

기능적 자기공명영상을 이용한 단일과 복합 수지 운동의 비교 연구¹

신병석 · 이호규 · 박성태 · 김동은 · 김재균 · 이명준 · 최충곤 · 서대철 · 임태환

목 적 : 정상인의 기능적 자기공명영상에서 단일 및 교대 복합 수지 운동간의 대뇌 운동 피질의 활성화 영역의 비교를 통하여 복합 자극 내의 각각의 단일 자극이 서로 독립적인 결과를 나타내는지 알아보려고 한다.

대상 및 방법 : 6명을 대상으로 1.5T Siemens MR기기를 사용하여 단일 및 복합 수지 운동에 의한 기능적 자기공명영상을 얻었다. 우측, 좌측, 양측 손가락 운동을 따로 시행한 단일 수지 운동과 교대로 시행한 교대 복합 수지 운동에서의 운동 피질의 활성화 영상을 비교하였다. 해부학적 영상과 single shot FID-EPI 기법을 이용한 활성화 영상(T2* weighted image; TR/TE 0.96msec/61msec, flip angle 90°, matrix size 96×128, slice thickness/gap 5mm/0.8mm, FOV 200mm)을 얻었다. 영상 처리는 기능적 자기공명영상 분석 프로그램(Stimulate 5.0)을 이용하였고 상관계수 곡선(cross-correlation curve)을 이용한 처리 방법을 이용하였다. 기능적 자기공명영상에서 많이 활성화 되는 영역의 비교와 일차 운동 및 감각 중추 영역에서의 활성화된 화소의 수와 휴식 상태에 대한 운동 시 신호강도 증가율을 구하였다. 이의 통계학적 처리에 Wilcoxon signed-rank test를 이용하였다.

결 과 : 모든 예(n=6)에서 단일 운동과 교대 복합 운동간 운동 피질의 기능적 자기공명영상은 동일한 활성화 영역을 보였고 중심 전회의 일차 운동 중추 영역이 가장 많이 활성화 되었다(n=4). 동일 손가락 운동에 대한 각 운동 방법간의 운동 및 감각 중추의 활성화 영역의 면적의 차이는 $12.3 \pm 5\%$ 로 통계학적으로 차이가 없었다($P>0.1$). 활성화 영역의 휴식 상태에 대한 평균 신호 강도의 증가율은 교대 복합 운동($7.48 \pm 1.22\%$)이 단일 운동($5.77 \pm 0.9\%$)보다 많았다($P<0.001$). 활성화 영역의 시간-신호 강도의 주기 변화도 서로 일치하였다(0.87 ± 0.07).

결 론 : 기능적 자기공명영상에서 단일 운동과 교대 복합 운동내의 단일 운동의 특성에 차이가 없는 점으로 보아 각 자극에 따라 신경계마다 고유한 활성화 영역을 가지고 각각의 신경 자극이 서로 독립적인 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었다.

최근 EPI를 이용한 BOLD(blood oxygen level dependent) 기법 등의 개발로 기능적 자기공명(functional MRI: fMRI) 영상을 이용한 뇌의 지도화(brain mapping)에 대한 연구와 이의 임상적용이 신경 과학 분야에서 활발하게 이루어 지고 있다(1-3).

fMRI영상은 운동 및 감각자극에 따라 각각의 연관된 신경 중추가 활성화됨으로써 얻어진다. 즉 fMRI의 활성화 영상은 특정한 자극에 따른 특정한 대뇌 피질의 활성화에 의한 결과이다. 이러한 활성화 영역은 여러 연구에 의해서 이미 알려진 고유 영역과 일치함이 알려져 있다(4-6).

대부분의 이전의 연구는 한가지 운동 영역 또는 감각 영역에

서의 단순 자극에 의해서 뇌의 지도화로 이루어졌으며 최근 좀 더 복잡한 운동의 경우는 단순 운동 자극에서 나타나는 일차 중추 영역 외에도 이차적인 중추까지 활성화 되어 나타난다고 알려져 있다(7-9).

뇌 피질의 기능적 단위는 신경 주(neuronal column)를 들수 있는데 이는 특정의 신경 기능이 특정한 신경 주에서 작용한다는 것이다. 이의 대표적인 예는 신체 각 부위의 운동-감각 부위가 대뇌의 일차 운동-감각 중추와 일대일로 대응 한다는 것이다(10).

단일 운동을 서로 번갈아 하는 교대 복합 운동의 경우는 각각의 자극에 따라 지배하는 신경이 다르므로 각 운동에 따른 개별적인 운동 중추가 활성화되어 나타날 것으로 보인다. 즉, 일차 운동 중추의 fMRI영상들은 서로 다른 운동을 교대로 시행 했

¹울산대학교 의과대학 서울중앙병원 진단 방사선과 교실
이 논문은 1998년 2월 6일 접수하여 1998년 4월 6일에 채택되었음.

을 경우 다른 운동 자극에 의해 영향을 받지 않고 각 자극에 독립적인 결과로 동일한 활성화 영역을 나타낼 것으로 생각된다.

교대 복합 운동에 의한 fMRI영상에서 각 단일 운동 자극에 대한 활성화 영역을 분리하여 단일 운동 시의 활성화 영역과 비교하여 차이가 보이지 않는다면 다른 자극이 서로 섞여 있더라도 각각의 활성화 영역은 고유한 운동 영역의 신경계의 자극에 의한 것임을 알 수 있고 이를 통해 각 운동에서의 신경계의 독립성을 입증할 수 있으리라 생각된다.

따라서 본 연구는 단일 운동 및 교대 복합 운동에 따른 일차 중추 영역에서의 활성화 영역 및 신호 강도의 변화를 비교함으로써 이러한 이론적인 가설을 입증하고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 8월부터 9월까지 25세부터 30세의(평균27세)의 정상인 6명을 대상으로 하였다. 남자 5명, 여자가 1명으로 오른손잡이가 5명, 왼손잡이가 1명이었다. fMRI영상을 얻기 위해 1.5T(Magnetom Vision, Siemens, Erlangen, Germany)기기와 보편적인 두부 코일(head coil)을 사용하였다. 불필요한 노이즈와 허상(artifact)을 감소시키기 위해서 발포 패드(foam pad)를 이용하여 머리의 움직임을 억제하였다.

해부학적 영상은 대뇌 피질 정맥이 잘 보이도록 2D FLASH 기법을 이용한 T1 강조 영상(TR/TE 30msec/9msec, flip angle 90°, matrix size 205×256, slice thickness/gap 5mm/0.8mm FOV 200mm)을 얻었다(Fig. 1A). 대뇌 운동 피질의 활성화 영상은 single shot FID-EPI로 BOLD(blood oxygen level dependent)기법을 이용한 T2* 강조 영상(TR/TE 0.96msec/61msec, flip angle 90°, matrix size 96×128, slice thickness/gap 5mm/0.8mm, FOV 200mm)을 얻었다(Fig. 1B). 이 두 가지 영상을 서로 중첩시켜 최종적인 영상을 얻었다(Fig. 1C).

운동 피질의 활성화는 피검자의 손가락 운동으로 유도하였으며 엄지 손가락과 인지, 중지, 약지를 순서대로 서로 마주치게 하는 운동을 시행하였다. 운동은 첫 10회의 휴식 후에 5회의 운동과 8회의 휴식을 번갈아 가면서 시행하는 방법으로 단일 운동의 경우 각각 2회의 운동과 3회의 휴식 상태(휴식-운동-휴

식-운동-휴식)를 오른손, 왼손, 양손에서 따로 시행하였다. 교대 복합 운동은 오른손, 왼손, 양손의 손가락 운동을 교대로 3회의 운동과 4회의 휴식 상태(휴식-오른손 운동-휴식-왼손 운동-휴식-양손 운동-휴식)를 2회 반복하였다(Fig. 2). 스캔 시간은 한 영상 당(10slice) 3초의 시간 해상도(time resolution)로 단일 운동은 총 36회의 영상(운동 상태가 10회, 휴식 상태가 26회)으로 각 검사 당 총 108초가 소요되었다. 교대 복합 운동의 경우는 총 88회의 영상(운동 상태가 30회, 휴식 상태가 총 58회)으로 264초가 소요되었다.

대뇌 운동 피질의 활성화 영상의 처리는 SUN SPARC, Solaris 2.5 system에서 fMRI 분석 소프트웨어인 Stimulate 5.0(Univ. of Minnesota, John P. Strupp)을 이용하였다. 운동에 따른 활성화 영상을 얻기 위해서는 휴식 상태와 운동 상태에 따른 신호 강도의 변화에 일치시킨 참조 곡선(reference curve)을 설정하고 이 참조 곡선과의 상관 계수(cross-correlation)에 따라서 일치되는 부위를 검출하는 방법을 이용하였다.

통상 활성화 부위를 검출하기 위한 참조 곡선은 임의적으로 정할 수 있으나 실질적인 대뇌 피질의 활성화를 반영하기 위해 이미 알려진 운동 영역의 시간-신호 강도 곡선(time-signal intensity curve)을 구한 후에 이에 따라 참조 곡선을 만드는

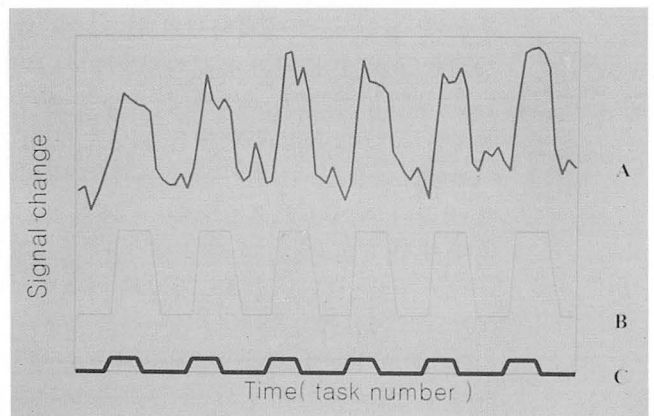


Fig. 2. Average time course plots(A) in the region of interest during the alternative tasks, reference curve(B), and hand task periods(C). Note the delayed activation of signal intensity after onset of hand tasks.

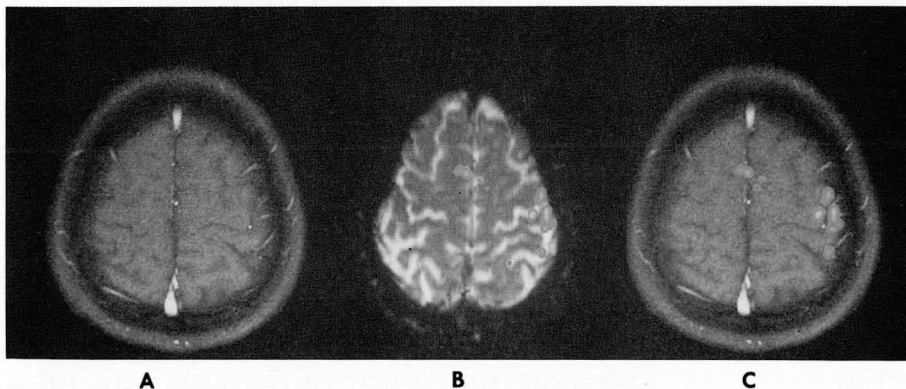


Fig. 1. Selected functional MR images were acquired during the motor task of right hand movement. Note high signal intensity of the superior sagittal sinus and the cortical vein in template image(A). Activation image(B) shows activation in the contralateral sensorimotor cortex for right hand task and superimposition of activated pixels on the template image(C).

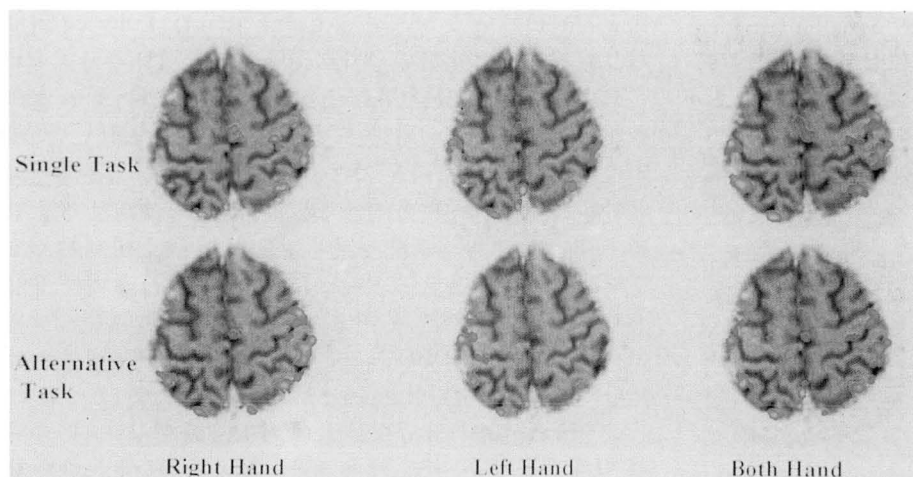


Fig. 3. Functional images of single motor task and alternative motor task. Note that the activated areas of two tasks are similar regarding locations and areas on the two sets of images.

방식을 많이 취하고 있다. 또한 운동에 따른 신호 강도의 증가 및 감소는 운동 시작 후와 종료 후 6초 내지 8초의 지연 상태를 보이고 이러한 지연 시간을 고려한 참조 곡선이 실제 활성화 영역의 시간-신호 강도 곡선과 일치하는 것으로 알려져 있으며 (11) 본 연구에서도 이에 따라 참조 곡선을 작성하였다(Fig. 2). 교대 복합 운동에서의 각각의 운동에 대한 활성화 부위는 각 운동별로 적절한 참조 곡선을 이용함으로써 구분하여 나타낼 수 있다.

대뇌의 활성화 영역의 면적, 즉 활성화된 화소의 개수는 참조 곡선 뿐만 아니라 상관계수 역치(correlation threshold)에 따라 매우 달라진다. 또한 실제로 운동 영역의 뇌 활성화 영상을 구할 때는 참조 곡선과 다양한 상관계수 역치(0.5 및 0.6) 외에도 우연히 참조 곡선과 일치되는 곳을 배제하기 위해 일정 화소의 수를 지정하여 그 이상(2 또는 4)의 활성화되는 곳만을 고를 수 있게 조정을 하였다. 활성화 영역 이외의 노이즈는 활성화 영역에서의 시간-신호 강도의 변화와 달리 불규칙적인 증감을 보이므로 통계학적인 처리로 제거하였다. 활성화 신호는 시간-신호 곡선의 일치율에 따라 색상 처리(color mapping)하였다.

각기 다른 단일 운동에서의 활성화와 교대 복합 단일 운동에서의 활성화를 비교하고자 첫째, 각 운동별 활성화 영상에서 일차 운동-감각 중추(primary sensorimotor cortex)와 보조 운동 영역(supplementary motor cortex)에서 가장 많이 활성화 되는 영역을 서로 비교하였고, 둘째, 각 개인별 우측, 좌측, 양측 손가락 운동별로 반대측 중심 회(cenral sulcus) 중심의 일차 운동 및 감각 중추에서 활성화된 영역의 면적, 즉 화소의 개수를 구하여 그 차이를 비교하였다. 셋째, 일차 운동 및 감각 중추 영역과 보조 운동 영역에서 휴식 상태에 대한 운동 시 신호 강도 증가율을 구하였다. 넷째, 시간에 따른 평균 신호 강도 변화를 t-test와 correlation coefficient를 이용하여 비교하여 보았다. 단일 운동과 교대 복합 운동간 각 운동의 활성화된 화소의 개수 차이 비교에는 Wilcoxon signed-rank test를 사용하였다.

Table 1. Number of Activated Pixels in the Sensorimotor Area during Single and Multiple Hand Tasks.

Subjects	Right hand		Left hand		Both hand	
	Single	Multiple	Single	Multiple	Single	Multiple
1	111	115	116	99	210	227
2	116	104	138	126	231	221
3	105	89	121	101	171	150
4	112	102	60	73	189	192
5	83	75	108	91	161	143
6	41	38	36	33	115	92
p-value	0.075		0.115		0.173	

결 과

모든 경우(n=6)에서 반대측 일차 운동-감각 중추 영역에서의 활성화를 보였으며 우측, 좌측, 양측 손가락 운동을 각각 따로 시행한 단일 운동과 교대로 시행한 교대 복합 운동의 비교 시 모두 동일한 활성화 영역을 보였다(Fig. 3). 이중 중심 회를 기준으로 일차 운동 영역(n=4)이 가장 많이 활성화되었고 2예에서는 일차 운동 중추보다 감각 영역의 활성화 영역이 넓게 관찰되었다.

반대측 중심 회 전후의 일차 운동 및 감각 중추 영역에서의 활성화 영역의 면적, 즉 화소의 개수는 개인적인 차이가 많았으며 각 개인의 운동별 단일 운동과 교대 복합 운동간의 화소의 개수 차이는 1 내지 23으로 단일 운동 기준의 화소의 개수 변화율은 평균 $12.3 \pm 5\%$ 였다. 그러나 각 운동별 활성화 영역의 면적, 즉 화소의 개수는 양자간 통계학적으로 차이는 없었다(Table 1).

활성화 영역에서 신호 강도의 평균 휴식 상태에 대한 증가율은 단일 운동은 평균 $5.77 \pm 0.9\%$, 교대 복합 운동은 평균 $7.48 \pm 1.22\%$ 이었다(Table 2). 또한 신호 강도의 증가분은 단일 운동이 평균 26.64 ± 2.72 , 교대 복합 운동의 경우는 평균 39.9 ± 5.3 으로 교대 복합 운동의 신호 강도 증가가 단일 운동시의 신

Table 2. Percent Changes of Increased Signal Intensities in the Activated Sensorimotor Area during Single and Multiple Hand Tasks.

Subjects	Right hand		Left hand		Both hand	
	Single	Multiple	Single	Multiple	Single	Multiple
1	4.8	6.6	4.9	7.4	5.5	8.3
2	5.6	6.1	5.2	6.9	4.9	7.3
3	6.0	6.9	6.3	8.2	5.3	6.4
4	4.9	6.2	4.5	6.1	5.1	7.1
5	5.9	6.1	6.5	7.7	6.7	8.3
6	7.5	9.6	7.3	10	6.7	9.2
Average	5.8	6.9	5.8	7.7	5.7	7.8

Average percent change of single task group; $5.77 \pm 0.9\%$, that of multiple task group; $7.48 \pm 1.22\%$. There was statistically significant difference between two task groups ($p < .001$).

호 강도의 증가보다 많았다($P < .001$).

동일 운동에서의 단일과 교대 복합 운동간의 시간-신호 강도의 주기 변화는 서로 일치하였고 ($P < .001$) 각 주기 변화 곡선간 상관계수는 평균 $0.870 \pm .071$ 이었다.

고 찰

본 연구에서 단일 운동과 교대 복합 운동을 통한 운동 피질의 활성화 영역은 서로 일치되었다. 이는 단일 운동 자극에서 보이는 신경계의 활성화 영역이 교대 복합 운동을 하더라도 동일한 활성화 영역을 보임으로써 서로 다른 자극이 섞여 있다라도 각기 고유의 신경계를 통한 자극이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

뇌 피질의 기능적 단위는 신경 주이며 뇌의 각 부분이 소세포주(small cell column)단위로 고유의 기능을 가지고 각기 고유의 지배 영역에 작용을 하여 특정한 기능을 수행하게 된다(columnar organization). 또한 이러한 각 신경 주는 단(short) 또는 장(long) 연합섬유(association fibers), 그리고 뇌반구간 교련(commisures)에 의해 연결이 되어 있다.

운동 중추는 중심 전회(precentral gyrus)와 부 중심회(paracentral gyrus)에 위치한 일차 운동 중추(Brodmann area 4)와 중심 전회, 전두회에 위치한 전운동 중추와 보조 운동 중추(Brodmann area 6)이며 기저핵, 시상, 소뇌와 뇌간이 복합적으로 작용하여 외 피질 척수로(lateral corticospinal tract)와 적핵 척수로(rubrospinal tract)를 통하여 신경 자극이 전달된다. 또한 감각 중추의 경우 후삭-내용대(posterior funiculus-medial lemniscus)와 전 측부 척수 시상로(anterolateral spinothalamic tract)가 중요한 역할을 하며 이러한 경로를 통해 중심 후회, 측 중심회에 위치한 일차 감각 영역(areas 3, 1, 2)이 자극되어 활성화가 된다(10).

대뇌 피질의 fMRI영상에서는 BOLD 효과와 유입 효과(In-

flow effect)가 신호 생성에 중요하다. BOLD 효과는 뇌 피질 활성화 시 국소적인 혈류 증가로 인한 산소 유입의 증가로 인해 국소적인 자장의 비균질화로 신호 감소를 일으키는 환원 혈액소(deoxyhemoglobin)의 농도가 감소되므로 활성화된 부위에서의 신호 강도의 증가를 가져온다. 또한 유입 효과는 활성화 부위의 혈류 증가에 따라 정맥계의 혈류 속도가 빨라져 영상 단면 내의 정맥혈 내 불포화 양자의 밀도가 증가하는데 따른 신호 강도의 증가를 이용한 것이다. 이와 같은 BOLD 효과와 유입 효과는 모두 미세 정맥 및 피질 정맥 등 뇌 피질의 유출 정맥계로부터 발생하며 BOLD 효과는 대부분이 피질 정맥에서 일어난다고 보고되고 있다(12-14).

본 연구에서 손가락 운동을 통해 가장 많이 활성화되는 부위는 일차 운동 중추였고 2예의 경우는 일차 운동중추 보다는 감각 신경중추의 활성화가 많이 되었다. 또한 감각 신경 중추는 일차 운동 중추의 활성화가 더 많던 경우에도 비슷한 정도로 활성화 되었으며 이는 아마도 서로 손가락을 마주치게 하는 운동이 손가락의 감각신경을 자극하게 되므로 나타나는 것으로 생각된다. Yetkin 등(15, 16)에 의하면 손바닥을 굽는 감각자극을 주었을 때도 손가락을 움직였을 때와 비슷한 부위에서 활성화 신호가 관찰된다고 하였고 수지의 마비가 있는 환자에서는 이러한 감각자극이 운동 자극 대신 사용될 수 있을 것이라고 보고하였다.

일차 운동 감각 영역의 활성화 외에 보조 운동 영역의 활성화가 많이 관찰되었다. 최근 단순한 손가락 운동과 복잡한 운동간의 활성화와 영상을 비교한 연구에서 복잡한 손가락 운동은 중심 전회(precentral gyrus) 외에도 전운동 피질(premotor cortex)과 내측 전두엽 피질(medial frontal cortex)이 이차적인 중추로서 연관되어 있다는 보고가 있다(7, 8). 또한 손가락 운동 시 동측 보조 운동영역의 활성화가 보이는데 특히 지배 대뇌 반구(dominant hemisphere)의 경우 많이 나타나며 이는 운동 신경 경로가 10-15%는 반대측으로 교차되지 않고 동측에 위치하기 때문으로 설명하고 있다(17, 18). 본 연구에서도 오른손 잡이의 경우 좌측 손가락의 운동 시에도 좌측 보조 운동 영역의 활성화가 2예에서 보였으며 우측 손가락 운동 시에도 우측 보조 운동 영역의 활성화가 관찰 되었다(Fig. 1).

본 연구의 경우와 같이 각기 다른 방법으로 같은 운동 영역을 따로 시행한 검사이므로 재현성에 대한 영향을 받을 수밖에 없다. 이러한 동일 운동에서의 재현성에 대한 연구로 Yetkin 등(19)은 운동 영역에서 감각 영역보다 재현성이 좋고 상관계수 역치가 낮은 경우(0.5)가 높은 경우(0.7)보다 재현성 좋다고 보고하고 있다. 그러나 어느 경우도 화소 수는 일치하지 않았으며 동일 운동 시에도 비교적 많은 차이를 보일 수 있음을 시사하는 것으로 보인다.

본 연구에서도 단일 운동과 교대 복합 운동간의 활성화 영역의 화소수의 차이가 $12.3 \pm 5\%$ 가 있었으나 이러한 활성화 영역의 면적의 차이가 있더라도 동일 부위가 활성화되기 때문에 임상적 측면에서의 분석에는 문제점이 없으리라 생각된다.

일반적으로 동일한 운동을 반복하는 경우에서 활성화 영역의 신호 강도가 점차 감소하는 것으로 알려져 있으나 본 연구에서

는 오히려 교대 복합 운동 시 신화 강도의 증가율이 단일 운동의 경우보다 높았다. 이러한 증가는 아마도 동일 운동이 아닌 서로 다른 부위의 운동을 번갈아서 시행하는 경우 서로간의 다른 자극으로 인해 대뇌 전반적인 신호 강도의 증가율이 높아졌을 가능성이 있으나 명확치 않으며 이에 대한 연구가 필요하리라 생각된다. 또한 교대 복합 운동의 증가율이 많으므로 fMRI에서 활성화가 좀 더 많이 나타날 것을 기대할 수 있으나 실제로 구한 활성화 영역의 화소수는 양자 간의 차이가 뚜렷하지 않았다. 그러나 이는 활성화 영상의 획득시 참조 곡선과 상관 계수 역치의 조정 등의 처리 과정에서의 오류가 있을 수 있으며 단순한 가감법(subtraction)을 이용한 영상 처리에서 좀 더 명확한 차이를 보일 것으로 생각된다.

저자들의 연구 결과를 통하여 예상되는 효과는 한번에 여러 가지 자극을 가함으로써 검사 시간을 절감할 수 있고 여러 가지의 운동 자극이나 감각 자극이 복합된 자극 패턴을 만들 수 있는 이론적인 배경이 될 수 있다. 그리고 검사 후에 이를 각각의 요소별로 분리하여 분석할 수 있으리라 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 기능적 자기공명영상에서 단일 운동과 교대 복합 운동내의 단일 운동의 특성에 차이가 없고 시간 신호 강도의 주기 변화가 없는 점으로 보아 각 자극에 따라 신경계마다 고유한 활성화 영역을 가지고 각각의 신경 자극이 서로 독립적인 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Connelly A, Jackson GD, Frackowiak RSJ, Belliveau JW, Vargha-Khadem F, Gadian DG. Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system. *Radiology* 1993;188:125-130
2. Cao Y, Towle VL, Levin DN, Balter JM. Functional mapping of human motor cortical activation with conventional MR imaging at 1.5T. *J Mag Reson Imaging* 1993;3:869-785
3. Sorensen AG, Wray SH, Weisskoff RM, et al. Functional MR of Brain activity and perfusion in patients with chronic cortical stroke. *AJNR* 1995;16:1753-1762
4. Yousry TA, Schmid UD, Jassoy AG, et al. Topography of the cortical motor hand area: prospective study with functional MR imaging and direct motor mapping at surgery. *Radiology* 1995;195:23-29
5. Rumeau C, Tzourio N, Murayama P, et al. Location of hand function in the sensorymotor cortex: MR and functional correlation. *AJNR* 1994;15:567-572
6. Jack CR, Thompson RM, Butts RK, et al. sensory motor cortex: correlation of presurgical mapping with functional MR imaging and invasive cortical mapping. *Radiology* 1994;190:85-92
7. Aspollonio L, Prinster A, Righini A, et al. Functional magnetic resonance imaging(fMRI) of medial frontal cortex(SMA) during hand movements. *Neurology* 1995;45(Suppl 4):267
8. Tsunoda A, Nakajima Y, Sato K et al. Functional imaging of the sensorimotor cortex using as ultra-fast MR imaging method. *No To Shinkei* 1996;48:45-51
9. Rao SM, Binder JR, Bandettini BS, et al. Functional magnetic resonance imaging of complex human movements. *Neurology* 1993;43:2311-2318
10. Jeffrey DL. *Introduction to Functional Neuroimaging: Functional Neuroanatomy*. In William WO, Jeffery DL, John AS, Michael FH. *Functional Brain Imaging*. St. Louis: Mosby, 1995:13-82
11. Kwong KK, Belliveau JW, Chesler DA, et al. Dynamic MR imaging of human brain activity during primary sensory stimulation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1992;89:5675-5679
12. Turner R, Jezzard P, Wen H, et al. Functional mapping of the human visual cortex at 4 and 1.5 tesla using deoxygenation contrast EPI. *Magn Reson Med* 1993;29:277-279
13. Duyn JH, Moonen CTW, van Yperen GH, de Boer RW, Luyten PR. Inflow versus deoxyhemoglobin effects in BOLD functional MRI using gradient echoes at 1.5T. *NMR Biomed* 1994;7:83-88
14. Kim JH, Shin T, Kim JS, Kim HJ, Chung SH. MR imaging of cerebral activation performed with a gradient-echo technique at 1.5T: source of activation signals. *AJR* 1996;167:1277-1281
15. Yetkin FZ, Mueller W, Morris G, et al. Location of the sensorimotor cortex: functional and conventional MR compared. *AJNR* 1995;16:1753-1762
16. Yetkin FZ, Muller WM, Hammeke TA, et al. Functional magnetic resonance images mapping of the sensorimotor cortex with tactile stimulation. *J Neurosurg* 1994;36:925-931
17. Nyberg-Hansen R, Rinvik E. Some comments on the pyramidal tract with special reference to its individual variations. *Acta Neurol Scan* 1963;39:1-30
18. Andrew Li, Zerrin Yetkin, Robert Cox, Victor M, Haughton. Ipsilateral hemispheric activation during motor and sensory tasks. *AJNR* 1996;17:651-655
19. Yetkin FZ, McAuliffe TL, Cox R, Haughton VM. Test-retest precision of functional MR in sensory and motor task activation. *AJNR* 1996;17:95-98

A Comparative Study of Single and Multiple Hand Tasks Using Functional MRI¹

Byung Suck Shin, M.D., Ho Kyu Lee, M.D., Sung Tae Park, M.D.
Dong Eun Kim, M.D., Myung Jun Lee, M.D., Choong Gon Choi, M.D.
Jae Kyun Kim, M.D., Dae Chul Suh, M.D., Tae Hwan Lim M.D.

¹Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan

Purpose: To assess, using functional MRI and by comparing activated motor sensory areas, the independence of brain activation during single and alternative multiple hand tasks.

Materials and Methods: The subjects were six healthy volunteers. Using at 1.5T Siemens system and single shot FID-EPI sequencing(T2* weighted image; TR/TE 0.96msec/61msec, flip angle 90°, matrix size 96×128, slice thickness/gap 5mm/0.8mm, FOV 200mm) and T1-weighted anatomic images, functional MRI was performed. The paradigm of motor tasks consisted of appositional finger movements; the first involved the separate use of the right, left, and both hands, while an alternative task involved the use of the right, left, and both hands in sequence. Using cross-correlation method(threshold:0.6) and fMRI analysis software (Stimulate 5.0), functional images were obtained. The activated area of brain cortex, the number of pixel, the average percentage change in signal intensity, and correlation of the time-signal intensity curve in the activated motor area were analysed and compared between the two task groups. Statistical analysis involved the use of Wilcoxon signed-rank test.

Results: It was seen on fMRI that during both single and alternative motor tasks, the same areas were consistently activated; in four volunteers, most activation occurred in the contralateral primary motor area. Between the two task methods, the average change in the number of activated pixels was $12.3 \pm 5\%$, but the difference was not statistically significant($P > 0.1$). Increased signal intensity in the alternative task group($7.48 \pm 1.22\%$) was more statistically significant than in the single task group($5.77 \pm 0.9\%$) ($P < .001$). With regard to the time-intensity curve, there was significant correlation between the two groups(0.87 ± 0.07).

Conclusion: Brain activation did not differ according to whether the motor task was single or alternative. We therefore suggest that during multiple stimuli, the relevant functional areas and neuronal column are activated independently.

Index words: Magnetic resonance(MR), motion studies
Magnetic resonance(MR), technology
Brain, MR

Address reprint requests to: Byung Suck Shin, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center,
College of Medicine, University of Ulsan, # 388-1 Poongnap-Dong, Songpa-Gu, 138-376, Seoul
Tel. 82-2-224-4400 Fax. 82-2-476-4719