

만성 편마비 환자의 손목 운동 시 근수축 특성

태기식*, 김사엽(연세대 대학원 의공학과), 송성재(원주대 동력기계과),
이지용(연세원주의대 대학원 재활의학과), 이영희(연세원주의대 재활의학과),
김영호(연세대 의공학부)

Characteristics of Muscle Contraction During the Wrist Movement in Chronic Hemiplegic Stroke Patients

K. S. Tae(Biomedical. Eng. Dept., YSU), S. Y. Kim(Biomedical. Eng. Dept., YSU),
S. J. Song(Mechanical Eng. Dept., NWJU), J. Y. Lee(Rehabilitation Med. Dept., YSU),
Y. H. Lee(Rehabilitation Med. Dept., YSU), Y. H. Kim(Biomedical. Eng. Dept., YSU)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the characteristics between EMG timing of muscle contraction and motor impairment in chronic hemiplegic stroke patients. Delay time and co-contraction of 4 patients who had stroke less than 3 years were measured during isometric wrist flexion and extension along the 3 seconds beep signal. Onset and offset of muscle contraction were significantly delayed on the more affected sides than control sides. Offset was significantly delayed than the onset on the affected sides in wrist flexion. Also, recruitment of antagonist was larger than agonist on the affected sides. Co-contraction ratio on the affected side was significantly smaller than control sides in wrist flexion. In affected sides, Fugl-Meyer motor assessment(FMA) shows the correlation of onset delay in wrist flexion and extension. However, co-contraction ratio correlated with FMA in wrist flexion. EMG assessment is likely to be useful outcome measure and provide insights into mechanism for motor recovery in stroke patients.

Key Words : Chronic hemiplegic stroke patients (만성 편마비 환자), EMG (근전도), Onset (근수축 개시), Offset (근수축 종료), Agonist (주동근), Antagonist (길항근), Co-contraction ratio (동시수축 비)

1. 서론

뇌졸중(stroke)은 평균 수명의 증가 및 노령화로 인하여 증가추세에 있으며 단일 질환으로서는 암, 교통사고와 함께 사망사고에 대한 주요 3대 원인으로 꼽히고 있을 뿐 아니라 최근 40대 이후 장년층에서도 그 빈도가 점차 증가하고 있다⁽¹⁾. 또한 뇌졸중은 그 정도에 따라 다양한 형태의 운동 기능마비를 초래하며 신체적인 기능장애의 요인이 된다. 그러므로 뇌졸중 재활치료 과정에서 시행되는 여러 가지 방법들은 운동기능 회복에 초점을 맞추어 연구 개발되고 있다^(2,3).

운동기능 회복을 위한 치료방법을 개발하기 위해서 현재의 운동기능 상태를 개관적이고 정확하게 측정할 수 있어야 하며, 이를 위해 여러 측면의 객관적인 평가방법이 고안되어야 한다. 그러나 이

전의 평가 방법은 임상적인 측면에 국한되어 임상적인 연계성을 가지고 있으나 객관성 및 정량적인 요소에 한계를 가지고 있었고 이를 보완한 기능적 자기공명영상, 뇌혈류 검사 등은 고가의 장비와 숙련된 기술들을 필요로 하고 있어 보편적으로 활용하기가 힘들다는 단점을 가지고 있었다^(4,5).

최근의 연구들에서 뇌졸중에 의한 편마비 환자들의 근수축의 민첩성을 평가하기 위해 근전도를 이용하여 손목관절에서의 근수축 개시(onset) 및 종료(offset)의 지연을 분석하는 연구들이 있었다. 이러한 연구를 통해 근전도를 이용하여 만성 편마비 환자들에서의 손목관절이 움직일 때 주동근(agonist), 길항근(antagonist)에서의 강직과 연관된 동시수축(co-contraction)이 발생하고 환측(affected side)의 개시 및 종료가 지연됨을 확인하였다⁽⁶⁻⁸⁾. 또한 뇌

졸중 환자의 건측(unaaffected side)과 환측의 운동단위 활성화 연구를 통해 환측에서의 평균단위 흥분율의 저하와 동원 형태의 변화로 근약화가 나타난다고 보고하였다⁽⁹⁾. 하지만 이러한 연구는 편마비 환자의 상지 기능수준 (Fugl-Meyer motor assessment: FMA)과 근수축의 민첩성, 혹은 근섬유 동원 능력 사이의 연관성을 확인하는 연구는 희박하였고 운동계의 손상을 분류하고 치료효과를 정량화시키는데 어려움이 있었다.

본 연구는 만성 편마비 환자의 손목 운동 시 근수축 개시 및 종료와 주동근과 길항근간의 동시수축 비(co-contraction ratio)의 특성을 관찰하고 상지 운동기능과 근수축 특성과의 상관관계를 분석하여 임상적 상관관계를 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구를 위해 대뇌병변이나 정신분열증 경험이 없는 대조군 남성 4명(26±3.5세, 73±5kg, 175.5±2.5cm)과 제시된 과제 수행이 가능한 MMT(manual muscle test)의 등급이 poor이상이고 편마비가 발생한지 3년 이상이 되는 만성 환자 남성 4명(41±5.9세, 64±3kg, 172.2±3cm)을 피검자로 선정하였다. 이 중 3명은 좌측 편마비였고 1명은 우측 편마비를 가지고 있었다. 실험에 앞서 환자의 상지 운동기능을 정략적으로 평가하기 위하여 Fugl-Meyer의 뇌졸중으로 인한 장애평가 방법 18가지 중 상지기능만을 선택하여 검사를 실시하였다⁽¹²⁾. 이 검사의 평가는 관절 가동범위, 통통, 감각, 상지운동기능 등으로 구성되며 모든 항목을 모두 수행 할 경우 66점이 된다. Table 1은 실험에 참가한 만성 편마비 환자의 특성을 보여준다.

근수축 개시 및 종료의 지연은 표면전극을 이용하여 손목굴곡근(flexor carpi radialis: FCR)과 손목펴기근(extensor carpi radialis: ECR)에서 손목관절의 굽힘과 펴 동작 시 3초의 신호음에 따라 신호음이 들리자마자 해당 근육을 등척성 수축을 시작하여 신호음이 중지할 때까지 유지하고 신호음이 꺼지자마자 신속히 이완하도록 하였다. 전완과 손목은 편안하게 지지하고 중립상태를 유지하면서 손가락이 펴지도록 전완 고정 거치대를 사용하였다. 개시와 종료의 지연시간을 구하기 위해 신호음을 기준으로 가장 안정된 3초를 기준선(base line)으로 설정하고 근전도 신호의 진폭의 평균값과 표준편차(SD)를 구하고 근수축 개시 및 종료 시간은 신호음이 시작한 후 기준선의 평균±2SD 이상이 되고 25ms 이상

지속되는 첫 번째 값과 신호음이 종료된 후에 마지막으로 지속된 값을 구하여 분석하였다.

Fig. 1은 등척성 운동이 가능하도록 한 거치대 및 근전도 측정 장면을 보여주고 있으며 Fig. 2는 신호음에 따라 획득된 근전도 신호를 보여준다.

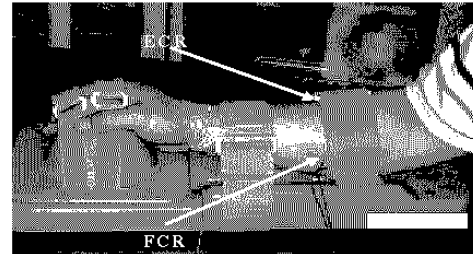


Fig. 1 The apparatus for isometric wrist flexion and extension

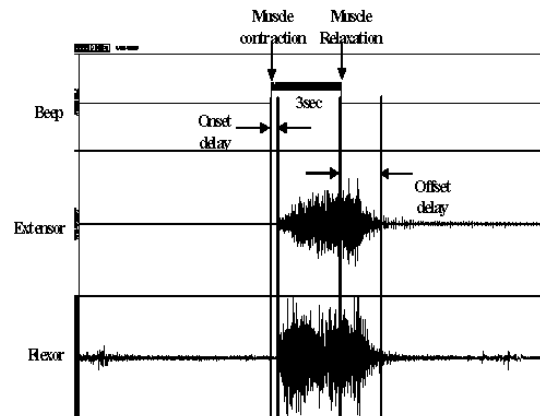


Fig. 2 EMG raw data during wrist isometric contraction of the hemiparetic patient

또한 신호음이 지속되는 동안 근 수축으로 발생하는 근전도 신호 주동근과 길항근의 비율은 근활동의 총체적인 양을 보기 위해 적분화한 IEMG(integrated EMG) 값을 3초간의 안정화 값을 이용하여 표준화(normalize)한 후 동시수축 비를 구하였다. 식 (1)은 본 실험에서 사용된 근 동시수축 비를 구하는 방법을 보여준다.

$$co-contraction\ ratio = \frac{IEMG_{agonist}/IEMG_{rest}}{IEMG_{antagonist}/IEMG_{rest}} \quad (1)$$

Table 1 Stroke subjects' clinical characteristics

Subject	Age/Sex	Lesion	Paratic side	Time since stroke(months)	MMT (F/E)	MAS score	FM score
#1	44/M	Hm in Rt. thalamus, BG.	Lt	44	P/P	G1+	25
#2	37/M	Hm in Rt. BG .	Lt	50	G/G-	G1	26
#3	35/M	Rt. MCA territory infarction	Lt	48	P/Z	G1	30
#4	45/M	Lt. MCA infarction	Rt	50	Z/P-	G1	26

Hm=hemorrhage, BG=basal ganglia, Rt=right, Lt=left, MMT= manual muscle test, F=flexion, E=extension, P=poor, G=good, Z=zero, FM=Fugal Meyer

Table 2 Comparison of delay in contraction onset and offset of the wrist flexor and extensor muscles between sides

Sides	Wrist Flexion		Wrist Extension	
	Onset delay(ms)	Offset delay(ms)	Onset delay(ms)	Offset delay(ms)
Control	170±30	230±120	220±20	210±30
Unaffected	310±30*	660±470	290±60	640±140*
Affected	530±160*	1660±290**	840±270**	1070±620*

*Significantly different from control sides with independent t-test(P<.05)

**Significantly different from unaffected sides with Independent t-test(P<.05)

대조군 및 환자군의 건축, 환측 사이의 근 수축 개시, 종료시간의 지연시간과 근육의 동시수축비의 차이를 보기위하여 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS 10.0을 사용하여 독립적 t-검정(independent t-test)을 통해 분석하였다. 또한 Fugal-Meyer 운동평가 점수와 수축 지연 및 동시수축 비 간의 상관관계는 Spearman 상관계수로 분석하였다. 통계적인 유의성은 P<0.05인 경우로 정하였다.

3. 결과

편마비 환자의 환측은 정상군의 대조군에 비해 손목관절의 굽힘과 폼 동작에서 근수축 개시 및 종료가 유의하게 지연되었으며(P<0.05), 건축은 대조군에 비해 손목관절의 굽힘 동작의 근수축 개시에서 폼 동작의 근수축 종료의 지연을 제외하고 유의한 차이가 없었다(Table 2). 또한 환측은 손목관절의 굽힘에서 개시보다 종료가 유의하게 더 지연되었으며(P<0.05), 건축도 폼 동작에서 개시보다 종료 지연되어 유의한 차이를 보여주었다(P<0.05)(Fig 3).

환측은 건축과 정상측에 비해 길항근의 사용이 주동근 보다 큰 양상을 보이고 손목 관절의 굽힘 시 동시수축 비가 정상측에 비해 유의하게 작았다(P<0.05)(Table 3). 또한 환측의 FMA는 손목관절의 굽힘과 폼 동작에서 근수축 개시의 지연간에 유의한 상관관계를 보였으며, 주동근과 길항근간의 동시수축 비에서는 손목관절의 굽힘 동작에서 유의한 상관관계를 나타내었다(P<0.05)(Table 4).

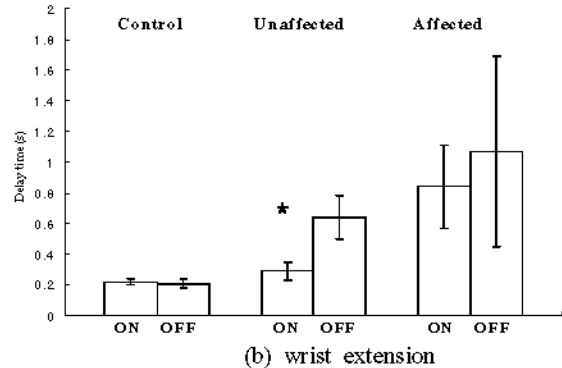
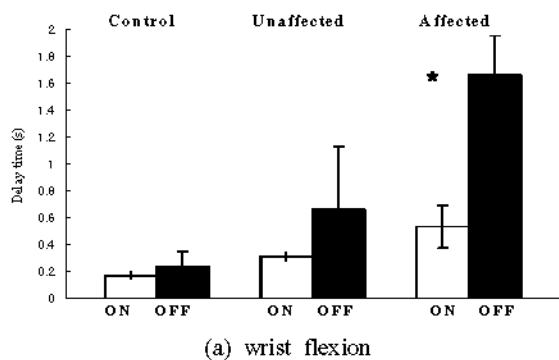


Fig. 3 Comparison of delay in contraction onset and offset of the wrist flexor and extensor muscles with in the sides

Values of the bar are mean± SD. ON:onset delay, OFF: offset delay.

*Significantly difference between onset delay and offset delay(P<.05)

4. 고찰 및 결론

뇌졸중 후 운동기능 장애는 가장 흔히 발생할 뿐 아니라 환자의 기능적 회복을 방해하는 중요한 요인이 된다. 상지의 기능 이상은 하지에 비해 심하고 그 회복 속도가 느리기 때문에 일상생활 동작 수행 능력에 결정적인 영향을 준다^(10,11). 운동기능 장애의 양상은 근력 약화 이외에도 근수축의 및 이완의 지연, 주동근이 수축할 때 길항근의 동시수축이 항진될 수도 있다. 이러한 소견들은 근전도 신호를 이용하여 분석함으로써 정량적으로 평가할 수 있다.

본 연구에서는 만성 편마비 환자의 손목에서의 근전도 분석과 상지의 운동기능 평가를 통해 근수축 개시 및 종료의 특성 및 주동근과 길항근의 동시수축 비를 측정하여 운동 시 주동근과 길항근의 수축 양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 편마비 환자의 환측은 정상군의 대조군에 비해 손목관절의 굽힘과 폼 동작에서 근수축 개시 및 종료가 유의하게 지연되었으며, 건축은 대조군에 비해 손목관절의 굽힘 동작의 근수축 개시에서 폼 동작의 근수축 종료의 지연을 제외하고 유의한 차이가 없었다.

Table 3 Comparison of EMG parameters of the wrist flexor and extensor muscles between sides

Sides	Wrist Flexion			Wrist Extension		
	Agonist	Antagonist	co-contraction ratio	Agonist	Antagonist	co-contraction ratio
Control	8.36±3.64	1.20±0.15	6.84±2.18	1.71±0.19	1.36±0.23	1.32±0.40
Unaffected	5.22±1.36	0.50±0.30*	3.74±1.34	13.20±8.04	9.60±13.51	6.5±5.77
Affected	3.92±1.60	7.97±3.37	0.43±0.35*	4.12±3.09	4.80±3.41	0.92±0.44

*Significant correlation (p<.05)

Table 4 Correlations between FMA and contraction delay and co-contraction ratio

Correlation	Wrist Flexion		Wrist Extension	
	Onset delay	Offset delay	Onset delay	Offset delay
FMA	-0.831*	-0.414	-0.617*	-0.4572
	co-contraction ratio		co-contraction ratio	
	0.87*		0.46	

FMA: Fugl-Meyer motor assessment

*Significant correlation with FMA (p<.05)

- 환측은 건측과 정상측에 비해 길항근의 사용이 주동근 보나 큰 양상을 보이고 손목 관절의 굽힘 시 동시수축 비가 정상측에 비해 유의하게 작았다.
- 환측의 FMA는 손목관절의 굽힘과 펴동작에서 근수축 개시의 지연간에 유의한 상관관계를 보였으며, 주동근과 길항근간의 동시수축 비에서는 손목관절의 굽힘동작에서 유의한 상관관계를 나타내었다.

본 연구를 통해 손목 운동 시 근수축 특성을 이용하여 뇌졸중 이후 운동기능의 회복을 객관적으로 평가하여 정량화 할 수 있는 유용한 방법으로 활용 가능하며 임상적인 치료방법의 기초자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 연세대학교 의용계측 및 재활공학 연구센터에 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 통계청, 1999년 사망원인별 통계보고서, 2000.
2. Chae, J., Johnston, M., Kim, H., and Zorowitz, R., "Admission motor impairment as a predictor of physical disability after stroke rehabilitation", *Am J Phys Med Rehabil.*, Vol. 74, pp. 218-223, 1995.
3. Kopp, B., Kunkel, A., Flor, H., Platz, T., Rose, U., and Mauritz, K. H., "The arm motor ability test: reliability, validity, and sensitivity to change of an instrument for assessing disabilities of daily living", *Arch Phys Med Rehabil.*, Vol. 78, pp. 615-620, 1997.

4. Cramer, S. C., and Bastings, E. P., "Mapping clinically relevant plasticity after stroke", *Neuro-pharmacology*, Vol. 39, pp. 842-851, 2000.
5. Jang, S. H., Kim, Y. H., and Cho, S. H., "Cortical reorganization induced by task-oriented training in chronic hemiplegic stroke patients", *Neuroreport*, Vol. 20, pp. 137-141, 2002.
6. Hemmond, M. C., Kraft, G. H., and Fitts, S. S., "Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm", *Arch Phys Med Rehabil.*, Vol. 69, pp. 106-110, 1998.
7. Hemmond, M. C., Fitts, S. S., Kraft, G. H., Nutter, P. B., Trotter, M. J., and Robinson, L. M., "Co-contraction in the hemiparetic forearm: quantitative EMG evaluation", *Arch Phys Med Rehabil.*, Vol. 69, pp. 348-351, 1998.
8. Chae, J., Yang, G., Park, B. K., and Labatia, L., "Delay in initiation and termination of muscle contraction, motor impairment, and physical disability in upper limb hemiparesis", *Muscle Nerve*, Vol. 25, pp. 568-575, 2002.
9. Gemperline, J. J., Allen, S., Walk, D., and Rymer, W. Z., "Characteristics of motor unit discharge in subjects with hemiparesis", *Muscle Nerve*, Vol. 18, pp. 1101-1114, 1995.
10. Twitchell, T. E., "The restoration of motor function following hemiplegia", *Brain*, Vol. 74, pp. 443-480, 1991.
11. Fugl Meyer, A. R., Jaasko, L., Leyman, I., Olsson, S., and Steglind, "The post-stroke hemiplegic patient: a method for evaluation of physical performance" *Scan J Rehabil Med.*, Vol. 7, pp. 13-31, 1975.