High-resolution EEG in poststroke hemiparesis can identify ipsilateral generators during motor tasks. *Stroke*, 30(12), 2659-2665.
- Hlustik, P., & Mayer, M. (2006). Paretic hand in stroke: From motor cortical plasticity research to rehabilitation. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 19(1), 34-40.
- Jang, S. H., Ahn, S. H., Ha, J. S., Lee, S. J., Lee, J., & Ahn, Y. H. (2006). Peri-infarct reorganization in a patient with corona radiata infarct: A combined study of functional MRI and diffusion tensor image tractography. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24(2), 65-68.
- Jang, S. H., Kim, Y. H., Chang, Y., Han, B. S., Byun, W. M., & Chang, C. H. (2004). The predictive value of cortical activation by passive movement for motor recovery in stroke patients. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22(2), 59-63.
- Jang, S. H., You, S. H., Kwon, Y. H., Hallett, M., Lee, M. Y., & Ahn, S. H. (2005). Cortical reorganization associated lower extremity motor recovery as evidenced by functional MRI and diffusion tensor tractography in a stroke patient. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 23(5-6), 325-329.
- Kim, J. M., Stewart, R., Shin, I. S., & Yoon, J. S. (2004). Vascular disease/risk and late-life depression in a Korean community population. *British Journal of Psychiatry*, 185, 102-107.
- Kim, J. S. (2004). Stroke in Korea. *International Congress Series*, 1262, 348-351.
- Leonard, C. T. (1998). *The neuroscience of human movement*. St. Louis: Mosby.
- Liepert, J. (2003). TMS in stroke. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 56, 368-380.
- Lo, Y. L., Cui, S. L., & Fook-Chong, S. (2005). The effect of acupuncture on motor cortex excitability and plasticity. *Neuroscience Letter*, 384(1-2), 145-149.
- Luft, A. R., Waller, S., Forrester, L., Smith, G. V., Whitall, J., Macko, R. F., et al. (2004). Lesion location alters brain activation in chronically impaired stroke survivors. *Neuroimage*, 21(3), 924-935.
- Nelles, G., Jentzen, W., Jueptner, M., Muller, S., & Diener, H. C. (2001). Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography. *Neuroimage*, 13(6 Pt 1), 1146-1154.
- Oldfield, R. S. (1971). The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Schaechter, J. D., Kraft, E., Hilliard, T. S., Dijkhuizen, R. M., Benner, T., Finklestein, S. P., et al. (2002). Motor recovery and cortical reorganization after constraint-induced movement therapy in stroke patients: a preliminary study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 16(4), 326-338.
- Sharma, N., Pomeroy, V. M., & Baron, J. C. (2006). Motor imagery: A backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*, 37(7), 1941-1952.
- Shelton, F. N., & Reding, M. J. (2001). Effect of lesion location on upper limb motor recovery after stroke. *Stroke*, 32(1), 107-112.
- You, S. H., Jang, S. H., Kim, Y. H., Hallet, M., Ahn, S. H., Kwon, Y. H., et al. (2005). Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: An experimenter-blind randomized study. *Stroke*, 36(6), 1166-1171.
- Weiller, C., Ramsay, S. C., Wise, R. J., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. (1993). Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infarction. *Annals of Neurology*, 33(2), 181-189.
- Weller, P., Wittsack, H. J., Siebler, M., Homberg, V., & Seitz, R. J. (2006). Motor recovery as assessed with isometric finger movements and perfusion magnetic resonance imaging after acute ischemic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 20(3), 390-397.
- Woods, B. T., & Teuber, H. L. (1978). Mirror move-

ments after childhood hemiparesis. *Neurology*, 28(11), 1152-1157.

Yan, T., Hui-Chan, C. W., & Li, L. S. (2005). Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: A randomized placebo-controlled trial. *Stroke*, 36(1), 80-85.

Abstract

The Comparison of Cortical Activation Pattern According to Brain Lesion in Stroke Patients with Focal Infarction

Kwon, Yong-Hyun*, M.Sc., P.T., Park, Ji-Won**, Ph.D., P.T.

*Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

**Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Catholic University of Daegu

Objective : Our brain have a capacity to recover and to reorganize its functions from the damage spontaneously from the damage. Recovery of motor function occur in the most stroke patients, which is related with reorganization of neural networks. Several investigations revealed that these changes of neural networks could have the differential activation patterns according to the lesion location. So we reported the differences of the cortical activation pattern between patients with focal infarction on the cortex or the corona radiata.

Methods : We selected four stroke patients which consisted of 2 patients with the precentral knob injured and 2 patients with corona radiata injured, and seven normal volunteer without history of neurological dysfunction were recruited. All subjects were scanned during motor task of hand flexion-extension in 1.5T MRI equipment, and at the time, evaluated by the motor function of the hand such as the MRC, Grip strength, the Purdue pegboard and the mirror movement. We compared the differences of cortical activation according to the differential brain lesion.

Results : Although patients have nearly similar the hand motor function one another, there was significant different cortical activation pattern depending on the cerebral infarct location. The only contralateral activation was shown in patients with the lesion of the cerebral cortex like the pattern of normal subjects, whereas bilateral primary motor cortex was activated in patients with the injury of the corona radiata.

Conclusion : Brain lesions were classified into two categories, the cerebral cortex and the corona radiata. Although all patients had the recovery up to the similar extent of hand motor function, closed to almost normal state, the different cortical activation patterns were founded. The findings provides rehabilitative clinicians with an important message for therapeutic intervention of paretic hand in the field of multimodal and interdisciplinary neurorehabilitation.

Key Words : Cortical activation pattern, Functional MRI, Hand motor function