

## 허혈성 뇌졸중 환자에서 Magnetic Stimulation에 의한 운동유발전위 반응

영남대학교 의과대학 신경과학교실

김성민 · 서상덕 · 이 준 · 하정삼

### 서 론

운동유발전위(motor evoked potential: MEP)는 중추성 운동신경계내의 운동피질이나 운동전달경로를 자극하였을 때 근육, 말초신경 또는 척수에서 기록되는 전위로서 주로 대뇌피질이나 척추부위를 자극하여 말초근육에서 기록되는 복합근육활동전위(compound muscle action potential; CMAP)로 측정하며 중추성 운동신경계 전달경로의 전기생리학적 검사로 임상에서 뿐만 아니라 운동조절의 생리학적 이해를 위해 널리 이용되고 있다.<sup>1,2)</sup>

MEP를 이용한 중추성 운동신경계 전달경로(central motor pathway)의 전기생리학적 검사는 1870년 Fritsch와 Hitzing<sup>3)</sup>가 실험견의 전두엽을 직류전류로 자극하였을 때 반대측 다리의 운동이 유발된다고 보고한 이래 Merton과 Morton<sup>4)</sup>이 1980년 최초로 사람의 뇌운동피질을 경두개적으로 전기자극하여 반대측 말초근육에서 MEP를 유발하였으나 강한 전기자극에 의한 심한 통증으로 인하여 실제 임상에서 널리 사용되지 못하던 중 통증이 없는 자기자극이 Barker등<sup>5)</sup>에 의해 1985년에 시도되었다. 이후로 다발성경증, Parkinson씨병, 척추증, 뇌졸중, 운동신경원질환(motor neuron disease)등과 같은 다양한 신경학적 질환에서 MEP의 임상적 적용에 관해 보고되고 있다.<sup>4,11)</sup>

한편 뇌졸중은 신경과 영역에서 흔한 질환으로 그 사망률이 높고 치료후에도 운동, 감각, 언어, 인지 및 정서장애 등의 후유증을 남기는 경우가 많다. 이 중 운동능력은 일상생활 수행에 기본적인 요소로 그 예후의 예측이 급성기 뇌졸중 환자의 치료 계획 수립에 중요하다 할 수 있겠다. 현재까지 뇌졸중의 진단은 방사선 영상에 의한 구조적 변화를 인지하는 것에 주로 의존하고 있었기에 MEP를 이용하여 기능적 변화를 검사함으로써 뇌졸중의 진단과 예후를 결정하는데 도움이 될 것이다. 이에 저자는 허혈성 뇌졸중 환자에서 자기자극에 의한 MEP를 측정하여 방사선 영상에서의 병변의 위치 및 크기와 비교함으로써 이들과의 상관관계를 알아보고 급성기 운동장애의 정도 및 1~2개월 후의 운동 회복정도과 비교함으로써 운동장애의 판단 및 그 예후 판정에 대한 MEP의 유용성을 알아보기 위하여 본 연구를 실시하였다.

### 대상 및 방법

대상 환자는 발병 후 7일이내의 급성기에 영남대학교 의과대학 부속병원 신경과에 입원한 뇌졸중 환자중 이전 어떠한 형태의 운동마비도 없었던 사람으로 임상소견과 뇌 전산화단층촬영이나 자기

공명촬영을 통하여 허혈성 뇌졸중으로 진단된 환자 24명으로 하였고 처음 방사선검사로 병변이 확인되지 않은 경우에는 3~4일 후에 재검사를 실시하였다. 그리고 나이가 80세 이상이거나 입원 당시 정신상태가 혼미 이상인 환자, 뇌압증가의 소견이 있는 환자, 경련의 과거력이 있는 환자, 심박동기를 부착한 환자, 뇌실질이나 두부에 혈관클립과 같은 금속물질이 있는 환자는 검사대상에서 제외하였다. 대조군으로는 검사에 대해 충분한 설명을 듣고 이에 동의한 신경학적 질환이 없는 정상 성인 24명으로 하였다. 대조군 및 대상환자들은 MEP검사를 시행하기 전에 정중신경과 후경골신경의 신경전달 검사를 통하여 이 신경들의 신경전달 속도에 이상이 없음을 확인하였고 대상환자의 검사는 모두 발병 후 1~7일 사이의 급성기에 시행하였다.

검사는 조용한 방에서 피검자가 편안하게 누운 자세로 시행하였고 자의적 근수축에 의한 소통현상(facilitation)을 피하기 위해 검사 근육을 완전히 이완하도록 하였으며 자기자극에 의해 유발되는 CMAP는 단모지외전근(abductor pollicis brevis muscle)과 무지외전근(abductor hallucis muscle)에서 표면전극을 이용한 belly-tendon법을 이용하여 측정하였다.

자기자극은 Dantec사의 Hag<sup>2</sup> 원형자극기를 사용하였고 유발된 MEP의 기록은 Counterpoint MK2 기기를 이용하였다. 단모지외전근에서의 반응을 측정하기 위해 대뇌피질을 자극할 때는 두정부에 자극기의 중심이 위치하게<sup>12)</sup> 하고 척추부위를 위해서는 7번경추의 극상돌기에서 대상근육 방향으로 4~5cm 측방에 자극기의 중심이 있게 하였다.<sup>13)</sup> 무지외전근을 위해 대뇌피질을 자극할 때는 두정부에서 전방으로 4~6cm, 대상근육의 반대방향으로 2~3cm 측방에 자극기 중심이 위치하게 하였고<sup>12)</sup> 척추부위 자극을 위해서는, 4번요추의 극상돌기에서 대상 근육 방향으로 4~5cm 측방에 중심이 위치하게 하였다.<sup>15)</sup> 몇차례의 자극에도 MEP가 나타나지 않을 때에는 자극기를 사방으로 조금씩 이동하여 자극을 시도하였다. 자극의 강도는 기록되는 CMAP가 더 이상 증가하지 않을 때까지 점차 증가

시켰고, 대뇌피질 자극은 최대 자극량의 70~100%, 척추부위 자극은 50~80% 정도였다. 자기자극의 물리적 전류방향은 위에서 봤을 때 대상 근육이 좌측일 경우에는 시계방향, 우측일 때에는 시계 반대방향이 되게 하였다. 각 부위에서의 자기자극은 3회 이상 실시하였고 이때 유발된 MEP간에 차이가 있을 때는 잠복기가 가장 짧은 MEP를 선택하였다.

자기자극 후에 기록된 MEP에서 잠복기와 진폭을 구하였으며 각각의 근육에서 대뇌피질을 자극하여 기록된 MEP의 잠복기에서 척추부위를 자극하여 기록된 MEP의 잠복기를 감한 차이를 중심성 운동전도시간(central motor conduction time: CMCT)으로 하였다. 환자군에서 CMCT가 대조군에서의 평균치로부터 표준편차 2배 이내인 경우를 정상, 2배 이상 증가했을 때를 연장된 것으로 평가하고, 자극부위를 조금씩 이동하며 자극하였음에도 10회 이상의 자극에 MEP가 유발되지 않을 때에는 무반응으로 인정하여 환자군에서는 CMCT를 정상, 연장, 무반응의 3가지로 분류하여 통계처리하였다.<sup>14)</sup>

병변의 위치가 크기는 Matsui-Hirano 도판<sup>15)</sup>에 근거하였고 병변의 크기가 직경 2cm 미만이고 백질에 국한된 경우는 열공성 뇌경색(lacunar infarction), 병변의 직경이 2cm 이상이나 뇌피질을 침범하지 않은 경우는 소형 뇌경색(small infarction), 병변 부위가 백질과 피질 모두를 침범하였으나 1개 이상의 대뇌엽을 초과하지 않은 경우는 중형 뇌경색(medium infarction), 병변이 대뇌엽 1개 이상을 초과하고 중심선 이동과 뇌실압박의 징후가 현저한 경우는 대형 뇌경색(large infarction)으로 분류하였다.<sup>16)</sup> 병변의 위치는 대뇌피질의 중심전회와 중심후회를 침범한 경우를 중심 뇌경색, 그외의 피질 부위를 침범한 경우를 기타피질 뇌경색, 내낭(internal capsule)과 방선관(corona radiata)을 포함하여 뇌간의 추체로중 어느 한곳을 침범한 경우를 추체로 경색, 그외의 피질하부, 소뇌 및 뇌간을 침범한 경우를 기타피질하 뇌경색으로 구분하였다.

대상환자들은 MEP검사시와 발병 1~2개월 후

에 신경학적 검사를 통하여 단모지외전근 및 무지외전근의 운동장애의 정도를 측정하여 Medical Research Council<sup>17)</sup>의 분류에 따라 grade 0과 1은 심한 장애, grade 2와 3은 중등도 장애, 그리고 grade 4와 5는 경한 장애로 각각 분류하였다. 1~2개월 후 운동장애의 회복정도는 기능적 장애없이 완전히 회복된 경우를 완전 회복, 완전히 회복되지는 않았지만 처음 검사 당시와 비교하였을 때 1 단계 이상 회복된 경우를 부분 회복, 처음과 비교하여 차이가 없는 경우를 정체로 구분하였다.<sup>18)</sup>

이상의 방법을 통해 얻어진 자료들은 SPSS/PC(+)

Package를 이용한 Chi-Square test, t-test 등으로 유의성을 검증하였다.

## 성 적

연구 대상은 환자군이 남자 17명, 여자 7명으로 24례였으며 대조군은 남자 14명, 여자 10명의 24례로 총 48례였다. 연령분포는 환자군이 38세에서 75세까지로 평균  $56.6 \pm 10.3$ 세였으며 대조군은 32세에서 75세로 평균  $56.3 \pm 10.9$ 세였다(표 1).

Table 1. Age and sex distribution of controls and patients

Age (years)	Controls			Patients		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total
30 - 39	2	-	2 (8.4)	1	-	1 (4.1)
40 - 49	4	1	5 (20.8)	6	1	7 (29.2)
50 - 59	4	1	5 (20.8)	5	1	6 (25.0)
60 - 69	4	5	9 (27.5)	5	2	7 (29.2)
70 - 79	-	3	3 (12.5)	-	3	3 (12.5)
Total	14	10	24 (100.0)	17	7	24 (100.0)
Ave age (M±SD)	51.7 ±10.2	62.7 ±8.8	56.3 ±10.9	53.2 ±9.0	64.7 ±9.2	56.6 ±10.3

M : mean, Ave : average

Table 2. Height distribution of controls and patients

Height (cm)	Controls		Patients	
	No.	%	No.	%
150 - 159	5	20.8	5	20.8
160 - 169	12	50.0	12	50.0
170 - 179	7	29.2	7	29.2
Total	24	100.0	24	100.0
Mean height (SD)	164.6	6.9	164.8	7.5

이들의 신장은 환자군이 151cm에서 179cm까지로 평균  $164.8 \pm 7.5$ cm였고 대조군은 157에서 178까지로 평균  $164.6 \pm 6.9$ cm였다(표 2).

대조군 24례는 각 근육에서 모두 MEP를 유발할 수 있고 환자군에서는 24례중 무반응을 나타낸 경우

가 각 근육에서 11례였다. MEP를 유발할 수 있었던 대조군 및 환자군에서의 단모지외전근의 MEP 성적은 표3과 같으며 대조군에서의 CMCT는 5.7msec에서 10.7msec까지로 평균  $8.6 \pm 1.4$ msec였고 환자군에서는 6.2msec에서 14.8msec까지로 평균  $9.4 \pm 2.3$ msec였다. 이들 두 군에서 평균 CMCT 간에 유의한 차이는 없었다. 한편 무지외전근에서 기록된 MEP 성적은 표4와 같으며 대조군에서의 CMCT는 12.1msec에서 20.9msec까지로 평균  $15.1 \pm 2.1$ msec였고 환자군에서는 14.2msec에서 26.1msec까지로 평균  $18.8 \pm 3.9$ msec였으며 대조군에 비해 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ). 대조군 1례에서 내뇌피질 및 척추 부위 자기자극시 단모지외전근과 무지외전근에서 기록된 MEP는 그림1과 같다.

Table 3. MEP findings of APB muscle in controls and patients

	Controls			Patients		
	Cervical (n=24)	Cortical (n=24)	CMCT (n=24)	Cervical (n=24)	Certical (n=13)	CMCT (n=13)
Latency (msec)						
M±SD	13.9±1.6	22.6±1.6	8.6±1.4	14.0±1.5	23.6±2.3	9.4±2.3
Range	11 - 17.7	20 - 26.5	5.7 - 10.7	11.2±17.3	20.1 - 28.9	6.2 - 14.8
Amplitude (µV)						
M±SD	1,284±2,415	880±1,237		762±2,378	843±1,005	
Range	49 - 11,800	50 - 4,510		200 - 11,400	18 - 3,000	

MEP ; motor evoked potential, APB ; abductor pollicis brevis

M ; mean, CMCT ; central motor conduction time

Table 4. MEP findings of AH muscle in controls and patients

	Controls			Patients		
	Lumbar (n=24)	Cortical (n=24)	CMCT (n=24)	Lumbar (n=24)	Cortical (n=13)	CMCT (n=13)
Latency (msec)						
M±SD	24.4±5.3	40.3±3.3	15.1±2.1	25.6±2.4	45.5±3.1*	18.8±3.9*
Range	2.0 - 29.8	33.1 - 45.4	12.1 - 20.9	21±29.8	42 - 52.5	14.2 - 26.1
Amplitude (µV)						
M±SD	837±1,752	753±1,236		710±3,325	817±1,012	
Range	25 - 5,580	23 - 3,780		9 ±15,200	10 - 4,100	

\* P < 0.01

MEP ; motor evoked potential, AH ; abductor hallucis, M ; mean

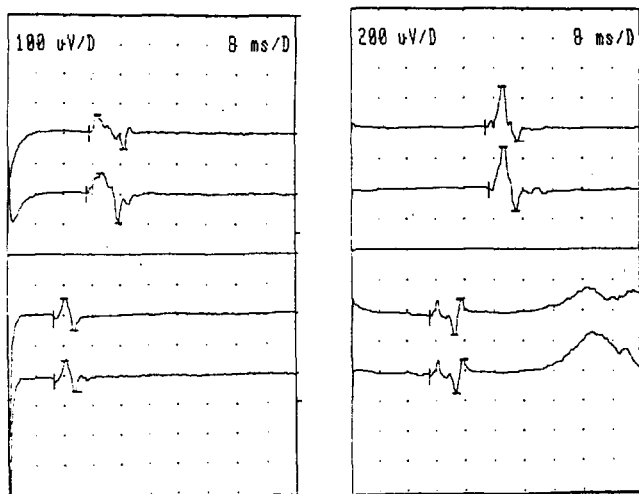


Fig 1. MEPs recorded from abductor pollicis brevis (left) and abductor hallucis (right) muscle in a normal control. Upper 2 traces : MEPs recorded after stimulation of motor cortex. Lower 2 traces : MEPs recorded after stimulation of cervical (left) and lumbar (right) region.

대조군에서 단모지외전근 및 무지외전근에서의 신장과 MEP 성적과의 관계는 표 5, 6과 같다. 단모지외전근에서는 신장에 따라 뚜렷한 차이가 없었으며 무지외전근에서는 신장의 증가에 따라 척추 자극시와 대뇌피질자극시의 MEP 잠복기는 각각

평균  $23.2 \pm 1.1$ msec,  $25.1 \pm 2.0$ msec,  $26.9 \pm 2.4$ msec와  $37.9 \pm 1.8$ msec,  $40.0 \pm 3.6$ msec,  $42.6 \pm 2.0$ msec로 연장되는 경향을 보였고 CMCT도  $14.7 \pm 1.6$ msec,  $15.0 \pm 2.1$ msec,  $15.7 \pm 2.5$ msec로 연장되는 경향을 보였다(표 6).

Table 5. MEP findings of APB muscle in controls according to height

(msec)

Height	Cervical		Cortical		CMCT	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
150 - 159	$12.8 \pm 0.6$	11.8 - 13.5	$21.7 \pm 1.0$	20.8 - 23.3	$8.9 \pm 0.6$	8.3 - 9.8
160 - 169	$14.2 \pm 1.4$	12.6 - 16.5	$22.9 \pm 1.3$	21.6 - 25.9	$8.5 \pm 1.7$	5.7 - 10.7
170 - 179	$14.3 \pm 2.1$	11.0 - 17.7	$22.8 \pm 2.2$	20.0 - 26.5	$8.6 \pm 1.5$	6.2 - 10.7

MEP; motor evoked potential, APB; abductor pollicis brevis

CMCT; central motor conduction time

Table 6. MEP findings of AH muscle in controls according to height

(msec)

Height (cm)	Lumbar		Cortical		CMCT	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
150 - 159	$23.2 \pm 1.1$	22.0 - 24.5	$37.9 \pm 1.8$	34.8 - 38.9	$14.7 \pm 1.6$	12.2 - 16.2
160 - 169	$25.1 \pm 2.0$	21.0 - 28.2	$40.0 \pm 3.6$	33.1 - 45.3	$15.0 \pm 2.1$	12.1 - 19.9
170 - 179	$26.9 \pm 2.4$	22.6 - 29.8	$42.6 \pm 2.0$	40.2 - 45.4	$15.7 \pm 2.5$	13.5 - 20.9

MEP; motor evoked potential, AH; abductor hallucis

CMCT; central motor conduction time

환자군에서 병변의 크기에 따른 MEP 결과는 표 7과 같다. 병변의 크기가 열공성인 10례중 단모지외전근에서 CMCT가 정상인 경우가 6례, 연장된 경우가 1례, 무반응을 보인 경우가 3례였고 무지외전근에서는 각각 3례, 3례 및 4례로 다양한 MEP 소견을 보였다. 소형 뇌경색 7례에서 CMCT가 정상인 경우가 각 근육에서 4례였고 중형 뇌경색 4례중 정상인 경우는 없었으나 대형 뇌경색 3례중 단모지외전근에서 정상소견을 보인 경우가 2례였다(표 7). 병변의 크기와 MEP 결과간에는 유의한 연관성을 보이지 않았다. 병변의 위치에 따른 MEP 결과를 보면 기타 피질하 뇌경색 환자 6례중 단모지외전근과 무지외전근에서 정상 CMCT를 보인 경우가 각각 5례였고 무반응을 보인 환자는 없었으나 추체로 혹은 중심 뇌경색이었던 14례에서 경두개적 대뇌피질 자기자극에 무반응을 보였던 경우는

각 근육에서 9례로 병변이 추체로 혹은 중심전회 또는 중심후회에 위치할때 무반응을 보인 경우가 많아 병변의 위치와 MEP 결과간에는 유의한 연관성을 보였다( $p < 0.05$ , 표 8).

Table 7. MEP results according to lesion size

Lesion size	APB			AH		
	NL	PL	NR	NL	PL	NR
Lacune (n=10)	6	1	3	3	3	4
Small (n=7)	4		3	4	1	2
Moderate (n=4)			4		1	3
Large (n=3)	2		1		1	2
Total (n=24)	12	1	11	7	6	11

MEP; motor evoked potential,

APB; abductor pollicis brevis

AH; abductor hallucis, NL; normal, PL; prolonged,

NR; no response

Table 8. MEP results according to lesion site

Lesion size	APB			AH		
	NL	PL	NR	NL	PL	NR
Subcortical (n=6)	5	1		5	1	
Cortical (n=4)	2		2	1	1	2
Pyramidal (n=9)	3		6	1	2	6
Central (n=5)	2		3		2	3
Total (n=24)	12	1	11	7	6	11

NL ; normal, PL ; prolonged, NR ; no response

발병 후 1~7일 사이의 급성기에 각 근육에서 경한 운동장애를 보인 환자에서 경두개적 대뇌피질 자기자극시 무반응을 보인 경우는 없었고 이들에서 단모지의 전근 및 무지의전근에서 정상 CMCT를 보인 환자가 각각 8례, 7례였다. 각 근육에서 심한 운동장애를 보인 환자중 무반응을 보인 경우가 각각 10례, 7례로 급성기의 운동장애가 심할수록 무반응을 보인 경우가 많아 운동장애정도와 MEP 결과간에는 유의한 연관성을 보였다( $p < 0.05$ , 표 9).

Table 9. Association between motor weakness and MEP results

Motor Weakness	(No)				(No)			
	APB				AH			
	NL	PL	NR	Total	NL	PL	NR	Total
Mild	8	1		9	7	3		10
Moderate	2		1	3	1	4		5
Severe	2		10	12	2	7		9
Total	12	1	11	24	7	6	11	24

NL ; normal, PL ; prolonged, NR ; no response

사망한 1례를 제외한 23례에서 1~2개월 후에 신경학적 검사를 시행하여 급성기와 비교하여 운동회복 정도를 추적조사한 결과 단모지의전근의 경우 정상 CMCT를 보였던 12례중 10례에서 완전회복을 보였으며 나머지 2례에서도 부분회복을 보인 반면 경두개적 대뇌피질 자기자극시 무반응을 보인 10례에서는 6례가 정제, 4례가 부분회복을 보였다. 또 무지의전근의 경우도 CMCT가 정상이었던 7례에서는 모두 완전회복을 보였고 무반응이었던

Table 10. Association between motor improbement and MEP results.

Motor Weakness	APB				AH			
	NL	PL	NR	Total	NL	PL	NR	Total
NL	3			3	4	1		5
Complete	7	1		8	3	2		5
Partial	2		4	6		3	6	9
Stational			6	6			4	4
Total	12	1	10	23	7	6	10	23

NL ; normal, PL ; prolonged, NR ; no response

던 10례에서는 부분회복 또는 정체를 보였다(표 10). 이와같이 급성기에 시행한 MEP가 정상일 때는 1~2개월후 상당한 운동회복을 보여 운동회복 정도와 MEP 결과간에는 유의한 연관성을 보였다( $p < 0.05$ ).

대조군 및 환자군 총 48례에서 대뇌피질 및 척추부위에 자기자극을 가하여 1례에서만 일시적인 미약한 두통을 호소하였으며 두개내 출혈이나 경련발작을 일으킨 예는 없었다.

## 고 찰

대뇌피질에서 시작하여 척수까지 연결되어 있는 추체로의 존재는 1851년 Trck에 의해 처음 보고된 이래로 Fritsch와 Hitzing<sup>3)</sup>가 실험견의 전두엽을 직류전류로 자극하였을때 반대측 다리의 운동이 유발되는 것을 실험을 통해 발견하였고 이러한 사실을 Ferrier가 원숭이에서도 확인함으로써 증명되었다. Jackson이 임상적 관찰을 토대로 대뇌내에 운동을 담당하는 신체부위에 따른 위치(somatotopic localization)가 있을 것이라고 제안하였고 이는 후에 Grnbaum과 Sherrington에 의해 원숭이의 중심전회(precentral gyrus)의 신체부위에 따른 위치를 피질의 자극과 제거를 통해 증명되었으며 Penfield와 Boldrey가 노출된 인간의 대뇌에 전기적 자극을 주어 피질운동영역을 도시하였다.<sup>19)</sup> 이러한 보고들을 바탕으로 정상 인간에게서 경두개적 대뇌피질자극

을 위한 다양한 시도가 있었으나 상당한 전기적 저항과 대뇌피질의 높은 역치로 인하여 용이하지 않던 중 1980년 Merton과 Morton<sup>4,20)</sup>이 정상 인간에게서 두피에 2,000V의 높은 전압의 전기자극을 10 $\mu$ sec동안 순간적으로 가하여 반대측 근육의 수축을 유발하는데 성공함으로써 임상적 목적으로 중추성 운동신경 전달경로에 대한 전기생리학적 검사가 가능해졌다. 또한 이들은 2년 후 같은 방법이 경추부위를 자극하는 데도 사용될 수 있고 이때 말초근육에서 유발되는 MEP의 잠복기는 대뇌피질 자극에 의해 유발되는 MEP의 잠복기보다 짧은 것을 발견하였다.<sup>9)</sup> 한편 Rossini 등<sup>21)</sup>은 1985년 단극성 전기자극을 가하였을 때 더욱 낮은 전압으로 효과적으로 MEP를 유발할 수 있다는 것을 발견하였다.

그러나 이러한 경두개적 전기자극은 자극에 의한 국소적인 통증이 심하여 실제 임상에서의 이용은 제한되어 있었다. 1985년 새로운 통증이 없는 자기자극을 Barker 등<sup>1,22,23)</sup>이 처음 시도하였고 이후로 다발성경화증, Parkinson씨병, 척추증, 뇌졸중, 운동신경원질환(motor neuron disease)등과 같은 다양한 신경계 질환에서 MEP의 임상적 적용에 관한 보고들이 있었다.<sup>4,11)</sup>

대뇌운동피질을 경두개적으로 전기자극 하였을 때에 일어나는 추체로를 통한 신경전달은 추체로 신경원(pyramidal tract neuron)를 직접 활성화시켜 나타나는 직접파(direct wave: D wave)와 그 후 약 1~2msec후에 따라오는 간접파(indirect wave: I wave)가 시간적 가중(temporal summation)을 통해 전각운동신경원(anterior motor neuron)을 활성화 시킴으로써 말초근육에서 CMAP을 일으키고<sup>24,25)</sup> 매우 짧은 중추성 전달시간(central conduction time)을 가지는 것으로 봐서 MEP의 잠복기는 피질척수로의 단일연접전달경로(monosynaptic conduction pathway)를 통해 전달되는 전기적 충동(impulse)에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다.<sup>26)</sup> 전기자극에 의한 직접파는 추체로 신경원, 특히 축삭둔덕(axon hillock) 또는 첫번째 Ranvier결절이 활성화되

어 유발되고<sup>27)</sup> 간접파는 피질의 중간신경원이나 피질을 향한 구심성 신경섬유가 활성화되어 추체로 신경원을 경연접활성화(transsynaptical activation)함으로써 유발된다.<sup>28)</sup> 한편 자기자극은 자극기와 평행하게 위치한 피질의 수평 신경섬유만을 선택적으로 자극하기 때문에 직접파는 발생하지 않고 간접파만 발생하게 되며 이러한 이유로 자기자극시에 유발되는 MEP의 잠복기는 전기자극에 의한 잠복기보다 2msec정도 더 길다.<sup>29)</sup> 그외에도 자기자극에 의한 MEP는 전기자극에 의한 MEP에 비해 파형이 단순하며 파의 기간이 더 짧고 진폭도 크다.

척추부위를 전기자극 하였을 때는 추간공(intervertebral foramen)을 빠져나가는 부위의 운동신경근이 활성화되는 것으로 알려져 있다.<sup>30,31)</sup> 그러므로 척추부위를 자극하였을 때 말초근육에서 기록되는 CMAP의 잠복기는 실제의 척수-근육간의 전달시간보다 약 1.6msec정도 짧게 측정된다.<sup>30)</sup> 한편 최대상자극(supramaximal stimulation)을 주었을 때는 척수내의 하행성 전달경로도 활성화 되어 경추부위에 전기자극을 주었을 때 하지에서 MEP의 기록이 가능하다.<sup>7,10,32)</sup> 자기자극을 가하였을 때 역시 비슷한 부위의 운동신경근이 자극이 된다.<sup>33)</sup> 그러나 자기자극에 의한 척수-근육간의 전달시간이 전기자극시 보다 더 길었고 이는 자기자극시에 유발되는 전류가 전기자극시 보다 덜 동시적이고 더 근위부의 신경요소를 자극하는 것과 관련이 있을 것이라는 보고도 있다.<sup>13)</sup>

MEP의 결과는 대뇌피질자극에 의해 말초근육에서 기록된 MEP의 잠복기에서 척추부위 자극에 의해 동일근육에서 기록된 MEP의 잠복기를 감하여 CMCT를 산출하여 사용하고 있고, 이렇게 산출된 CMCT는 중심성 운동신경계내에서의 전도 시간뿐만 아니라, 0.5~1msec정도의 전각 운동신경원에서의 연접지연(synaptic delay)시간 및 0.4msec정도의 근위 운동신경근의 전도 시간을 포함<sup>34)</sup>하므로 엄격한 의미의 CMCT라 할 수는 없다. 일부에서는<sup>35)</sup> 전각 운동신경원에서는 연접 지연시간을 1msec로 가정하고 말초신경에서 F파의 잠복기를 측정하여

계산하는 방법으로 척추 부위 자극의 잠복기를 대신하기도 한다. 자기자극을 이용한 MEP 검사에서의 CMCT는 상지에서는 6.2msec에서 9.5msec까지, 하지에서는 12.1msec에서 18.8msec까지 보고자.<sup>32,37)</sup>에 따라 다양한데 이는 검사실 마다의 적용 방법과 자극기의 차이 및 대상 환자의 키, 성별, 나이와 근이완 정도의 차이에 의한 것으로 생각된다. 본 연구에서 대조군의 평균 CMCT는 상지에서 8.6±1.4msec, 하지에서 15.1±2.1msec로 다른 보고들과 유사하였다(표3, 4)

대뇌피질을 자극할 때 해당 근육의 수의적 수축이 MEP의 잠복기와 진폭에 상당한 영향을 미치는 데 이를 소통현상이라 하고<sup>29,38)</sup> 근육을 완전히 이완하였을 때 보다 MEP의 잠복기가 약 2~4msec정도 감소하고 진폭도 더 증가한다.<sup>1,29,39,40)</sup> 이는 피질로부터의 하행성 volley의 증가 때문이 아니라 수의적 근수축에 의해 척수내의 전각 운동신경세포의 역치가 낮아져서 발생하는 것으로 설명되고 있고<sup>29,38,39,41)</sup> 이러한 소통현상을 유발하기 위해서는 근육의 최대수축강도의 5~10%정도의 수의적 수축을 하는 것이 적당하다고 한다.<sup>1)</sup> 한편 반대측의 동일한 근육의 수축시에도 이와 비슷한 효과를 볼 수 있는데<sup>31)</sup> 이를 반대측 소통현상이라 하고 이를 유발하기 위해서는 10~20% 정도의 수축이 필요하다.<sup>40)</sup> 척추부위를 자극할 때에는 이러한 소통현상은 발생하지 않는다.<sup>8)</sup> 본 연구에서는 대상 환자들이 수의적 근수축이 불가능한 환자가 많고 일부에서는 실어증이나 가면(drowsy)의 정신상태로 인하여 정상적인 의사전달이 되지 않아 소통에 의한 MEP를 검사하지 않았으나, 일부 대조군의 환자에서 시행한 결과 Day등<sup>39)</sup>과 비슷한 결과를 관찰할 수 있었다. 소통현상 외에도 MEP에 영향을 미칠 수 있는 요소로 자극의 종류, 자극의 위치, 자기자극기의 종류 등이 있겠고 같은 자극기라도 그 형태가 중요하며 이는 자기장의 공간적 분포에 영향을 주기 때문이다.<sup>32)</sup> 또 피검자의 신장이 MEP의 정상치에 큰 영향을 미치는데<sup>13)</sup> Claus<sup>32)</sup>는 하지에서의 CMCT는 신장과 상관관계가 있지만 상지에서는

상관관계가 없다고 하며 이는 Chu<sup>13)</sup>의 보고와도 일치하고 상지에서 상관관계가 없는 것은 두부에서 경부까지의 거리가 신장과는 관계가 없기 때문이라고 설명하고 있다. 본 연구에서는 상지의 경우는 신장과 상관관계가 없었고 하지에서는 신장이 커짐에 따라 CMCT가 14.7±1.6msec, 15.0±2.1msec, 15.7±2.5msec로 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다(표 5, 6). 그의 연령 및 성별에 따른 CMCT의 차이는 없는 것으로 알려져 있다.<sup>32)</sup>

전기자극이나 혹은 자기자극을 경두피적으로 대뇌피질에 가함에 따라 안전성에 대해서는 다양한 보고가 있어 왔다.<sup>42-44)</sup> 전기자극에 따르는 통증은 자기자극기가 개발됨으로 해서 해결되었고, 뇌 자기자극에 의해 경련이 유발되었다는 보고가 있었으나,<sup>45,46)</sup> 이들 보고에서 뇌자기자극 후 경련의 빈도는 일반적인 경련발생의 빈도를 넘지 않았으며<sup>46)</sup> 동물실험에 의하면 자극의 빈도가 초당 3회 이하일 경우는 반복 자극에 의하여 경련이 유발되지 않는다고 한다.<sup>5)</sup> 또 Bridgers와 Delaney<sup>43)</sup>는 뇌자기자극에 의한 지속적인 대뇌의 영향을 알기위해 30명의 정상 성인에서 경두개적 자기자극 전후의 뇌파, 혈청 prolactin치, 인지능력 및 운동검사를 시행한 결과 뇌파나 인지능력 및 운동검사에서는 이상이 없었고 통계적으로 유의성이 없는 혈청 prolactin치의 감소를 관찰할 수 있었으나 이러한 감소가 자기자극의 직접적인 영향이라는 증거는 없었다고 하였다. 뇌자기자극의 부작용으로 금속성 삼입기나 심박동기의 이탈과 같은 물리적 부작용이 있을 수 있고 검사후의 환자들에게 일시적인 미약한 정도의 두통이 있을 수 있다고 한다.<sup>47)</sup> 본 연구에서는 1례에서 검사직후 일시적인 미약한 두통을 호소하였으나 다른 부작용이나 경련이 발생한 예는 없었다.

뇌졸중을 포함한 중추신경계 질환이 있을 때 나타날 수 있는 자기자극을 이용한 MEP의 이상조건으로는 대뇌피질자극시 말초근육에서 CMAP가 유발되지 않는 경우와 CMCT가 연장되는 경우 그리고 진폭이 감소하는 경우를 들 수 있겠다.<sup>24)</sup> 이들



이상 소견증 진폭은 피검자의 근이완의 상태에 따라 다양하게 변화할 수 있고<sup>31)</sup> 그 범위가 넓어 신빙성있는 객관적인 자료로는 부족하여 본 연구에서는 제외하였다. 뇌졸중 환자에서 대뇌피질 자기자극에 무반응을 보일 때 고려할 수 있는 원인으로는 첫째, 추체로 신경원이 활성화되지 못하는 경우, 이들은 대부분 중심전회 및 중심후회와 운동피질에 위치하는 신경원들로<sup>19)</sup> 이 부위에 병변이 있는 경우, 둘째, 자기자극에 의해 직접 활성화 되는 피질의 중간신경원이나 피질을 향한 구심성 신경섬유에 병변이 위치한 경우, 셋째, 추체로의 단절에 의한 전도장애, 이러한 경우로는 병변이 추체로에 위치한 경우가 있겠다. 그외에 척수 전각운동신경원의 흥분성이 심각하게 저하된 경우와 척수내에서 추체로 말단의 전연접억제(presynaptic inhibition)의 증가등이 중추신경계 질환에서 경두개적 대뇌피질 자기자극에 무반응을 일으키는 원인으로 보고되고 있다.<sup>24)</sup> MacDonnell등<sup>18)</sup>은 피질성 뇌경색의 경우 대뇌피질자극에 의한 반응은 추체로와 피질의 중간세포원이 척수의 전각운동신경원을 적절히 활성화할 수 있는가에 따라 실무울(all-or-non phenomenon)을 따른다고 보고하였다. CMCT가 연장되는 원인으로서는 추체로 신경섬유의 단절 또는 변성이 관여하는 것으로 보고<sup>25)</sup>되고 있고, Thompson등<sup>26)</sup>은 추체로내의 큰 직경을 가진 수초성 신경섬유를 통한 전도의 연장이나 피질의 자극에 의해 단지 크기가 작고 전달속도가 느린 운동신경원만이 점강(recruitment)되는 경우 혹은 흥분성 후연접전위의 시간적 분산(temporal dispersion)이 원인이 된다고 주장하고 있다. 또한 Berardelli등<sup>31)</sup>은 뇌졸중환자에서 잠복기의 연장은 추체로를 통한 시간적 기중(temporal summation)의 장애때문인 것으로 보고하고 있다. 본 연구에서 환자군 24례중 경두개적 대뇌피질 자기자극에 무반응을 보인 경우가 각 근육에서 11례였고, 반응을 보인 13례에서의 CMCT는 단모지외전근 및 무지외전근에서 모두 대조군과 차이를 보였으나 후자에서만 통계적으로 유의성있게 연장되어 있었다(표3, 4). 병변의 크기가 열공성일 때는 단모지외전

근의 CMCT가 정상인 경우가 6례, 연장된 경우가 1례, 무반응을 보인 경우가 3례였고 무지외전근에서는 각각 3례, 3례, 4례로 이는 열공성 뇌경색인 경우 병변의 위치에 따라 다양한 MEP 소견을 보일 수 있음을 시사하고 대형 뇌경색인 경우 3례에서 단모지외전근에서 정상 소견을 보인 경우가 2례였다(표 7). 한편 추체로 신경원과 추체로를 직접 침범한 중심피질 뇌경색과 추체로 뇌경색의 경우 14례중 무반응을 보인 경우가 9례로 각 근육에서 무반응을 보인 11례중 81.8%를 차지하는 것으로 보아 병변의 크기보다는 위치가 MEP에 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다(표 8). 본 연구에서 CMCT가 연장된 경우를 살펴보면 단모지외전근에서의 1례는 기타 피질하 뇌경색이었고 무지외전근에서의 6례중 3례가 피질 병변으로 Macdonnell등<sup>18)</sup>이 19명의 뇌졸중환자의 병변을 피질과 피질하로 구분하여 MEP결과를 비교한 보고에서 밝힌 뇌졸중 후의 CMCT의 연장은 피질하 병변을 시사한다는 사실과는 일치하지 않는다. 또 Segura등<sup>40)</sup>은 14명의 허혈성 뇌졸중환자에서 MEP변동을 관찰한 결과 내낭이나 피각의 병변인 경우 무반응은 드물었다고 보고하였으나, 본 연구에서는 피질하 병변을 내낭과 같은 추체로를 침범하는 병변과 피각과 같은 추체로외의 기타 피질하 병변을 구분하여 분석한 결과 기타 피질하 병변의 경우에는 무반응은 없었고 추체로 병변인 9례에서는 단모지외전근 및 무지외전근에서 각각 6례에서 무반응을 보여 피질하 병변일 경우 추체로의 침범여부에 따라 MEP 결과에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

운동장애의 정도에 따른 MEP의 변화를 보면 단모지외전근 및 무지외전근에서 경한 장애를 보였던 9례와 10례에서 정상 CMCT를 나타낸 경우가 각각 8례, 7례로 대부분이었고 무반응을 보인 경우는 없었으며 심한 장애를 보였던 12례와 9례에서는 무반응을 보인 경우가 각각 10례, 7례로 다수를 차지하여(표 9) 이 결과는 심한 운동장애를 가진 환자에서 무반응이나 CMCT의 연장이 주된 소견이고 경한 운동장애를 가진 환자에서는 CMCT의 연

장이나 정상 소견을 관찰할 수 있었다는 Segura 등<sup>47)</sup>의 보고와 일치하였다.

MEP 결과와 운동회복정도에 대해서는 Dominkus 등<sup>48)</sup>이 CMCT가 정상 혹은 연장된 소견을 보인 환자에서 무반응을 보인 환자에 비해 2개월 후 운동능력의 회복을 관찰할 수 있었고 운동 회복은 MEP의 결과와 관련이 있다는 보고를 하였고, 본 연구에서도 단모지외전근에서 급성기 CMCT가 정상소견을 보인 12례중 10례가 완전회복을 보였고 무지외전근에서는 7례 모두에게 완전회복을 관찰할 수 있었는데 반해 급성기 MEP에 무반응을 보였던 각 근육에서의 10례는 정체 혹은 부분회복을 보여 Dominkus<sup>48)</sup>의 보고와 일치되는 결과를 관찰할 수 있었다(표 10).

본 연구를 통하여 뇌졸중은 CMCT에 영향을 미치는 허혈성 뇌졸중 환자에서 병변이 추체로 혹은 중심성 피질을 침범할 때 혹은 운동장애가 심할수록 경두개적 대뇌피질 자기자극에 무반응을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 급성기 허혈성 뇌졸중환자에서 CMCT가 정상인 경우는 상당한 운동회복을 기대할 수 있음을 알았다.

한편 본 연구에서 추적검사는 1~2개월 후에 시행하였으나 대부분의 뇌졸중환자에서 기능적 회복은 발병 후 6~12개월까지도 계속되는 것으로 알려져 있어<sup>49)</sup> 향후 장기적인 추적검사를 통하여 이와 MEP 결과간의 상관관계를 살펴보는 것도 유용하리라 생각된다.

## 요 약

허혈성 뇌졸중 환자에서 운동장애의 판단 및 예후 판정에 운동유발전위(motor evoked potential : MEP)의 유용성을 알아보기 위해 정상대조군 24례와 허혈성 뇌졸중 환자 24례를 대상으로 대뇌피질 및 척추부위에 자기자극을 가하며 단모지외전근 및 무지외전근에서 MEP를 기록하였고 각각의 근육에서 대뇌피질을 자극하여 기록된 MEP의 잠복

기에서 척추부위를 자극하여 기록된 MEP의 잠복기를 감한 차이로 CMCT를 산출하였다.

대조군은 24례 모두에게 MEP를 유발할 수 있었고 환자군에서는 24례중 무반응을 나타낸 경우가 각 근육에서 11례였다. 정상대조군과 MEP를 유발할 수 있었던 뇌졸중 환자에서 단모지외전근에서의 평균 CMCT는 각각  $8.6 \pm 1.4$ msec,  $9.4 \pm 2.3$ msec로 통계적 유의성은 없었고, 무지외전근에서는  $15.1 \pm 2.1$ msec,  $18.8 \pm 3.9$ msec로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ )

허혈성 뇌졸중 환자에서 추체로 또는 중심피질 병변일 때 혹은 급성기의 운동장애가 심할 때 대뇌피질 자기자극에 무반응을 보인 경우가 많았고, 추체로를 제외한 피질하 병변일 때 혹은 경한 운동장애를 보일 때 CMCT가 정상인 경우가 많았다.

운동장애를 보였던 환자중 급성기의 CMCT가 정상인 경우는 1~2개월 후 상당한 운동회복을 보였고 대뇌피질 자기자극에 반응이 없을 때 운동회복은 미약하였다.

이로 미루어 MEP는 안전하고 간편한 중추성 운동신경계 전달경로의 전기생리학적 검사로써 뇌졸중환자의 운동장애를 판단하는 데 도움을 주고 급성기 운동장애의 예후를 예측하는 데 하나의 지표가 될 수 있을 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL: Non-invasive magnetic stimulation of the human motor cortex. *Lancet* 1:1106-1107, 1985.
2. Halliday AM: *Evoked potentials in clinical testing*. 2nd ed, Churchill Livingstone, New York, 1993, p539-564.
3. Fritsch G, Hitzig E: Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. *Arch Anat Physiol Wiss Med* 37:300-332, 1870. Cited from York DH: Review of descending motor pathways

- involved with transcranial stimulation. *Neurosurgery* 20(1):70-73, 1987.
4. Merton PA, Morton HB: Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature* 285:227, 1980.
  5. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA: Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathways using magnetic stimulation of human brain. *Lancet* 1: 1325-1326, 1986.
  6. Cowan JMA, Rothwell JC, Dick JPR, Thompson PD, Day BL, Marsden CD: Abnormalities in central motor pathway conduction in multiple sclerosis. *Lancet* 11:304-307, 1984.
  7. Snooks SJ, Swash M: Motor conduction velocity in the human spinal cord: slowed conduction in multiple sclerosis and radiation myelopathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 48: 1135-1139, 1985.
  8. Rossini PM, Caramia MD, Zarola F: Mechanisms of nervous propagation along central motor pathways: noninvasive evaluation in healthy subjects and in patients with neurological disease. *Neurosurgery* 20(1):183-191, 1987.
  9. Merton PA, Morton HB, Hill DK, Marsden CD: Scope of technique for electrical stimulation of the human brain, spinal cord muscle. *Lancet* 2: 596-600, 1982.
  10. Ingram DA, Swash M: Central motor conduction is abnormal in motor neuron disease. *J Neurosurg Psychiatry* 50:159-166, 1987.
  11. Claus D, Harding AE, Hess CW, Mills KR, Murray NMF, Thomas PK: Central motor conduction in degenerative ataxic disorders: a magnetic stimulation study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 51:790-795, 1988.
  12. Dvork J, Herdmann J, Vohnka S: Motor evoked potentials by means of magnetic stimulation in disorders of the spine. *Methods in Clinical Neurophysiology*. 3(3):45-64, 1992.
  13. Chu NS: Motor evoked potentials with magnetic stimulation: Correlations with height. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 74:481-485, 1989.
  14. Dominkus M, Grisold W, Jelinek V: Transcranial electrical motor evoked potentials as a prognostic indicator for motor recovery in stroke patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 53:745-748, 1990.
  15. Matsui T, Hirano A: An atlas of the human brain for computed tomography. Igaku-Shoin, Tokyo, 1987, pp84-199
  16. Horowitz SH, Zito JL, Donnarumma R, Patel M, Alvir J: Computed tomographic finding within the first five hours of cerebral infarction. *Stroke* 22:1245-1253, 1991.
  17. Adams RD, Victor M: Principles of neurology. 5th ed, McGraw-Hill, New York, 1993. p1187.
  18. MacDonnell RAL, Donnan GA, Bladin PF: A comparison of somatosensory evoked and motor evoked potentials in stroke. *Ann Neurol* 25: 68-73, 1989.
  19. York DH: Review of descending motor pathways involved with transcranial stimulation. *Neurosurgery* 20(1):70-73, 1987.
  20. Merton PA, Morton HB: Electrical stimulation of human motor and visual cortex through the scalp. *J Physiol* 305:9-10P, 1980.
  21. Rossini PM, Marciani MG, Caramia M, Roma V, Zarola F: Nervous propagation along central motor pathways in intact man: characteristics of motor response to bifocal and unifocal spine and scalp non-invasive stimulation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 61:272-286, 1985.
  22. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA:

- Motor responses to noninvasive brain stimulation in clinical practice. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 61: S70, 1985.
23. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Merton PA, Morton HB: Magnetic stimulation of the human brain. *J Physiol* 369:3P, 1985.
  24. Thompson, PD, Day BL, Rothwell JC, Dick JPR, Cowan JMA, Asselman P, Griffin GB, Sheehy MO, Marsden CD: The interpretation of electromyographic responses to electrical stimulation of the motor cortex in diseases of the upper motor neuron. *Journal of the Neurological Sciences* 80:91-110, 1987.
  25. Cracco RQ: Evaluation of conduction in central motor pathways: techniques, pathophysiology, and clinical interpretation. *Neurosurgery* 20:199-203, 1987.
  26. Kasai T, Hayes KC, Wolfe DL, Allatt RD: Afferent conditioning of motor evoked potentials following transcranial magnetic stimulation of motor cortex in normal subjects. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 85:95-101, 1992.
  27. Hern JE, Landgren S, Philips CG, Porter R: Selective excitation of corticofugal neurons by surface-anodal stimulation of the baboon's motor cortex. *J Physiol* 161:73-90, 1962.
  28. Patton HD, Ammassian VE: Single-and multiple-unit analysis of cortical stage of pyramidal tract activation. *J Neurophysiol* 17: 345-363, 1954.
  29. Hess CW, Mills KR, Murray NMF: Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. *J physiol* 388:397-419, 1987.
  30. Mills KR, Murray NMF: Electrical stimulation over the human vertebral column: which neural elements are excited. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 63:582-589, 1986.
  31. Berardelli A, Inghilleri M, Manfredi M, Zampini A, Cecceini V, Dolce G: Cortical and cervical stimulation after hemispheric infarction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 50:861-865, 1987.
  32. Claus D: Central motor conduction: method and normal results. *Muscle & Nerve* 13:1125-1132, 1990.
  33. Britton Tc, Meyer BU, Herdmann J, Benecke R: Clinical use of the magnetic stimulator in the investigation of peripheral conduction time. *Muscle & Nerve* 13:396-406, 1990.
  34. Ingram DA, Thompson Aj, Swash M: Central motor conduction in multiple sclerosis: evaluation of abnormalities revealed by transcutaneous magnetic stimulation of the brain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 51:487-494, 1988.
  35. Streletz LJ, Booth KR, Ottenstein AE, Gross MJ, Jacobs SR, Shy ME, Herbstein GJ: Central motor conduction times using evoked potentials to magnetic stimulation and F-wave latencies. *Muscle & Nerve* 11:996, 1988.
  36. Chein-Wei Chang, I-Nand Lien: Estimation of normal motor conduction velocity of spinal cord by using transcranial electric stimulation and F-wave study. *Electromyogr clin Neuophysiol* 31: 47-52, 1991.
  37. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA: Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: An introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery* 20: 100-109, 1987.
  38. Hess CW, Mills KR, Murray NMF: Magnetic stimulation of the human brain: Facilitation of motor responses by voluntary contraction of ipsilateral and contralateral muscles with additional observations on an amputee. *Neurosci Lett* 71:235, 1987.
  39. Day BL, Rothwell JC, Thompson PD, Dick JPR,

- Cowan JMA, Berardelli A, Marsden CD: Motor cortex stimulation in intact man: 2 multiple descending volleys. *Brain* 110:1191-1209, 1987.
40. Mills KR, Murray NMF, Hess CW: Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanisms and clinical applications. *Neurosurgery* 20:164-168, 1987.
41. Berardelli A, Cowan JMA, Day BL, Dick J, Rothwell JC: The site of facilitation of the response to cortical stimulation during voluntary contraction in man. *J Physiol* 360:52, 1985.
42. Barker AT, Freeston II, Jalinous R, Jarratt JA: Magnetic and electrical stimulation of the brain: Safety aspects. In: *Non-invasive stimulation of brain and spinal cord: fundamentals and clinical applications*. Alan R Liss, New York, 1988, pp 131-144.
43. Bridgers SL, Delaney RC: Transcranial magnetic stimulation: an assessment of cognitive and other cerebral effects. *Neurology* 39: 417-419, 1989.
44. Levy WJ, Oro J, Tucker D, Haghghi S: Safety studies of electrical and magnetic stimulation for the production of motor evoked potentials. In Chokroverty S: *Magnetic stimulation in Clinical Neurophysiology* Butter Worths, Boston, 1990, pp165-172.
45. Hmberg V, Netz J: Generalized seizures induced by transcranial magnetic stimulation of motor cortex. *Lancet* 2:1223, 1989.
46. Kandler RH: Safety of transcranial magnetic stimulation. *Lancet* 1:469-470, 1990.
47. Segura MJ, Gandolfocn, Sica REP: Central motor conduction in ischaemic and hemorrhagic cerebral lesions. *Electromyogr clin Neurophysiol* 30:41-45, 1990
48. Skilbeck CE, Wade DT, Langton Hewer R, Wood VE: Recovery after stroke, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 46:5-8, 1983.

-Abstract-

## Motor Evoked Potential Study with Magnetic Stimulation in Ischemic Stroke Patients

Seong Min Kim, Sang Dug Suh, Jun Lee  
Jung Sang Hah

*Department of Neurology  
College of Medicine, Yeungnam University  
Taegu, Korea*

This study was undertaken to evaluate the clinical usefulness of magnetic motor evoked potential (MEP) in the diagnosis of stroke and predicting the motor improvement following stroke.

The cortical, cervical and lumbar stimulations were performed in the case of 24 healthy controls and 24 ischemic stroke patients. The central motor conduction time (CMCT) was represented by the difference of latency to a target muscle between after transcranial stimulation and after cervical or lumbar stimulation.

There was no case showing no response in controls. But in 11 out of 24 ischemic patients, we could not get cortical MEP. Mean CMCT of abductor pollicis brevis muscle was not significantly different in controls and stroke patients in whom MEPs were recorded. There were significant differences between mean CMCT of normal controls and that of stroke patients showing MEPs in AH Muscle.

MEP Results from testing the stroke patients were correlated with site of lesion, degree of motor weakness and motor improvement after 1 to 2 months.

These results suggest that magnetic MEP is easy and useful in electrophysiological test of central motor pathway and is useful indicator for representing the motor weakness and predicting the motor outcome in acute ischemic stroke patients.

Key Words : Magnetic motor evoked potential, Central motor conduction time, Ischemic stroke