

피질하 병변의 뇌졸중 환자에서 운동유발전위의촉진 반응 특성

서울대학교 의과대학 재활의학교실, 국립재활병원 재활의학과*

한태륜 · 임재영 · 이인식 · 허안나*

- Abstract -

Facilitation Characteristics of Motor Evoked Potentials in Stroke Patients with Subcortical Lesion

Tai Ryoon Han, M.D., Jae-Young Lim, M.D., In Sik Lee, M.D., An Na Heo, M.D.*

Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University College of Medicine

Department of Rehabilitation Medicine, National Rehabilitation Hospital*

Objective: To characterize the facilitation response of motor evoked potentials (MEPs) in stroke patients with subcortical lesion and to suggest the useful parameters of MEPs as an objective tool for the motor impairment after stroke.

Method: MEPs induced by cortical stimulation were obtained at both thenar muscles in 15 stroke patients with subcortical lesion. Motor cortex was stimulated with 130% intensity of threshold during rest, minimal and moderate voluntary muscle contraction. We analyzed the MEP amplitude or area in 130% threshold intensity at rest (R), on minimal contraction (F_{min}), and moderate contraction (F_{max}). A ratio of F_{max} in both hemispheres (interhemispheric facilitation ratio, FR), a ratio of F_{max} to R (facilitation index, FI_R), and a ratio of F_{max} to F_{min} (FI_{MIN}) in each hemisphere were also analyzed. The amplitudes and areas of MEPs were expressed as a ratio to their compound muscle action potentials.

Result: 1) Ten subjects had smaller F_{max} in the affected side than in the unaffected side, 0.45 ± 0.15 and 0.86 ± 0.30 , respectively. F_{max} in affected side were larger than those in unaffected in five subjects. 2) FI_{MIN} (F_{max} / F_{min}) of affected side was significantly smaller than that of unaffected regardless of F_{max} or FR, 1.86 ± 0.77 and 1.16 ± 0.32 , respectively ($p < 0.05$).

Conclusion: FI_{MIN} can be useful parameter as an objective tool indicating the current motor dysfunction in stroke patients because it has a consistent abnormal value in affected side regardless of different patterns of MEP responses.

Key Words: Facilitation, Motor evoked potentials, Subcortical lesion

서론

최근 뇌졸중 환자에서 운동유발전위 연구는 발병 초기 시점에서 운동능력 회복의 예측 가능성에 초점이 맞

추어져 왔다.^{1,2} Traversa 등³은 환측 외반구의 휴지기 운동유발전위의 진폭의 증가가 임상적인 기능 점수와 관련이 있다고 하였고, Heald 등⁴은 중추운동전도시간이 기능회복과 관련성이 있다고 보고하였다. Palliyath 등⁵은 중추전도시간과 운동유발전위의 진폭이 뇌졸중 환자의 근력 회복 정도와 관련이 있다고 보고하였다. 그

Address reprint requests to **Jae-Young Lim, M.D.**

Department of Rehabilitation Medicine Seoul National University Bundang Hospital

#300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-707, Korea

TEL: 82-31-787-7730, FAX: 82-31-787-4056, E-mail: drlim1@snu.ac.kr

러나 운동유발전위의 여러 지표들이 검사 당시의 환자의 임상 양상과 잘 맞지 않거나, 매우 다양한 값을 보여 아직까지 그 유용성에 대한 논란이 계속되고 있다.

Trompetto등⁶은 초기 뇌졸중 환자의 자기자극시 환측 상지에서 운동유발전위의 진폭이 정상이거나 오히려 건측보다 더 큰 경우가 나타나며, 이러한 경우 좀더 예후가 좋다고 제시하였다. 저자들도 이전 연구⁷에서 환측의 유발전위가 건측에 비해 크고 낮은 역치를 보이는 경우가 관찰되었는데, 이들의 병변은 주로 시상부이었다. 이런 경우 운동유발전위의 진폭값은 양측 비교의 의미가 없어지게 된다. 즉, 운동유발전위의 역치, 진폭, 면적 등의 기존의 지표들은 뇌졸중 후 운동 중추의 상태를 평가하고 예후를 고려하는데 제한적일 수 밖에 없었으며, 이는 운동유발전위의 유용성 논란의 한 부분이 되고 있다. 따라서 다양한 운동유발전위의 반응에도 불구하고, 일정하게 손상과 회복 정도를 반영하는 지표가 요구되었다.

운동유발전위는 자극 강도, 자극 위치, 대상 근육과 주변 근육의 활동 상태 외에도 다양한 다른 조작에 따라 잠시, 진폭, 역치 등의 변수들의 양상이 유동적인데, 충분히 유발된 반응과 비교적 일정한 값을 얻기 위한 방법이 촉진(facilitation)이다. 촉진을 위한 방법으로 Hummelsheim등⁸은 진동자극, 체중 부하, 수의적 수축 등 여러가지 방법을 시도하였는데, 이중 수의적 수축이 가장 뛰어난 효과를 보였다고 보고하였다. 뇌졸중 환자에서 촉진을 통한 운동유발전위에 대한 연구로 정상인과 편마비를 가진 뇌졸중 환자를 비교한 결과 수의적 수축의 정도를 점차 증가시켰을 때 정상인에서는 운동유발전위의 진폭이 지속적으로 상승하나 뇌졸중 환자에서는 그렇지 않다는 보고가 있었다.⁹

뇌졸중 환자에서 자기자극을 통해 유발된 전위의 잠시, 역치, 진폭 등에 대한 단순한 비교를 넘어서 촉진에 의한 이들의 다양한 변화에서 새로운 지표를 찾을 수 있다. 이를 통해 운동기능 회복 정도를 평가하고 추적 관찰할 수 있는 객관적인 도구의 가능성을 생각하게 되었다. 본 연구에서는 대상 환자의 병태적 특성을 비교적 균일화하기 위해서 직접적인 대뇌피질 침범이 없는 피질하 병변의 환자들로서 유사한 유병기간을 갖고 있는 대상을 선택하였다. 저자들은 피질하 병변의 뇌졸중 환자들을 대상으로 수의적 수축시 촉진 반응의 특성을 분석하고, 이러한 촉진 반응 중에서 운동 중추의 상태를 반영하는 새로운 운동유발전위의 지표를 찾고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

영상학적 소견상 대뇌피질의 침범은 관찰되지 않고 피질하 병변에만 국한되고, 약간의 자발적인 수부 신전 동작 이상이 가능한 Brunnstrom 4기 이상의 뇌졸중 후 환자 15명을 대상으로 하였다. 이들은 모두 수술과 경련 병력이 없고, 수근관 증후군이나 말초신경염 소견을 보이지 않았다. 이들은 남자 6명, 여자 9명이었으며, 평균 나이는 59.5±8.0세였고, 뇌졸중 후 평균 3.2±2.1개월이 지났다. 뇌출혈이 7명, 뇌경색이 8명이었으며, 병변의 위치는 뇌기저부가 8명, 시상부가 4명 그 외 기타 부위가 3명이었다(Table 1).

2. 자기자극

Magstim model 200(Magstim Co. LTD, Dyfed, UK)과 Sapphire Premiere 근전도기(Medelec LTD, Working, Surrey, UK)를 이용하였다. 환자가 편하게 앉은 자세에서 우측과 좌측의 무지구근(thenar muscle)에 기록 전극을 부착하여 2채널로 기록하였다. 70 mm 8자형 코일로 수부 운동피질을 자극하여 건측과 환측의 무지구근에서 운동유발전위를 기록하였다. 팔받침판(lap tray)를 댄 의자차에 편하게 앉은 자세에서 수의적 수축으로 유발하였는데, 파악력계를 이용하여 최대 측면 파악력을 측정하고, 환자들로 하여금 파

Table 1. General Characteristics of Patients

	Subjects(%)
Demographics	
Age ¹⁾ (years)	59.5±8.0
Sex	
male	6(40.0)
female	9(60.0)
Durations ¹⁾ (months)	3.2±2.1
Type of stroke	
Hemorrhage	7(46.7)
Infarction	8(53.3)
Lesion location	
Basal ganglia	8(53.3)
Thalamus	4(26.7)
Others	3(20.0)

Values are number of cases (%).

1. Age, duration; Values are mean±standard deviation.

악력계를 측면 파악 동작으로 잡고 눈금을 보면서 수의적으로 근수축 정도를 조절할 수 있도록 하였다. 최소 수축은 파악력계로 측정된 최대 측면 파악력의 10%, 중등도 수축은 최대 측면 파악력의 50%로 정하였다. 눈금 주시를 이용한 되먹이기를 통해 일정한 근력을 유지하도록 하였고, 피로에 빠지기 전에 수축 시작 후 바로 자기자극을 시행하였다. 팔받침대에 전완부를 고정하여 측정 근육만 수축하도록 하였고 반대측 근육은 이완된 상태를 유지하도록 훈련하였다.

3. 실험방법과 측정변수

자기자극을 최대강도의 30%에서 시작하여 5%씩 올리면서 무지구근에서 운동유발전위가 유발되는 최소 자극 강도를 흥분역치로 하였는데, 이들 6번 자극 중 최소 3번에서 전위의 진폭이 100 μ V 이상이 되는 최소 강도로 정하였다. 흥분역치 강도로 최소 수축 시 자극하여 잠시를 구하였다. 흥분역치의 130%의 자극 강도로 이완 시, 최소 수축 시, 중등도 수축 시 각각 자극하였다. 먼저 건측의 뇌반구를 자극하여 건측 무지구근에서 흥분역치와 이완과 수축에서의 운동유발전위를 모두 구한 후, 다시 환측의 뇌반구를 자극하여 건측 자극 시와 같은 방법으로 운동유발전위를 구하였다. 한 단계에서 5회 자극하여 이 때 유발된 반응을 평균화하는 방법을 선택하였다. 또한 정중신경을 자극하여 무지구근에서 기록한 복합근 활동전위의 면적과 진폭을 구하였다.

운동유발전위의 변수로 전위의 정점간의 진폭과 음전위의 기저선위 면적을 구하였다. 본 연구에서는 안정 시, 최소, 중등도 수축의 운동유발전위의 진폭과 면적 각각을 정중신경 복합근 활동전위의 진폭과 면적으로 나눈 값을 R, F (facilitation) $_{min}$, F $_{max}$ 로 정의하였다. 이는 또한 환측의 F $_{max}$ 와 건측의 F $_{max}$ 의 비를 촉진비(interhemispheric Facilitation Ratio, FR)라고 하였고, 건측과 환측의 F $_{max}$ 를 F $_{min}$, R로 나눈 값을 촉진 지수(Facilitation Index, FI)라고 정의하고, 각각 FI $_{MIN}$, FI $_R$ 로 정의하였다(Table 2).

Table 3. Mean Fmax values in regard to FR¹⁾

	Fmax	Affected side	Unaffected side
FR < 1	Amplitude*	0.31 ± 0.31	0.81 ± 0.19
(n=10)	Area*	0.34 ± 0.33	0.79 ± 0.26
FR ≥ 1	Amplitude	1.04 ± 0.46	0.65 ± 0.25
(n=5)	Area	0.86 ± 0.30	0.45 ± 0.15

Values are mean ± standard deviation

1: FR : interhemispheric facilitation ratio (affected Fmax/unaffected Fmax)

* p < 0.05

4. 통계 처리

통계학적인 분석은 SPSS for window version 10.0 program을 이용하여 건측과 환측 사이의 운동유발전위의 F $_{max}$, FI $_{MIN}$, FI $_R$ 등의 여러 가지 전위의 지표 등을 비교할 때는 Mann-Whitney U-test를 이용하였고, p < 0.05에서 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 흥분 역치와 잠시의 비교

대상환자 15명 모두에서 운동유발전위가 나타났고, 건측과 환측의 유발전위의 잠시와 흥분 역치를 비교하였을 때, 양측의 흥분 역치는 유의한 차이가 없었으나, 잠시는 환측에서는 22.1 ± 2.1, 건측에서는 21.0 ± 1.4로 환측이 건측에 비해 유의하게 지연되어 있었다 (p=0.02).

Table 2. Definitions of Parameters of MEP¹⁾

R =	$\frac{\text{MEP at rest}}{\text{CMAP}^{2)}$
F $_{min}$ =	$\frac{\text{MEP at minimal contraction}}{\text{CMAP}}$
F $_{max}$ =	$\frac{\text{MEP at moderate contraction}}{\text{CMAP}}$
Facilitation Ratio(FR) =	$\frac{\text{Affected F}_{max}}{\text{Unaffected F}_{max}}$
Facilitation Index(FI)	
FI $_{MIN}$ =	F $_{max} / F_{min}$
FI $_R$ =	F $_{max} / R$

1. MEP: motor evoked potential

2. CMAP: compound motor action potential

Table 4. Facilitation Index(FI) of Area and Amplitude of MEPs in Affected and Unaffected Side

		Affected side	Unaffected side
FI _R ¹⁾	Area	8.21 ± 10.40	8.96 ± 9.34
	Amplitude	5.49 ± 5.03	8.34 ± 8.58
FI _{MIN} ²⁾	Area*	1.16 ± 0.32	1.86 ± 0.77
	Amplitude	1.58 ± 1.38	1.64 ± 0.43

Values are mean ± S.D.

1. FI_R: Fmax/R

2. FI_{MIN}: Fmax/Fmin

* : p < 0.05

Table 5. Comparison of FI_{MIN}¹⁾ between Unaffected Side and Affected Side of MEPs area in regard to FR²⁾

FR \ FI _{MIN}	Affected side	Unaffected side
FR < 1*	1.22 ± 0.35	1.78 ± 0.67
FR ≥ 1*	1.04 ± 0.24	2.02 ± 0.99

Values are mean ± S.D.

1. FI_{MIN}: F_{max}/F_{min}

2. FR: interhemispheric Facilitation Ratio (affected Fmax/unaffected Fmax)

* : p < 0.05

2. 양측 운동유발전위의 Fmax 비교

건측과 환측의 F_{max}를 비교하여 F_{max}가 환측이 건측에 비해 작은 경우, 즉, FR이 1보다 작은 경우가 15명 중 10명에서 관찰되었는데, 이들 중 8명이 기저핵 병변이었고, 2명은 내포 병변이었다. 이들의 운동유발전위의 진폭과 면적의 F_{max}가 환측에서 0.31 ± 0.31, 0.34 ± 0.33, 건측에서 0.81 ± 0.19, 0.79 ± 0.26로 환측이 건측에 비해 유의하게 감소되었다(p < 0.05). 또한, 대상 환자 15명 중 5명에서 환측의 F_{max}가 건측에 비해 큰 경우, 즉, FR이 1보다 큰 경우가 관찰되었는데, 4명은 시상부 병변이었고, 1명은 뇌실주위 백질병변이었다. 이들의 운동유발전위의 진폭과 면적의 F_{max}가 환측에서 1.04 ± 0.46, 0.86 ± 0.30, 건측에서 0.65 ± 0.25, 0.45 ± 0.15로 환측이 건측보다 상승되었다(Table 3).

3. 양측 촉진지수의 비교

운동유발전위 면적의 FI_R은 환측과 건측사이에 유의한 차이가 없었으나, FI_{MIN}은 환측과 건측이 각각 1.16 ± 0.32, 1.86 ± 0.77으로 운동유발전위의 반응에 관계없이 환측이 건측에 비해 낮게 나타났다(p < 0.05). 운동

유발전위 진폭의 FI_R과 FI_{MIN}은 환측과 건측사이에 통계학적인 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 4).

FR이 1보다 큰 군과 작은 군으로 나누어서 두군에 따른 면적의 FI_{MIN}값을 비교하였는데, FI_{MIN}은 두군 모두에서 환측이 건측에 비해 유의하게 작게 관찰되었다(p < 0.05). 이는 비록 전위의 역치나 크기는 다양하게 나타나지만 편마비 측의 촉진 정도가 건측에 비해 떨어지는 현상은 비교적 일정함을 알 수 있었다(Table 5). 즉, FR이 1보다 크거나 작은 군 모두에서 F_{max}의 크기에 관계없이 환측에서는 휴지기에서 최소 수축시 운동유발전위의 촉진 반응이 거의 일어나고 더 이상 의미있는 추가적인 촉진이 없지만 건측에서는 수축을 증가할수록 촉진 반응도 증가한다는 것을 볼 수 있다(Fig. 1).

고 찰

Barker 등¹⁰이 자기자극으로 인간의 뇌를 직접 자극하여 상지근육에서 운동유발전위를 측정할 이후 자기자극은 중추신경계에 대한 전기생리학적 연구에 임상적으로 유용하게 사용되기 시작하였다. 운동유발전위검사는 중추신경계를 침범하는 질병 연구에 주로 이용되고 있으며^{11,12} 최근에는 두부 자기자극이 뇌가소성(brain plasticity), 신경경로(neural network), 대뇌 피질 활성화도(cortical excitability)의 변화 등에 대한 매우 중요한 연구 방법으로 이용되고 있다. 뇌졸중 환자에서 자기자극을 통한 운동유발전위의 여러 변수들, 즉, 잠시, 전위의 진폭과 면적, 중추운동전도시간을 측정하여 급성기 환자의 예후와 관련되어 연구되었는데, 뇌졸중 환자에서의 운동유발전위의 변수와 임상기능과 관련성에 대해서는 아직 확립이 되어 있지 않은 상태이다.

Catano 등¹³은 초기 뇌졸중 환자들 중 이완 시에 반응이 없었으나 촉진으로 반응이 유발된 경우 예후가 좋았다고 보고하였다. 뇌졸중 후 이완 측 상하지에서의 신경학적·회복과정은 초기 치료부터 일상생활로의 복귀

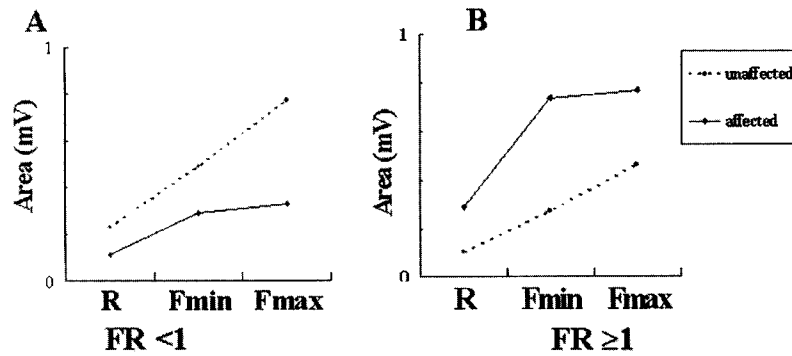


Fig. 1. Changes of area of MEPs in facilitation by voluntary muscle contraction in response to FR. FR: interhemispheric Facilitation Ratio (affected Fmax/unaffected Fmax)

까지 매우 중요한 관심분야인데, 이를 객관적으로 추적 관찰할 수 있는 전기생리학적 도구가 있다면 임상적인 활용도가 매우 높을 것으로 생각한다. 운동유발전위의 촉진 반응이 중추신경계에서 주로 나타나는 특이한 생리적 현상이고 기능적 수행능력(functional performance)을 반영한다고 볼수 있기 때문에 많은 연구자들이 촉진 반응의 특성을 계량화하고 표준화하려는 시도를 많이 했다.^{14,15,16,17,18} 그러나 중추성 질환에 따른 촉진 반응의 변화를 구체적으로 반영하는 지표가 아직도 정립되지 못할 정도로 이에 대한 과정은 매우 어려운 것으로 판단된다. 저자들은 촉진에 의한 운동유발전위의 유무를 확인하는 정도에서 발전하여 수의적 수축과 자극강도의 다양한 변화를 통한 운동유발전위의 여러 지표들의 변화를 통해 뇌졸중 후에 나타난 신경학적인 변화를 읽어보고자 하였다.

다른 중추신경계 질환에서의 촉진에 대한 연구들은 대부분 파킨슨병에서 시도되었다. Valls-Sole¹⁹은 파킨슨 질환을 가진 환자에서 수의적 수축 시 자기자극하여 정상인과 비교하였는데, 고정된 자극강도에서 수의적 수축 정도를 늘렸을 때 진폭의 증가가 정상인의 증가보다 적어 파킨슨 질환 환자가 운동신경계 활성의 조절이 비정상일 것으로 보고하였다. 여러 변수들 중 잠시는 흥분역치 강도에서 최소 수축만으로도 가장 빠른 경로를 통한 최소잠시가 얻어지므로 그 이상 수축하더라도 잠시가 더 짧아지는 않기 때문에 촉진이나 자극 강도에 따라 의미있게 변화하지 않고 수축을 증가시킬수록 기저선이 흔들려 정확한 잠시를 얻을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 잠시에 대해서는 큰 의미를 두지 않았다. 촉진 시 가장 두드러진 변화는 정점간의 진폭과 음전위의 기저선위 면적인데 본 연구의 결과에서는 두 지표가 대체적으로 비슷한 변화를 보였으나 대뇌 피질과 피질 척수로의 활성화가 촉진의 기전으로 볼 때 면적 지표가 활용이 좀더 적절하며 실제 결과에서 면적의 촉진 지수가 운동유발전위의 크기에 상관없이 환측의 건축을 구별하는 유일한 지표였다는 점도 이를 뒷받

침한다.

자기자극으로 양측 반응을 구할 때 여러 자극 Coil이 사용되었는데, Coil마다 다른 자극 세기와 유도 자장 영역의 차이 때문에 다른 Coil을 사용한 연구들의 다양한 주장을 하나의 현상으로 인정하기 어렵다. 가장 많이 사용되는 8자형 코일과 원형 코일의 특징을 보면 8자형 코일은 정확한 국소적 자극기로 알려져 있으나 한번의 자극으로 대상 근육의 피질 지배 영역 모두를 흥분시키기 어렵다. 따라서 정확한 장소에 자극하지 않으면 적절한 반응을 얻을 수 없다. 원형코일은 대상근육을 지배하는 대부분의 피질영역을 모두 흥분시킬 수 있고 정확한 자극 위치 선정을 신중하게 할 필요는 없지만, 높은 강도에서는 해당영역 이외까지 자극시켜 잘못된 해석을 유발할 가능성이 있다.²⁰ 따라서 본 연구에서는 해당되는 운동 피질만을 자극하는 8자형 코일을 이용하였고, 정확한 위치 결정을 위해 가로, 세로 1 cm 간격의 격자로 이루어진 모자를 머리에 씌우고 검사를 시행하였다.

본 연구결과 흥분역치 강도로 최소수축시 구하면 가장 빠른 섬유를 통한 잠시가 구해지므로 그 이상 수축하더라도 잠시가 더 빨라지는 않았다. 즉, 잠시는 촉진이나 자극 강도에 따라 변화하지 않아 본 연구에서는 큰 의미를 두지 않았다. 또 110% 자극 강도로 구한 전위도 130% 자극 강도로 구한 전위와 같이 건축과 환측의 차이가 있는 것으로 나왔으나, 110%의 강도는 근수축으로 최대 촉진시에는 최대 진폭을 얻을 수 있는 강도이나 근 이완시 최대 진폭을 얻기 위해서는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 이완 시와 수축을 통해 최대 촉진시 각각 최대 전위를 구하고자 하였기 때문에 130%의 강도로 구한 전위를 이용하여 F_{max}, F_{min}, R로 정의하였다.

뇌졸중 환자에서 자기자극으로 유발된 운동유발전위는 반응의 양상이 다양하다. 대뇌 피질이 심하게 침범된 환자에서는 운동유발전위가 나타나지 않는 경우가 흔하게 관찰되고 덜 심하게 침범된 환자에서는 환측의

운동유발전위가 건측에 비해 잠시가 길어지고 흥분역치가 증가되며 전위의 진폭이 감소된다. 그러나, Trompetto 등⁶은 환측이 건측에 비해 유사하거나 오히려 전위가 크게 나온 경우에 대해 보고하였다. 본 연구에서도 환측과 건측의 F_{max} 의 비를 FR로 정의하고 1보다 같거나 큰 군과 1보다 작은 두 군을 관찰하였다. 이런 경우에는 운동유발전위의 진폭이나 면적이 병적 상태를 나타내는 지표로 부적절하다. 여러가지 전위의 지표 중에서 운동유발전위의 양상이 다르게 나타나는 두 군 모두에서 건측과 환측에 유의하게 차이나는 지표는 면적의 FI_{MIN} 이었다. 이는 FR이 1보다 크거나 작은 군 모두에서 환측의 F_{max} 의 크기에 관계없이 환측에서는 휴지기에서 최소 수축시 운동유발전위의 촉진 반응이 상당히 일어나고 그 이후 중등도 수축에서 더이상 의미있는 추가적인 촉진이 없지만 건측에서는 수축을 증가하면서 촉진 반응도 증가하는 현상을 시사한다.

이번 연구는 뇌졸중 환자의 검사 당시 운동기능과 운동유발전위를 분석한 것으로 앞으로 이 환자들의 운동기능이 좀 더 회복됨에 따라 운동유발전위 지표들이 어떻게 변화하는지에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

결 론

영상학적인 소견상 운동 피질의 침범이 관찰되지 않는 피질하 병변의 뇌졸중 환자 15명을 대상으로 촉진을 이용한 대뇌피질을 자기자극하여 얻어진 유발전위에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 뇌졸중 환자에서 운동유발전위는 흔히 환측이 건측보다 작게 나오는 것이 관찰되지만, 본 연구에서는 전체의 3분의 1에서 환측이 오히려 크게 나오는 경우가 관찰되었다. 따라서 뇌졸중 환자에서의 운동유발전위를 연구할 때에는 반드시 이를 염두에 두고 해석해야 할 것이다.

2) 면적의 FI_{MIN} 이 전위의 크기에 상관없이 환측에서 일정하게 비정상 수치를 갖기 때문에 뇌졸중 환자 현재의 병적 상태를 나타내는 객관적인 도구로 유용할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Escudero JV, Sancho J, Bautista D, Escudero M, Lopez-Trigo J: Prognostic value of motor evoked potential obtained by transcranial magnetic brain stimulation in motor function recovery in patients with acute ischemic stroke. *Stroke* 1998; 29: 1854-1859

- Rapisarda G, Bastings E, de Noorhout AM, Pennisi G, Delwaide PJ: Can motor recovery in stroke patients be predicted by early transcranial magnetic stimulation. *Stroke* 1996; 27: 2191-2196
- Traversa R, Cicinelli P, Pasqualetti P, Filippi M, Rossini PM: Follow-up of interhemispheric difference of motor evoked potentials from the affected and unaffected hemisphere in human stroke. *Brain Res* 1998; 24: 801-808
- Heald A, Bates D, Cartlidge NE, French JM, Miller S: Longitudinal study of central motor conduction time following stroke. 2. Central motor conduction measured within 72h after stroke as a predictor of functional outcome at 12 months. *Brain* 1993; 116: 1371-1385
- Palliyath S: Role of central conduction time and motor evoked response amplitude in predicting stroke outcome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2000; 40: 315-320
- Trompetto C, Assini A, Buccolieri A, Marchese R, Abbruzzese G: Motor recovery following stroke: a transcranial magnetic stimulation study. *Clin Neurophysiol* 2000; 111: 1860-1867
- 김지영, 임재영, 김완호, 김병식, 한태륜: 운동유발전위의 촉진 반응과 뇌졸중 환자의 수부 기능과의 관계. *대한재활의학회지* 2003; 27: 314-319
- Hummelsheim H, Hauptmann B, Neumann S: Influence of physiotherapeutic facilitation techniques on motor evoked potentials in centrally paretic hand extensor muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 97: 18-28
- Hauptmann B, Himmelsheim H: Facilitation of motor evoked potentials in hand extensor muscle of stroke patient: correlation to the level of voluntary contraction. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996; 101: 387-394
- Barker AT, Jalinous R: Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet* 1985; 11: 1(8437): 1106-1107
- Berardelli A, Rona S, Inghilleri M, Manfredi M: Cortical inhibition in Parkinson's disease: A study with paired magnetic stimulation. *Brain* 1996; 119: 71-77
- Rossini PM, Caramia MD, Zarola F: Mechanism of nervous propagation along central motor pathways: noninvasive evaluation in healthy subjects and in patients with neurological disease. *Neurosurg* 1987; 20: 183-191
- Catano A, Houa M, Caroyer JM, Ducarne H, Noel P: Magnetic transcranial stimulation in non-haemorrhagic sylvian stroke: interest of facilitation for early functional prognosis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 97: 349-354
- Han TR, Kim JH, Lim JY: Optimization of facilitation related to threshold in transcranial magnetic stimulation.

- Clin Neurophysiol 2001; 112: 593-599
15. Lim CL and Yiannikas C: Motor evoked potentials: a new method of controlled facilitation using quantitative surface EMG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992; 85: 38-41
 16. Mills KR, Kimiskidis V: Cortical and spinal mechanism of facilitation to brain stimulation. *Muscle Nerve* 1996; 19: 953-958
 17. Nielson JF: Standardization of facilitation of compound muscle action potentials using a modified myometer during magnetic stimulation in healthy volunteers. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 93: 23-28
 18. Thomson PD, Day BL, Rothwell JC, Dressler S, Maertens de Noordhout A, Marsden CD: Further observations on the facilitation of muscle responses to cortical stimulation by voluntary contraction. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; 81: 397-402
 19. Valls-Sole J, Pascual-Leone A, Brasil-Neto JP, Cammarota A, McShane L, Hallett M: Abnormal facilitation of the response to transcranial magnetic stimulation in patients with Parkinson's disease. *Neurology* 1994; 44: 735-741
 20. 한태륜, 김진호, 임재영: 자기자극에 의한 반대측 및 동측 운동유발전위. *대한재활의학회지* 2000; 24: 65-71