

뇌열 1예의 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극

변우목¹ · 한봉수² · 이재교¹ · 장용민²

목적: 뇌열환자에서 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 이용하여 뇌기능을 지도화하고자 하였다.

대상 및 방법: 자기공명영상에서 우측 대뇌반구에 뇌열 소견이 있으며 좌측 편측부전마비를 보인 28세 남자환자를 대상으로 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 시행하였다. 임상적으로 좌측 손의 운동기능은 감소되어 있었고, 우측 손의 운동기능은 정상범주에 속하였다. 뇌기능적 자기공명영상은 EPI 기법을 이용하였고 운동자극은 1-2 Hz의 주기로 손가락을 아래위로 구부리게 하는 운동을 시행하였고 15초의 휴식기와 15초의 운동기를 반복하여 절편당 60 개의 영상을 획득하였다. 두부자기자극은 지름·90mm의 원형 자성자극기를 이용하여 maximal output의 80%로 자극하여 양측 단무지외전근에서 유발된 운동유발전위의 잠시와 진폭을 구하였다.

결과: 기능적 자기공명영상을 시행한 결과 정상적인 우측손의 운동자극시에 좌측 운동피질이 활성화되었고 좌측손의 운동자극시에는 좌측운동피질, 좌측 부가운동영역, 그리고 좌측 전운동영역에 활성화소견이 나타났다. 두부자기자극에서는 우측 대뇌반구에서는 한군데에서도 운동유발전위가 발생되지 않았다. 좌측 대뇌반구에서는 5군데에서 운동유발전위가 유발되었으며 모두 양측 단무지외전근에서 운동유발전위가 유발되었다. 양손에서 운동유발전위의 잠시, 진폭 모양이 유사하였다.

결론: 뇌열환자의 손운동기능의 뇌지도화는 기능적 자기공명영상과 두부자기자극을 이용하여 성공적으로 시행할 수 있었다. 뇌열환자의 동측 운동경로는 동일한 운동피질로부터 기원한 동측피질척수로에 의한 것으로 추정된다.

서 론

사람의 두뇌피질은 뇌손상후 신경원의 회복(neuronal recovery)이 없음에도 불구하고 손상된 뇌기능은 종종 다시 회복된다. 비록 많은 뇌손상환자들이 뇌기능 손상으로 장애가 남게 되지만 일부 환자들은 거의 회복되는 것을 볼 수 있다 (1, 2). 미성숙뇌(immature brain)가 손상을 받은 경우 성숙뇌(mature brain)에 비교하여 회복이 잘되는 것으로 알려져 있다. 중추신경계의 손상후 뇌기능의 회복은 손상 당시의 연령과

관련 있다는 많은 증거들이 보고되고 있다. 소아 혹은 선천성 뇌손상시에 비해 성인에서의 뇌손상은 뇌기능의 회복이 현저하지 않다. 성장한 hamsters에서 피라미트(pyramidal tract)의 손상후 뇌기능의 회복이 되지 않으나, 신생아기(neonatal period)때 손상된 뇌는 성장후 다시 뇌기능의 회복을 보여준다 (3). 뇌손상후 시냅스생성유도(induction of synaptic sprouting), 기존 신경회로의 강화 (reinforcement of existing neuronal circuits), 새로운 시냅스접속의 생성 (formation of new polysynaptic connection)등이 뇌기능의 회복의 중요한 요인으로 생각되나 아직 확실하게 밝혀지지는

대한자기공명영상학회지 4:14-19(2000)

¹영남대학교 의과대학 진단방사선과

²경북대학교 의과대학 진단방사선과

접 수 : 2000년 1월 4일, 채 택 : 2000년 3월 30일

통신저자 : 변우목 (705-717) 대구시 남구 대명동 317-1 영남대학교 병원 진단방사선과

Tel. 82-53-620-3046 Fax. 82-53-653-5484

않고 있다 (4). 이와 같이 뇌손상후 뇌기능이 회복되는 것을 뇌가소성 (brain plasticity)이라고 한다.

뇌손상후 그 회복기전에 대한 연구에서 뇌지도화(brain mapping)는 중요한 방법이다. 뇌지도화법으로는 기능적 자기공명영상, 경두부 자기자극(transcranial magnetic stimulation), 양전자방출단층촬영술(positron emission tomography)등이 있다. 그러나 현재까지 대부분의 논문은 양전자방출단층촬영술이나 경두부 자기자극을 이용한 뇌손상후 뇌기능의 회복에 관한 연구들이다.

본 연구에서는 뇌열(schizencephaly)환자에서 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 이용한 뇌의 지도화를 시행하여 그 유용성을 평가하고 향후 뇌기능의 회복기전을 밝히는데 도움이 될 수 있는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

자기공명영상에서 우측 대뇌반구에 뇌열 소견이 있고 좌측 편측부전마비(hemiparesis)가 있는 28세 남자환자를 대상으로 하였다. 좌측 손의 운동기능에서 악력(grip power)은 16 Kg(normal range: 25.5±7.4), purdue pegboard는 1 (정상범주: 14.6±1.9)로 저하되어 있었고 재활치료후에 더욱 운동기능이 호전되어 1초에 1-2회정도로 손의 굴곡 및 신전운동이 가능하였다. 우측 손의 운동기능은 정상범주에 속하였다. 한쪽 손가락의 운동시 반대측 손가락에서 grade 3의 심한 반사운동 (mirror movement)이 나타났으나, 좌측 손가락 운동시보다 우측손가락 운동시에 반대측에서 더 심한 반사운동이 나타났다. 독립적 보행은 가능했으나 좌측 하지에서 경직성 편마비성 보행형태(spastic hemiplegic gait pattern)를 보였다.

기능적 자기공명영상 방법

뇌기능 자기공명영상은 1.5T MR scanner (Vision, Siemens, Erlangen, Germany)에서 두부코일을 사용하여 시행하였고 경사자장반향 EPI 기법을 적용하였다. EPI 기법의 변수는 TR/TE/α는 1.2 sec/90 msec/90°, 관심역은 210 mm, 절편두께 8 mm로 하여 10개의 횡단면 영상을 획득하였다. 해부학적 영상은 고식적 스핀반향기법을 사용하여 T1 강조 영상을 획득하였다. 운동자극은 1-2 Hz의 주기로 손가락을 아래위로 구부리게 하는 운동을 시행하였고 15초의 휴식기와 15초의 운동기를 반복하게 하여 절편당 60 개의 영상을 획득하였다. 자료의 통계적인 처리는 student t-test 방식과 cluster 분석방식을 병용하여 사용하였고 결과적인 활성화 화소들의 지도는 기능적 자기공명영상 분석용 소프트웨어인 STIMULATE(CMR, Univ. of Minnesota)를 이용하여 구하였다.

경두부 자기자극을 이용한 뇌지도화 방법

중시상선(midsagittal line)과 이간선(interaural line)의 교차점인 Cz를 기준점(0, 0)으로 1 cm 간격으로 표시한 천을 두피에 고정시켰다. 자기 자극은 Dantec Mag2 stimulator에 지름 90 mm의 원형 자성자극기를 연결하여 시행하였다. 코일의 앞부분만을 두피에 접선방향으로 밀착시키고 1 cm 간격으로 자극하였다. 반대측 뇌반구(contralateral hemisphere)로의 자극확산(stimulus spread)을 방지하기 위해 중시상선에서 1cm 이내의 부위는 지도화에서 제외하였다. 자기자극의 세기는 maximal output의 80%로 자극하여 양측 단무지외전근(abductor pollicis brevis muscle)에서 유발된 운동유발전위(motor evoked potential)의 잠시(latency)와 peak to peak amplitude을 구하였다. 흥분역치가 가장 낮고, 잠시가 가장 짧고, 평균 진폭이 가장 큰 부위를 최적자

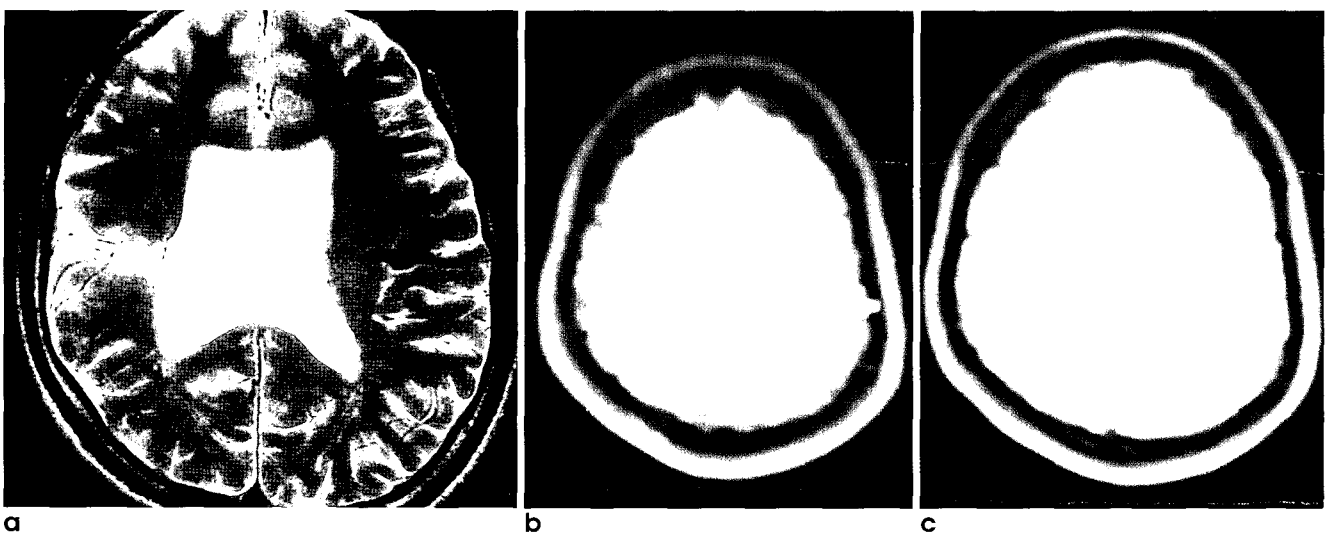


Fig. 1. A patient with schizencephaly. T2-weighted image(a) shows schizencephaly in right cerebral hemisphere. Flexion-extension exercise of right hand resulted in normal activation in left primary motor cortex(b). Flexion-extension exercise of left hand resulted in activation in the left primary motor cortex, and left premotor cortex(c).

변우목 외

극점(optimal scalp position)으로 정하였다.

결 과

기능적 자기공명영상에서 정상적인 우측 손가락을 굴곡 및 신전운동을 시켰을 때 좌측 대뇌의 운동피질(primary motor cortex)이 활성화되었다. 반면에 좌측 손가락을 운동시켰을 때 우측대뇌피질에는 전혀 활성화가 되지 않고 좌측 운동피질, 부가운동영역(supplementary motor area), 그리고 전운동영역(premotor area)이 활성화되었다(Fig. 1). 좌우손가락을 운동시켰을 때 운동피질이 활성화되는 화소수가 거의 유사하게 나타났다.

우측 대뇌피질 자극시 자극 강도를 maximal output의 100%로 증가시켜도 운동유발전위는 유발되지 않았다. 좌측 대뇌피질에서는 Cz으로부터 좌측으로 (-3, 0)부위에 동측과 반대측 단무지의외전근에 대한 최적자극점이 있었다. 반대측 단무지의외전근으로의 운동유발전위가 5부위로부터 유발되었으며 모든 부위에서 동측 단무지의외전근으로의 운동유발전위가 동시에 유발되었다(Fig. 2). 최적자극점에서 반대측 단무지의외전근으로의 운동유발전위 흥분역치는 60%였으나, 동측으로의 흥분역치는 65%로 증가되어 있었다. 최적자극점에서 자극하여 얻은 양측 운동유발전위를 비교한 결과, 잠시와 진폭, 그리고 모양이 유사하였다.

고 찰

많은 뇌손상 환자들이 뇌기능 손상으로 장애가 남게 되지만 일부 환자들은 약간의 뇌기능의 회복 혹은 거의 회복되는 것을 볼 수 있다 (1, 2). 미성숙뇌(immature brain)가 손상을 받은 경우 성숙뇌(mature brain)에 비교하여 회복이 잘되는 것

으로 알려져 있다.

본 연구에서 미성숙 뇌손상인 뇌열환자에서 경두부 자기자극과 기능적 자기공명영상을 이용한 뇌지도화를 시행한 결과, 손상되지 않은 대뇌반구(nonaffected hemisphere)로부터 편마비된 손(hemiplegic hand)으로 동측 운동성 경로(ipsilateral motor pathway)를 통해 뇌가소성이 이루어졌음을 추정할 수 있었다. 동측 운동성 경로가 뇌손상후의 회복과정에 관여한다는 것은 뇌손상, 뇌졸중, 뇌종양 등 많은 경우에서 보고되었다(5-7, 10). 본 증례에서와 같이 손상된 대뇌반구로부터 유래하는 운동성 경로(motor pathway)가 없이 손상되지 않은 대뇌반구에서만 양쪽 상지로 가는 운동 경로가 있다는 증례를 보고한 몇몇 연구가 있었으나 경두부 자기자극과 기능적 자기공명영상을 이용한 뇌지도화를 시행하여 동측운동경로만을 발견한 연구는 보고된 바가 없다. 경두부 자기자극, 기능적 자기공명영상, 양전자방출단층촬영등과 같은 비침습적인 뇌지도화(noninvasive brain mapping)법이 개발되기 전에는 동측 운동 경로를 직접 증명하지 못하고 반사운동(mirror movement)과의 연관성만 주장되어 왔다. 최근 기능적 자기공명영상을 이용하여 매우 느리게 자라는 뇌종양 혹은 동정맥기형(arteriovenous malformation)에서 뇌가소성을 증명한 논문들이 보고되었다. Maldjian 등(5)은 동정맥기형환자중 6명에서 뇌가소성을 증명하였다. 또한 Roux 등(6)은 수술전 뇌종양에서 기능적 자기공명영상을 이용한 운동기능의 활성화에 관한 연구에서 동측운동경로현상을 보고하였다. Cao 등(7)은 기능적 자기공명영상을 이용한 뇌경색후 운동기능회복의 원리의 연구에서 뇌기능의 회복은 동측운동경로를 통한 뇌가소성임을 입증하였다. 그들은 동측운동경로에 의한 뇌가소성은 뇌경색으로 손상된 반대측운동경로(contralateral motor pathway)를 보상하기 위해 이미 존재해있던 동측운동경로의 재개에 의한

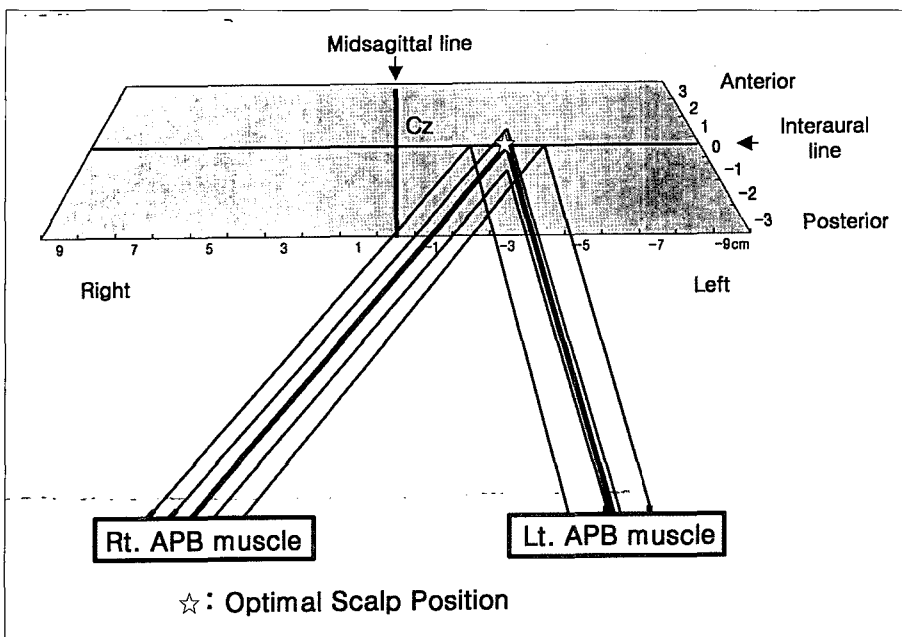


Fig. 2. Motor pathway evoked by transcranial magnetic stimulation. No motor evoked potential was evoked from right hemisphere. Motor evoked potentials to bilateral abductor pollicis brevis(APB) muscle were evoked from 5 sites from left hemisphere.

것이라고 추정하였다. 그러나 동측운동경로에 의한 뇌가소성에 관한 많은 가설들 즉 뇌손상으로 인해 정상적으로 발생된 동측 경로의 좀더 증가된 연결, 손상되지 않은 뇌로부터 비정상적인 분지(abnormal branching), 혹은 이상적 동측경로용기(aberrant ipsilateral pathway projection)의 발생등 다양하다(8, 9). Lee 등(10)은 4명의 뇌열환자의 기능적 자기공명영상에서 동측의 손상되지 않은 대뇌반구의 활성화지수(ipsilateral activation index)가 손상된 뇌부위보다 매우 높게 나타났고 그들은 운동피질의 재구성(reorganization)에 의한 결과로 추정하였다. Nirikko 등(11)은 선천성 일측성 하행성 운동로 병변(perinatal unilateral lesion of the descending motor tracts) 환자에서 경두부 자기자극과 기능적 자기공명영상을 이용하여 손상되지 않은 대뇌반구로부터 운동성경로의 재구성이 되었음을 증명했으나 경두부 자기자극으로 뇌지도화를 하지 않고 대뇌반구 전체를 자극하는 방식으로 시행했다는 단점이 있었다. Tadashi 등(12)은 선천성 반사운동(congenital mirror movement)과 뇌열 환자에서 경두부 자기자극을 이용한 뇌지도화는 동측운동경로만이 있음을 증명했으나 양전자방출단층촬영으로는 반사운동의 기전을 증명하기 위해 덜 손상된 부위(less affected side)만을 운동시키면서 시행했기 때문에 손상되지 않은 대뇌반구의 재구성을 완벽하게 증명하지 못했다. Macdonell 등(13)은 선천성 좌측팔의 운동기능의 저하를 가진 우측대뇌의 이형중환자에서 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 이용하여 운동피질의 영역화를 시행하였다. 그들은 기능적 자기공명영상은 운동자극후 활성화되는 모든 대뇌피질을 보여주나 경두부 자기자극은 피질척추로(corticospinal tract)로 투사되는 대뇌피질만이 확인되어 이 두가지 기법은 서로 보완하는 측면이 있다고 설명했다.

뇌손상후 뇌기능회복 기전의 연구에서 뇌지도화는 필수적인 연구방법이다. 운동기능을 평가하기 위해 임상에서 많이 이용하는 비침습적인 뇌지도화법은 경두부 자기자극, 기능적 자기공명영상, 양전자방출단층촬영 등이 있다. 경두부 자기자극과 기능적 자기공명영상은 부작용이 없고 반복하여 시행할 수 있다는 장점이 있다. 기능적 자기공명영상은 운동성 자극에 의해 모든 대뇌피질이 활성화되거나 경두부 자기자극은 피질척추로 투사되는 대뇌피질만이 확인된다. 이 두가지 기법은 서로 보완하는 측면이 있다. 그러므로 경두부 자기자극과 기능적 자기공명영상을 이용한 뇌지도화는 임상적으로 피질운동기능(cortical motor function)을 영역화하는 가장 유용한 방법중의 하나이다. 본 연구에서는 기능적 자기공명영상을 시행한 결과, 정상적인 우측손에 운동자극시에 좌측 운동피질이 활성화되었고 좌측 손의 운동자극시에는 좌측운동피질외에도 좌측 부가운동영역과 전운동영역에 활성화소견이 있었다. 경두부 자기자극으로 뇌지도화를 시행한 결과 우측 대뇌반구에서는 한군데에서도 운동유발전위가 유발되지 않았다. 좌측 대뇌반구에서는 5군데에서 운동유발전위가 유발되었으며 모두 양측 단무지외전근에서 운동유발전위가 유발되었다.

정상인의 수부 근육에서 동측 운동유발전위의 유발 여부는 논란의 여지가 있으나 일반적으로 근 이완상태에서는 두부 자기자극시 동측 운동유발전위가 유발되지 않는 것으로 받아들여지고 있다(14-18). 일부의 연구자들에 의해 동측 운동유발전위가 발견된 것으로 보고하고 있으나(15), 이러한 경우에도 동측에서 발견되는 운동유발전위는 잠시가 지연(delay)되어 있고 진폭도 감소된 소견을 보인다.

동측 운동경로의 기전은 여러 가지 기전들이 주장되어 왔다. 뇌가소성의 동측운동경로에 기여할 것으로 가장 많이 인정되고 있는 경로는 피질척수로(corticospinal tract)와 피질거물척수로(corticoreticulospinal tract)이다. 회복 기전에 관여하는 동측의 운동경로는 뇌의 손상 시기에 따라 다른 것으로 주장되고 있다. 미성숙의 뇌손상 회복후 발견되는 동측 운동유발전위는 반대측 유발전위와 비교하여 잠시, 진폭 등이 비슷하여 미성숙한 뇌에 존재하는 동측 피질척수로가 강화된 것으로 추정되고 있다. 성숙한 뇌가 손상 받은 후 발견되는 동측 운동유발전위는 반대측 유발전위와 비교하여 잠시가 지연되고, 진폭이 작고, 분산된 전위(dispersed potential) 등의 특성이 있어 미성숙한 뇌의 동측 피질척수로와는 다른 경로가 관여하는 것으로 주장되고 있다. 다른 경로 중에서는 피질거물척수로가 주요한 역할을 하는 것으로 추정되고 있다. 그러나 동측 피질척수로가 강화되는 기전이 출생 후 몇 살까지 관여하는 지에 대해 명확하게 밝혀진 바는 없으며, 임상적인 보고와 반사운동과의 연관성에 대한 주장 등으로 논란이 되고 있다(19, 20). 본 환자의 경우 경두부 자기자극을 이용하여 얻은 반대측과 동측의 운동유발전위의 잠시, 진폭, 그리고 모양 등이 거의 유사하고, 최적자극점이 동일한 것으로 보아 동측 운동경로는 동일한 운동피질로부터 기원한 동측 피질척수로에 의한 것으로 추정된다.

뇌가소성 기전중 동측 운동경로가 예후에 기여하는 것에 관해서는 논란이 많다. 그러나 이것은 절대적인 것이 아니고 연구 대상의 상태에 대한 상대적인 결론이라고 생각된다. 한편 본 연구에서와 같이 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 동시에 사용하여 환자의 병변과 손상 시기에 따른 회복 기전, 그리고 회복 기전을 촉진시킬 수 있는 치료계획의 개발 등은 신경학적 그리고 재활의학적 측면에서 매우 중요한 임상적 중요성을 가지고 있다. 일 예로 뇌손상환자의 치료가 뇌가소성을 근거로 한 치료로 전환이 될 때 뇌재활치료의 과학성을 확보할 수 있다. 이러한 의미에서 뇌가소성의 기전에 관한 연구는 매우 중요하며 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극을 이용한 뇌지도화는 매우 중요한 연구방법이다.

결론적으로 본 연구에서 사용한 기능적 자기공명영상과 경두부 자기자극은 상호보완적이다. 기능적 자기공명영상은 운동수행에 의하여 활성화되는 뇌피질을 지도화할 수 있으며, 반면 경두부 자기자극은 피질척수로로 투사되는 뇌피질을 지도화할 수 있다. 두 기법을 병행함으로써 뇌기능의 보다 정확한 지도화는 물론 뇌기능의 회복기전을 연구하는 데에 많은 도움을 얻을 수 있을 것이다.

References

1. Skillbeck CE, Wade DT, Hewer RL, Wood VA. Recovery after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46:5-8
2. Kerr FWL, Structural and functional evidence of plasticity in the central nervous system. *Exp Neurol* 1975;48:16-31
3. Kalil K, Schneider GE. Motor performance following unilateral pyramidal tract lesions in the hamster. *Brain Res* 1975;100:170-174
4. Chollet F, DiPiero V, Wise RJS, Brooks DJ, Dolan RJ, Frackowiak RSJ. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: A study with position Emission tomography. *Ann Neurol* 1991;29:63-71
5. Maldjian-J, Atlas-SW, Howard-RS-2nd, Greenstein-E, Alsop-D, Detre-JA, Listerud-J, D' Esposito-M, Flamm-ES. Functional magnetic resonance imaging of regional brain activity in patients with intracerebral arteriovenous malformations before surgical or endovascular therapy. *J Neurosurg* 1997;86:316-317
6. Roux FE, Ranjeva JP, Boulanouar K, Manelfe C, Sabatier J, Tremoulet M, Berry I. Motor functional MRI for presurgical evaluation of cerebral tumors. *Stereotact Funct Neurosurg* 1997;68:106-111
7. Cao Y, D'Olhaberriague L, Vikingstad EM, Levine SR, Welch KMA. Pilot study of functional MRI to assess cerebral activation of motor function after poststroke hemiparesis. *Stroke* 1998;29:112-122
8. Ono K, Shimada M, Yamano T, Reorganization of the corticospinal tract following neonatal unilateral cortical ablation in rats. *Brain Dev* 1990;12:226-236
9. Stanfield BB, O'Leary DDM. The transient corticospinal projection from the occipital cortex during the postnatal development of the rat. *J Comp Neurol* 1985;238:236-248
10. Lee HK, Kim JS, Hwang YM, Lee MJ, Choi CG, Suh DC, Lim TH. Location of the primary motor cortex in schizencephaly. *AJNR* 1999;20:163-166
11. Nirko AC, Rosler KM, Ozdoba C, Heid O, Scjroth G, Hess CW. Human cortical plasticity: Functional recovery with mirror movements. *Neurology* 1997;48:1090-1093
12. Tadashi K, Takanori Y, Fumiko I, Kenji I, Michio S. Role of the ipsilateral motor cortex in mirror movements. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1997;62:629-632
13. Macdonell RA, Jackson GD, Curatolo JM, et al. Motor cortex localization using functional MRI and transcranial magnetic stimulation. *Neurology* 1999;53:1462-1467
14. Benecke R, Meyer BU, Freund HJ: Reorganization of descending motor pathways in patients after hemispherectomy and severe hemispheric lesions demonstrated by magnetic brain stimulation. *Exp Brain Res* 1991; 83:419-426
15. Brouwer B, Ashby P: Corticospinal projections to upper and lower limb spinal motoneurons in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;76:509-519
16. Maegaki Y, Yamamoto T, Takeshita K: Plasticity of central motor and sensory pathways in a case of unilateral extensive cortical dysplasia. *Neurology* 1995;45:2255-2261
17. Muller K, Kass-Iliyya F, Reitz M: Ontogeny of ipsilateral corticospinal projections: a developmental study with transcranial magnetic stimulation. *Ann Neurol* 1997;42:705-711
18. Wassermann EM, Fuhr P, Cohen LG, Hallet M: Effects of transcranial magnetic stimulation on ipsilateral muscles. *Neurology* 1991;41:1795-1799
19. Benecke R, Meyer BU, Freund HJ. Reorganization of descending motor pathways in patients after hemispherectomy and severe hemispheric lesions demonstrated by magnetic brain stimulation. *Exp Brain Res* 1991;83:419-426
20. Maegaki Y, Maeoka Y, Ishii S et al. Mechanisms of central motor reorganization in pediatric hemiplegic patients. *Neuropediatrics* 1997;28: 168-174

Functional-Magnetic Resonance Imaging and Transcranial Magnetic Stimulation in a Case of Schizencephaly

Woo Mok Byun¹, Bong Soo Han², Jae Kyo Lee¹, Yongmin Chang²

¹Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Yeungnam University

²Department of Radiology, College of Medicine, Kyungpook National University

Purpose : This study was to present the functional brain mapping of both functional magnetic resonance imaging(MRI) and transcranial magnetic stimulation(TMS) in a case of schizencephaly.

Materials and methods : A 28-year-old man, who had left hemiplegia and schizencephaly in right cerebral hemisphere, was examined with both functional MRI and TMS. Motor function of left hand was decreased whereas right hand was within normal limit. For functional MRI, gradient-echo echo planar imaging(TR/TE/ α = 1.2 sec/90 msec/90) was employed. The paradigm of motor task consisted of repetitive self-paced hand flexion-extension exercises with 1-2 Hz periods. An image set of 10 slices was repetitively acquired with 15 seconds alternating periods of task performance and rest and total 6 cycles(three ON periods and three OFF periods) were performed. In brain mapping, TMS was performed with the round magnetic stimulator(mean diameter; 90mm). The magnetic stimulation was done with 80% of maximal output. The latency and amplitude of motor evoked potential(MEP)s were obtained from both abductor pollicis brevis(APB) muscles.

Results : Functional MRI revealed activation of the left primary motor cortex with flexion-extension exercises of healthy right hand. On the other hand, the left primary motor cortex, left supplementary motor cortex, and left premotor areas were activated with flexion-extension exercises of left hand. In TMS, magnetic evoked potentials were induced in no areas of right cerebral hemisphere, but in 5 areas of left cerebral hemisphere from both abductor pollicis brevis. Latency, amplitude, and contour of response of the magnetic evoked potentials in both hands were similar.

Conclusion : Functional MRI and TMS in a patient with schizencephaly were successfully used to localize cortical motor function.

Ipsilateral motor pathway is thought to be secondary to reinforcement of the corticospinal tract of the ipsilateral motor cortex.

Index words : Functional MRI
Magnetic stimulation
Motor cortex
Mapping
Neuroplasticity

Address reprint requests to : Woo Mok Byun, M.D., Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Yeungnam University, 317-1 Daemyung-Dong, Nam-Gu, Taegu 705-717, Korea.
Tel. 82-53-620-3046 Fax 82-53-653-5484