

# 반신마비 뇌졸중의 운동재활과 뇌형성성(brain plasticity)

안 태 범

경희대학교병원 신경과

## I. 서 론

뇌졸중으로 운동 기능이 손상된 후에 정도는 다르지만 대부분의 환자에서 운동 기능의 회복이 이루어집니다. 뇌졸중의 회복과정에서 집중적인 재활 치료가 운동 기능의 회복에 중요한 것은 잘 알려진 사실입니다.

뇌졸중을 비롯한 뇌손상의 회복 과정은 뇌형성성(brain plasticity)의 관점에서 이해될 수 있는데, 뇌형성성이란 뇌가 자극 또는 경험에 의해 신경계를 재구성(reorganization)할 수 있는 능력을 이르는 말로 다른 용어로는 신경형성성(neuroplasticity)이라고도 합니다. 뇌형성성은 크게 뇌의 정상적인 발달 과정에 특히 중요한 학습과 기억의 형성성과, 뇌졸중 등으로 손상을 받거나 기능을 잃어버리는 경우 이를 보충하는 적응 과정으로 나뉘 볼 수 있습니다.

최근 뇌졸중의 회복 및 재활 치료의 기전으로 뇌형성성에 대해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 특히, 뇌의 변화를 국재화(localization)하여 뇌형성성을 추적하는 방법으로 뇌지도화(brain mapping) 연구가 각광을 받고 있습니다.

뇌지도화 연구는 뇌에 있는 반대편 신체에 대한 지도(homunculus)를 그리고, 이 지도의 크기나 지도에 해당하는 대뇌피질(cerebral cortex)의 생리적, 물리적 특성과 자극 및 손상에 의한 변화를 연구하는 것입니다. 이 지도에는, 예를 들어, 손이 운동 피질의 복외측(dorsolateral)에 대표(representation)되어 있고, 다리는 내측에 대표되어 있으며, 손이나

입은 실제 몸의 크기보다 넓게 대표되어 있습니다. 신체 부위를 대표하는 대뇌피질의 넓이는 다양하고 섬세한 기능을 수행하는 신체 부위일수록 넓습니다.

뇌지도(brain map)는 개인마다 차이가 있으며, 대뇌피질이 대표하는 신체부위는 고정되어 있지 않고 자극이나 손상에 의해 변화가 일어날 수 있는 동적(dynamic)인 것입니다. 이러한 뇌지도의 동적 성격은 자극이나 손상에 의한 뇌형성성의 변화를 잘 반영하는 것이라고 볼 수 있으므로, 뇌지도 면적의 변화나 생리적 성격의 변화를 추적하는 것은 뇌형성성의 변화를 연구하는데 매우 유용합니다.

## II. 본 론

### 가. 뇌지도화 연구의 방법

#### 1. 경두개자극(transcranial magnetic stimulation; TMS)

뇌의 운동피질(motor cortex) 부위의 두피에서 전기를 흘려 자장을 형성시키면, 이 자장에 의해 자극된 뇌신경세포는 근육에서 운동유발전위(motor evoked potential; MEP)를 일으킵니다. MEP의 역치, 진폭, MEP를 유발시키는 뇌 부위의 면적 등의 변수를 측정하면, 뇌의 흥분성(excitability)를 가늠할 수 있습니다. 뇌손상이 있는 경우 MEP의 진폭이 줄어드는 등의 변화를 관찰할 수 있습니다. TMS는 마비가 있는 상태에서도 시행할 수 있는 장점이 있습니다.

#### 나. 활성화 연구(activation study)

양전자방출단층촬영술(positron emission tomography; PET)이나 기능MRI(functional MRI; fMRI)를 이용하는 연구는, 예를 들어 손을 반복적으로 움직이는 등의 활성화 임무(activation task)를 주고, 피검자가 임무를 수행할 때 나타나는 혈액학적 변화(hemodynamic change)를 방사선동위원소를 혈관에 주입하여 직접 관찰하거나(PET), 혈액의 산화정도를 측정하여(fMRI) 관찰합니다.

Near-infrared spectroscopy(NIRS)는 혈색소(hemoglobin)가 근적외선(near-infrared) 흡수하는 성질을 이용하여 혈류의 변화를 추적하는 비관혈적 방법(non-invasive technique)으로 머리 움직임에 영향을 많이 받지 않습니다.

자기뇌파(magnetoencephalography; MEG)/뇌파(electroencephalography; EEG)는 신경세포의 활동에 의해 발생하는 전자기장이나 전류를 측정하는 방법으로 혈류의 변화를 측정하는 다른 방법에 비해 빠르게 변화를 추적할 수 있습니다.

#### 나. 뇌졸중의 자연회복 과정에서의 뇌형성성

(brain plasticity during from spontaneous recovery from hemispheric stroke)

TMS 연구에 의하면 운동피질의 흥분성은 뇌졸중 발생 초기에 감소하였다가 (MEP의 감소), 운동기능이 점차 회복되면서 흥분성이 호전되면서 MEP가 증가되었습니다. 또한, MEP를 유발시키는 뇌부위의 면적(brain map의 크기)도 뇌졸중 후에 감소하였다가 회복기에 들어서면 증가되었습니다.

활성화연구에서는 발병 초기에는 마비된 손을 움직이려고 하면 정상 손(마비가 없는)을 움직이는 때와는 달리, 양측 뇌의 여러 부위(때로는 마비된 동측의 뇌 부위를 포함하여)의 비정상적인 활성화가 관찰되었고, 이런 이상은 운동기능이 회복되면서 정상화되었습니다. 다른 연구에서는 손을 움직일 때 정상적으로는 손의 반대쪽 운동피질이 활성화되는데 비해, 마비된 손을 움직일 때는 마비된 쪽의 운동피질(뇌졸중이 온 쪽)이 마비된 손의 반대쪽 운동피질보다 더 활성화되는 이상 소견을 보이다가 뇌졸중이 회복되면서 점차 호전되었습니다. 요약해서 말하자면, 뇌졸중이 발생하여 운동 마비가 생기면

뇌의 운동감각피질(sensorimotor cortex)은 비정상적 활성화를 보이게 되며, 뇌졸중이 회복되면서 이러한 비정상적 활성화는 정상화됩니다.

비정상적 활성화의 호전과 운동 기능의 회복이 실제로 연관이 되어 있는 지가 흥미있는 주제인데, 이에 대해서는 뇌졸중이 생긴 쪽(마비된 반대쪽)의 운동감각피질(sensorimotor cortex) 활성화 양상의 보전(integrity) 정도와 더불어 피질척수로(corticospinal tract; 피질 신경세포에서 척수로 신호를 전달하는 해부학적 경로)의 보전이 중요하다는 견해가 우세합니다만, 뇌졸중이 생긴 반대 쪽(마비된 쪽)의 활성화 정도가 운동 기능 회복과 관련있다는 연구도 있습니다.

#### 다. 뇌졸중 후 재활치료와 뇌형성성에 관한 연구 결과의 예

##### ㄱ. 신경촉진(neurofacilitation)

뇌졸중 환자에게 근육을 두드리거나 피부를 자극하거나 마비된 팔로 몸을 지탱하게 하는 등의 조건을 주어("facilitation") MEP 변수의 변화를 추적하면 MEP의 진폭이 커지고 잠복기도 짧아지는 것을 관찰할 수 있습니다. 신경촉진에 의한 뇌의 활성화 연구에서는 신경촉진에 의해 양측 뇌의 활성화 정도가 비슷해지는 경향을 보였습니다.

##### ㄴ. 운동과제 수행(motor task-specific training)

만성기 뇌졸중 환자에게 마비된 손가락으로 파형(waveform)을 추적하는 운동을 시킨 후에 fMRI로 뇌활성화를 연구해보면, 운동 전에 뇌졸중이 생긴 반대 쪽(마비된 쪽)의 활성화 상태가 상대적으로 증가되어 있다가 운동과제 수행 이후에는 뇌졸중이 생긴 피질 쪽으로 이동하는 것을 관찰할 수 있었습니다. [편측성(laterality)의 이동]

##### ㄷ. 과제수행(task-oriented training)

마비된 손에 숙련도가 요구되는 과제를 수행하도록 하고 TMS로 마비된 손에 해당하는(hand representation) 뇌의 지도를 그려보면, 마비된 손에 해당하는 영역이 과제를 수행하기 전보다 넓어진 것을 관찰할 수 있었습니다. 또한, PET 연구로는 뇌졸중이 생긴 쪽 뇌의 활성화가 증가되고, 감각

운동계(sensorimotor network)의 재편성이 일어나는 것을 관찰할 수 있었고, 편측성의 이동도 관찰되었습니다.

#### 르. 속박 치료(constraint-induced movement therapy)

정상 팔에 삼각건을 매어서 사용을 억제하고 마비된 손을 적극적으로 이용하도록 한 환자에서 속박을 하지 않은 환자에서보다 활성화의 정도가 더 증가하였습니다.

이밖에도 뇌졸중이 있는 쪽의 이차감각운동피질(secondary sensorimotor cortex), 뇌졸중이 없는 반대쪽 뇌의 활성화도 속박치료 후에 증가되었습니다.

### III. 결 론

현재까지의 연구에 의하면 뇌에는 뇌졸중 후에 자연회복의 과정 외에도 재활치료에 의해 유도되는 신경기계(neural mechanism)가 존재하며, 두 기제 모두가 뇌졸중 후에 뇌의 기능을 정상화시키는데 관여하는 것으로 보입니다. 두 기제는 서로 상보적인 면이 있으며, 재활 치료로 자연회복 기전을 복돋워 주는 것이 더 효과적인지, 재활치료에 의해 유도되는 다른 기전을 강화시키는 것이 더 효과적인지

는 앞으로 연구가 더 필요합니다.

뇌형성성은 신경세포 등에서 일어나는 생화학적 변화, 신경연접(synapse)의 변화 등 미시적(microscopic) 수준의 변화에 의해 결정되어집니다. 그러나, MEP나 혈류와 같은 변수들은 이러한 미시적 수준의 변화를 직접 측정하는 것은 아니고, 이 변화의 결과로 나타난 거시적(macroscopic) 결과의 지표이므로, 방법론에 따라 뇌형성의 변화는 조금씩 다른 결과를 보일 수가 있습니다. 그래서, 예를 들어, TMS로 운동피질 흥분성의 증가가 관찰되었다더라도, 이런 흥분성의 변화를 혈류의 변화와 동등한 것으로 해석할 수는 없는 것입니다.

또한, 병전 건강한 뇌의 감각운동신경계(sensorimotor network)가 환자마다 동일하지 않고, 뇌졸중 후 회복에 관여하는 신경기제에도 차이가 있을 수 있습니다. 병전에 우세하게 형성되어 기능하였던 감각운동신경계가 뇌졸중의 회복과 재활치료의 결과에 더 큰 영향을 미치게 될 것입니다.

결론적으로, 현재까지 수행된 연구로 우리는 뇌졸중의 회복 과정과 재활 치료의 과정을 부분적으로나마 뇌형성성의 관점에서 이해할 수 있게 되었습니다. 향후 뇌형성성에 대한 보다 많은 연구가 이루어진다면 이를 바탕으로 새로운 재활치료방법이 고안되고 효과를 검증할 수 있게 될 것입니다.