

초기 편마비 환자에서 손목 근수축 개시 및 종료의 특성: 중앙주파수 분석

정이정

연세대학교 대학원 재활학과

조상현, 권오윤

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과 및 보건과학연구소

이영희

연세대학교 원주의과대학 재활의학교실

Abstract

Characteristics of Initiation and Termination of Muscle Contraction in Early Hemiparetic Wrists: Analysis of Median Frequency

Yi-jung Chung, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Sang-hyun Cho, Ph.D., M.D.

Oh-yun Kwon, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Theray, College of Health Science, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

Young-hee Lee, Ph.D., M.D.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University

The purposes of this study were to investigate the median frequency (MDF) between initiation and termination of muscle contraction through surface electromyographic (sEMG) analysis and to propose the basis of clinical treatment for movement problems in early hemiparetic upper limbs. Thirteen patients who had stroke with onset less than 3 months prior to the study and seven control subjects participated in the study. The median frequency in initiation and termination of muscle contraction was recorded from wrist flexor and extensor muscles using the sEMG, with 3 second beeper signals, during maximal isometric wrist flexion and extension. Flexion and extension must be done as quickly and forcefully as possible. The results of the study were as follows: 1. The MDF of the onset and offset sections were significantly lower on the paretic than the nonparetic and control sides. 2. The MDF of the offset section significantly decreased on the paretic and nonparetic sides. Consequently, this study showed that the lowering of the MDF was due to the hemiparetic wrist motor impairment and muscle weakness. These results are also related to Fugl-Meyer motor assessment (FMA) scores in hemiparetic upper limbs. This study also suggests that since muscle weakness of early stroke patients affects the functional decrease of upper limbs, further studies must focus on the treatment to improve muscle agility and muscle fiber recruitment efficiency that can induce the functional recovery correlated to motor control.

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원을 받았음(A05-0803-AG0301-05N1-00020B).

통신저자: 정이정 nobility3004@hotmail.com

Key Words: Muscle fiber recruitment; Muscle weakness; Stroke; Surface electromyography; Wrist extensor; Wrist flexor.

I. 서론

뇌졸중은 인간의 평균수명이 연장됨에 따라 그 발생률이 증가하고 있으며, 의학의 발달로 인해 생존율 역시 증가하고 있다. 이에 따라 생존자들의 장애를 최소화시키기 위한 다양한 전문분야의 치료적 접근과 가정 및 사회에서의 독립적인 일상생활을 영위할 수 있도록 하기 위한 많은 의학적 관심이 요구되고 있다(박정미 등, 1987; Pomeroy와 Tallis, 2000).

뇌손상으로 인한 뇌졸중이나 외상성 뇌손상 환자들은 강직(spasticity) 및 근약화(muscle weakness)와 움직임 협응(movement coordination)의 결함과 같은 상위 운동신경원(upper motor neuron) 증후군이 나타난다. 전형적으로 뇌졸중의 재활은 강직과 비정상적인 연합운동(synergistic movement)을 감소시키는데 초점이 맞추어졌었다. 그로 인해 치료적인 접근법들은 Brunstrom (1970)에 의해 제안된 원시반사와 연합반응을 이용한 운동 유발 및 촉진법들을 활용하였으며, Bobath(1978)는 정상적인 움직임 패턴(normal movement pattern)을 촉진하고 기능을 증가시키는 신경발달(neurodevelopment) 원리에 기초한 치료법들을 적용하였다. 그 결과 운동조절(motor control)과 관련하여 강직성 편마비 환자에서 강직이 주된 연구 대상이었지만(Chan, 1986; Chapman과 Wiesendanger, 1982), 최근의 연구들에서는 근력이 움직임을 위한 결정요인으로써 근긴장도(muscle tone)보다 중요하며, 근력을 증가시키는 치료법이 과도한 근긴장도를 감소시키는 치료법보다 적절하다고 하였다(Butefisch 등, 1995).

일상생활동작은 반복적인 위상성 근수축(phasic contraction)의 개시(onset) 및 종료(offset)에서 신속함과 협응이 요구된다. 특별히 상지의 기능적인 손 쥐기와 펴기 동작은 적절한 기능을 하기 위해 필요하다. 그런데 대부분 뇌졸중 환자들의 상지 근위부는 적절한 운동 회복(motor recovery)이 일어나지만 원위부의 회복은 상대적으로 제한되며, 그 회복 정도는 뇌졸중의 중증 정도나 손상 부위에 영향을 받는 것으로 알려졌다(Desrosiers 등, 1996; Jones 등, 1989). Gemperline 등(1995)은 뇌졸중 환자의 건측과 환측의 운동단위(motor unit) 활성화 연구를 통해 환측에서는 평균 운동단위 흥분율(firing rate)의 저하와 동원(recruitment) 형태의

변화로 근약화가 나타난다고 하였다. 이와 관련하여 최근 뇌손상 후의 상지의 기능적 문제들은 강직보다 근약화와 민첩성의 손실로 인한 신경계의 생리학적인 변화와 연관됨을 알 수 있었으며(Hammond 등, 1988; Newham과 Hsiao, 2001; O'Dwyer 등, 1996), 근섬유 동원의 효율성(efficiency)과 관계가 있음을 인식하게 되었다(Kupa 등, 1995; Toffola 등, 2001).

그러나 현재까지 뇌졸중 환자들의 증상에 대한 치료법들은 개발되고 적용되었지만 운동계의 손상들을 분류하고 치료 효과를 정량화시키는 평가 방법들은 부족하였다. 대부분 기존의 연관된 연구들은 뇌졸중 유병기간을 구별하지 않았기 때문에 근력 저하의 원인이 초기 중추 신경계통의 신경학적인 손상 때문인지 시간의 경과로 인한 말초의 무용성 위축(disuse atrophy) 때문인지를 명확히 감별하기 어려웠으며(Newham과 Hsiao, 2001), 기능적 평가들은 신경 생리학적인 기초의 이해를 제공하는데 부족하였고, 주파수분석(fast Fourier transformation: FFT)을 이용한 근섬유 활성화의 조절 능력을 통합적으로 분석하지 못하였다. 또한 편마비 상지의 기능수준(Fugl-Meyer motor assessment: FMA)과 근수축의 민첩성, 혹은 근섬유 동원 능력 사이의 연관성을 확인하는 연구가 희박하였다.

본 연구의 목적은 초기 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에서 손목 근수축시 근섬유 동원 능력의 특성을 중앙주파수 분석을 통해 그 특성을 확인하고 상지의 기능수준과 중앙주파수간의 상관성을 알아보고자 한다. 이는 편마비 환자의 손목에서 위상성 수축력의 감소로 인해 근수축의 개시와 종료가 지연되며 운동단위 동원이 감소되어 근약화가 나타남을 추정할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 초기 뇌졸중 환자의 재활시 운동조절과 관련하여 근육의 반응시간을 빠르게 유도하며 운동단위를 선택적으로 동원시킬 수 있는 민첩하고 집중적인 치료전략을 세우는데 필요한 자료로 활용될 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들로 연세대학교 원주기독병원 재활의학과와 신경외과에 입원중인

13명(남 6명, 여 7명)과, 원주시에 거주하는 대조군 성인 7명(남 3명, 여 4명)을 대상으로 실시하였다. 편마비 환자들 중 6명은 우측 편마비였고, 7명은 좌측 편마비였다. 환자들의 평균 연령은 61.4세였으며, 대조군의 평균 연령은 64.3세이었다(표 1).

뇌졸중 환자의 선정 조건은 1) 일차로 발병한지 3개월 미만의 환자, 2) 병변이 한쪽으로 국한된 편마비환자, 3) 환측 손목관절의 굽힘근(flexor)과 펴짐근(extensor)의 도수 근력 측정(manual muscle testing: MMT)이 가(poor) 등급 이상인 자, 4) 도움 없이 3 sec. 이상 손목관절의 최대 등척성 수축이 가능한 자, 5) 심각한 지각, 인지, 감각 손상이 없는 자, 6) 상지의 팔꿈치와 손목관절에 구축(contracture)이 없는 자, 7) 앉은 자세 균형이 우(good) 등급 이상인 자, 8) 연구자의 지시 내용을 이해하고 따를 수 있는 자였다. 대조군의 선정 조건은 상지에 신경과적, 정형외과적 손상이나 증상이 없는 건강한 성인을 대상으로 하였다. 실험 전 모든 연구 대상자들에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 후 자발적인 동의를 얻었다.

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성 (N=20)

특성	환자군(n ₁ =13)	정상군(n ₂ =7)
나이(세)	61.4	64.3
성별(남/여)	6/7	3/4
마비측(좌/우)	7/6	
발병기간(일)	39.5	
FMA ^a	48.3	

^aFugl-Meyer motor assessment

2. 실험기기 및 도구

가. 근전도 신호 수집 및 분석 시스템

요골쪽손목굽힘근(flexor carpi radialis: FCR)과 요골쪽손목펴짐근(extensor carpi radialis: ECR)의 근수축 개시 및 종료 지연과 주파수분석을 측정하기 위하여 표면근전도 MP150WSW¹⁾와 최대 8개의 근전도 신호를 처리할 수 있는 Bagnoli EMG System²⁾을 사용하였다. 표면근전도의 전극은 DE-3.1 이중 차등(double differential) 전극들과 접지전극(ground electrode)을 사용하였다. 이중 차등 전극의 배치는 폭 1 mm, 길이 10 mm의

순은 막대 3개가 10 mm 간격으로 나란히 배열되었으며, 양쪽 끝의 두 개는 활성전극(active electrode), 가운데 하나는 기준전극(reference electrode)으로 하여 이중 차등 앰프에 연결하였다. 또한 1개 채널의 표면근전도 아날로그 신호음과 MP150에서 디지털 신호로 전환된 2개 채널의 아날로그 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.72 소프트웨어(BIOPAC System Inc., Santa Barbara, U.S.A.)를 이용하여 자료를 수집하였다. 근전도 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 1000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 Bagnoli EMG System의 측정 주파수 대역 필터인 20~450 Hz와 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하였다.

나. 전완 고정 거치대

전완과 손목은 편안하게 지지하고 중립 상태를 유지하면서 손가락이 펴지도록 전완 고정 거치대(forearm based skateboard A406-2)를 사용하였다. 가로 15 cm, 세로 46 cm, 높이 2.5 cm의 플라스틱 재질로 만들어진 거치대는 4개의 스트랩(strap)이 장착되어 전완과 손목관절을 고정할 수 있게 제작되었다.

3. 실험방법

손목관절의 최대 등척성 수축을 실시하기 위해 높이 68 cm, 폭 84 cm, 너비 84 cm인 표준형 탁자와 높이가 조절되는 의자를 사용하였다. 요골쪽 손목굽힘근은 상완의 내측과(medial epicondyle) 부분을 확인한 후 대상자에게 손목관절을 구부리게 하여 내측으로 첫 번째 측지 가능한 근복부(muscle belly) 위에, 요골쪽 손목펴짐근은 대상자의 손목관절을 펴게 한 후 팔꿈치의 외측과(lateral epicondyle)에서 외측으로 5 cm 떨어진 근복부에 근육의 주행방향으로 전극을 부착하였다(Cram 등, 1998).

대상자를 앉은 자세에서 양팔을 거치대 위에 올려놓고 견측부터 평가하였다. 피부저항을 감소시키기 위해 사포로 각질을 제거하였으며 알코올로 닦은 다음 전극에 소량의 근전도용 젤을 발라 해당 근육에 전극을 부착하였다. 스트랩을 이용하여 거치대 위의 손목관절과 전완을 고정하였으며 손가락의 굽힘근과 펴짐근의 보상작용을 막기 위해 손바닥손가락뼈관절(metacarpophalangeal joint)을 가급적 펴지게 하였다. 모니터를 보면서 MP150의 신호음에 따라 손목관절 굽힘 및 펴는 동작을

1) BIOPAC System Inc., CA, U.S.A.

2) Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A.

수행하였다. 신호음은 예측하지 못하도록 검사자가 임의로 시작 버튼을 눌렀으며 신호음의 지속시간은 3초 동안 유지하게 하였다. 대상자는 신호음이 시작할 때와 소실 될 때 최대한 강하고 빠르게 수축하며 이완하도록 하였다. 실험 전 미리 3회 연습 후 측정하였으며, 측정 자세는 어깨관절(shoulder joint) 45° 굽힘, 팔꿈치관절(elbow joint) 130° 굽힘, 전완을 중립 상태에서 실시하였다. 측정 방법은 굽힘과 펴 동작을 각각 3회씩 무작위로 수행하였고, 피로를 방지하기 위하여 충분한 휴식을 취하였다.

4. 신호처리 방법

개시와 종료의 지연 및 구간 중앙주파수(median frequency: MDF)의 근전도 자료값들은 MatLab 5.3 신호처리 프로그램(Math Works Inc., MA, U.S.A.)을 이용하여 자동으로 구하였다. 중앙주파수 스펙트럼분석(spectral analysis)의 신호 처리 과정은 5초 동안의 500개 근전도 신호를 FFT 대상 구간(epoch)으로 하여 하나의 MDF를 대표값으로 구하였다. 다음 대상 구간은 첫 구간의 75%인 375개 근전도 신호값이 중첩되도록 하여 이동평균(moving average)을 구하였다. 개시 구간의 MDF는 수축 개시 후 1초 구간에서 근전도 데이터 5개의 평균값을 구하였으며, 종료 구간의 MDF는 수축 종료 전 1초 구간에서 같은 방법으로 구하였다(그림 1).

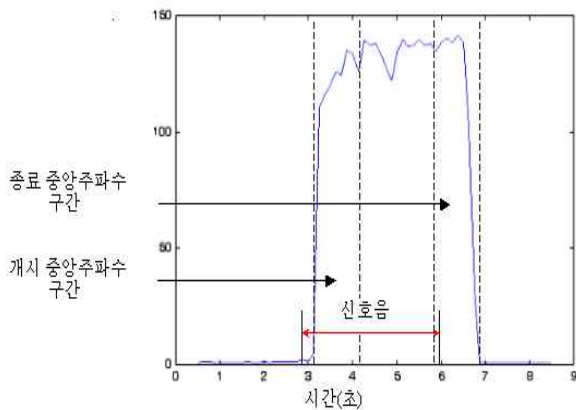


그림 1. 손목 펴근이 최대 등척성 수축하는 동안 중앙주파수(MDF)의 변화(환자 3)

5. 분석방법

분석 대상은 대조군, 건측, 환측의 중앙주파수 평균값을 사용하였다. 측면(side)간의 손목관절 근수축 굽힘과 펴 동작에서 개시 및 종료의 중앙 주파수는 독립적

t-검정을 통해 분석하였으며, 측면내의 손목관절 근수축 굽힘과 펴 동작에서 개시 및 종료의 중앙주파수는 짝비교 t-검정을 통해 분석하였다. 또한 환자의 FMA 점수와 중앙주파수의 상관성은 스피어맨 순위 상관계수로 계산하였다

III. 결과

1. 측면간의 굽힘과 펴동작시 주파수 비교

환측은 대조군과 건측에 비해 손목관절 굽힘과 펴 동작에서 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수가 낮게 나타나 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 대조군과 건측에서는 서로 유의한 차이가 없었다(표 2).

2. 측면내의 굽힘과 펴 동작 시 주파수 비교

건측과 환측은 손목관절 굽힘과 펴 동작에서 근수축 개시보다 종료 구간의 중앙주파수가 낮게 나타나 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(그림 2).

3. FMA와 개시 및 종료의 주파수간의 상관성

환측의 FMA는 손목관절의 굽힘과 펴 동작에서 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수간에도 유의한 상관관계가 있었다($p < .05$)(표 3).

IV. 고찰

일반적으로 중앙주파수는 근전도상에서 주파수 변동을 가장 잘 반영하는 스펙트럼 지수(index)이기 때문에 운동단위의 변화에 대한 분석에 흔히 사용되었다(Gerdle 등, 1991; Linssen 등, 1991; Sadoyama 등, 1988; Westbury와 Shaughnessy, 1987). 또한 Kupa 등(1995)은 표면근전도를 이용한 생체 실험에서 중앙주파수분석을 통해 근섬유들의 운동단위 동원 형태와 흥분율 조절능력으로 근약화의 특성을 설명하였다. 이러한 주파수분석은 근전도를 이용한 상지의 손상 정도를 정량화하는데 타당성이 높은 평가 방법으로 보고된 것이다(Frascarelli 등, 1998).

표면근전도의 정확한 측정은 동원된 운동단위의 형태에 대한 생체정보를 제공할 수 있었다(Gerdle 등, 1991; Kupa 등, 1995; Merletti, 1994; Sadoyama 등,

표 2. 측면간 손목 굽힘과 펴근의 수축시 개시와 종료 구간의 중앙주파수 비교

단위: Hz

측면	손목 굽힘		손목 펴	
	개시 중앙주파수	종료 중앙주파수	개시 중앙주파수	종료 중앙주파수
대조군	141.25(16.15) ^a	139.05(17.92)	147.16(21.21)	146.41(21.97)
건축	152.46(30.28)	141.37(25.20)	156.58(21.16)	145.28(16.11)
환측	122.42(15.96)* [‡]	116.30(14.46)* [‡]	125.33(18.74)* [‡]	118.13(12.37)* [‡]

^a평균(표준편차)

*p<.05(독립적 t-검정을 통한 대조군과 비교)

[‡]p<.05(적비교 t-검정을 통한 건축과 비교)

표 3. FMA와 개시 및 종료 구간의 중앙주파수 상관관계

상관관계	손목 굽힘		손목 펴	
	개시 중앙주파수	종료 중앙주파수	개시 중앙주파수	종료 중앙주파수
FMA	.67*	.81*	.69*	.59*

FMA: Fugl-Meyer motor assessment

*p<.05

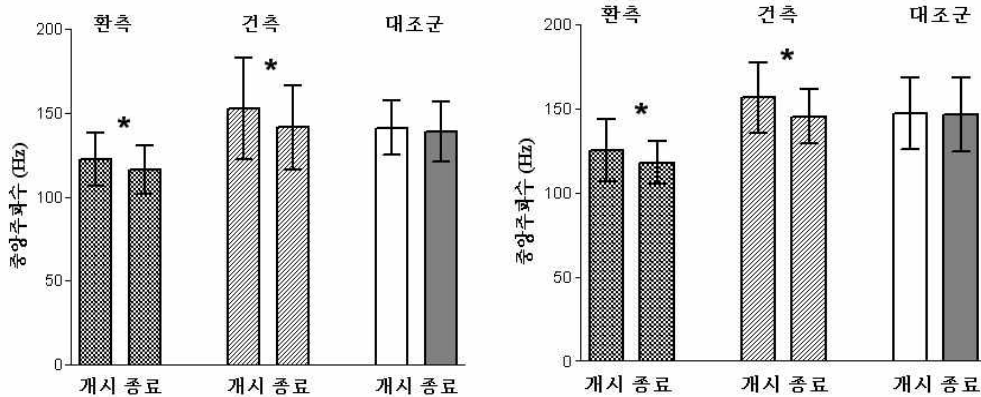


그림 2. 측면 내 손목 굽힘과 펴근의 수축 시 개시와 종료 구간의 중앙주파수 비교(*p<.05)

1988; Westbury와 Shaughnessy, 1987). 본 연구에서는 손목관절 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수가 대조군과 건축에서 서로 유의한 차이가 없었으며, 환측은 대조군과 건축에 비해 상대적으로 저주파수 대역에서 나타나 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 2).

Powers와 Rymer(1988)는 고양이를 이용한 동물 실험에서 등척성 펴동작을 통해 운동단위 흥분율의 감소가 나타났지만 몇몇의 낮은 역치의 단위들에서는 실제로 흥분율이 증가하였다고 보고하였다. 그러나 대부분 편마비 환자들의 환측에서는 비정상적으로 운동단위 동원과 흥분율이 낮았으며(Rosenfalck과 Andreassen,

1980; Zajac과 Faden, 1985), 척수손상 환자에서도 마찬가지로 나타났다(Wiegner 등, 1993). Toffola 등(2001)의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자들의 환측 근육에서 초기 중앙주파수의 값이 낮게 나타났다. 이것은 근섬유들의 무용성 위축과 근섬유의 변성 및 결가지 재신경 지배(collateral reinnervation)로 인한 Type II 섬유들의 감소때문에 평균 단면적이 감소되어 주파수의 값이 낮게 나타났다고 설명하였다(De Luca, 1993; Kupa 등, 1995).

이전 연구들에서 근약화는 강직성 근육들이 수의적으로 수축할 때 필요한 운동단위의 동원되는 수가 감소되거나 이들 운동단위들의 흥분율 감소 때문에 나타난다고

보고하였다(Bourbonnais와 Noven, 1989; Chollett 등, 1991; Gowland 등, 1992; Katz와 Rymer, 1989; McComas 등, 1973; Tang과 Rymer, 1981). Rothwell(1994)은 상위운동신경원 증후군에서 동원순서와 운동단위들의 활성화 특성은 일반적으로 변화되지 않았다고 하였다. 운동신경원 중 Type I 섬유는 저주파수 대역에서 발화하며, Type II 섬유는 크고 강한 힘을 발생시킬 때 더 빠르게 동원되어 고주파수 대역에서 발화한다. 따라서 본 연구에서 나타난 환측에서의 낮은 평균 주파수 값은 낮은 흥분율과 동원단위의 불연속 수축(unfused contraction) 때문에 상대적으로 저주파수 대역에서 나타났고(Blaschak, 1986; De Luca, 1979; Lindstrom과 Petersen, 1981), 이러한 운동단위 동원과 흥분율의 장애는 자발적인 노력의 부족으로 인한 근약화 때문으로 생각된다. 편마비 환자의 경우 운동단위 동원의 약화는 뇌신경으로부터 척수분절 운동신경원과 사이신경원들까지 내림흥분 연락망의 손실 때문이며, 최소의 운동단위 흥분율에 동원된 힘의 역치와 조절능력의 감소는 근활성의 감소를 야기시켰다고 생각한다(Lassek, 1970).

본 연구에서는 손목관절 굽힘 및 펴 동작에서 편마비의 건측과 환측 모두 종료 구간의 중앙주파수가 감소하여 개시와 종료간의 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(그림 2). Sahrman과 Norton(1977)은 일차적인 운동 손상은 근수축 종료 시 주동근 수축의 지연과 지속적인 운동단위 동원의 제한이 나타난다고 하였다. 편마비 환자가 일정한 힘을 유지하려고 노력할 때, 대조군과는 다른 불규칙성이 나타난다(Rosenfalck과 Andreassen, 1980). 지속적인 힘을 유지할 수 없는 장애는 섬세하게 조절하는 움직임들의 실행을 방해하며 이것은 편마비 환자들의 운동단위 흥분율 조절의 문제로 보고되었다(Bourbonnais와 Noven, 1989). 또한 종료 구간에서의 중앙주파수의 감소는 Riley와 Bilodeau(2002)가 정의한 신경근육계의 피로(neuromuscular fatigue)와 연관되어 있다. 이것은 근활성을 유지하는 최대의 힘 발생 능력의 감소를 말하며 중앙주파수의 감소를 의미한다(이영희 등, 1994; Gerdle 등, 1991; Riley와 Bilodeau, 2002; Svantesson 등, 1999; Toffola 등, 2001). 따라서 본 연구에서 나타난 종료 구간의 상대적인 주파수 감소는 편마비 환자들이 각각의 동작을 3회씩 반복 수행하면서 최대 등척성 수축을 유지하는 동안 신경근육계의 피로가 발생한 것으로 생각된다.

신경학적 손상들과 임상적인 평가들 간의 상관성은

역학적이면서 인과 관계를 반영할 수 있다(Chae 등, 2002). 근수축 지연과 주파수의 상관분석을 통해 근수축 시 운동단위의 활동 상황을 기록하여 각 근육의 수축 시기 및 수축 여부를 알 수 있었으며(Barto 등, 1984; Perry, 1992), 이러한 편마비 환자의 환측 상지에서의 근수축 지연은 운동단위 동원의 약화 때문에 나타났다고 보고하였다(Sahrman과 Norton, 1977; Yusevich, 1968). 본 연구에서는 FMA와 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수간에는 모든 동작에서 유의한 양의 상관관계가 있었다($p<.05$)(표 3). Chae 등(2002)의 연구에서는 운동장애와 신체적 불구의 임상적 평가들을 나타내는 FMA와 상지운동평가검사(Arm Motor Assessment Test: AMAT)가 신호음 3초 동안 지속된 굽힘과 펴 동작에서 개시 및 종료의 지연과 통계학적인 상관관계가 있었다.

임상적 치료시간과 강도는 동원된 근섬유들의 형태들에 따라 크게 영향을 받을 수 있다(Burke, 1994; Burke와 Gandevia, 1990; Clamann, 1993). 기능수준과 근수축 개시의 지연 및 운동단위의 동원 간에서 유의한 상관성이 있었기 때문에 초기 편마비 환자의 물리치료 접근방향에도 고려해야 할 것이다. 또한 건측의 펴 동작에서 근수축 종료 구간의 주파수 감소는 건측의 근약화를 나타내기 때문에 치료 시간과해서는 안된다. 특히 강직을 줄이기 위한 치료보다는 저항을 이용한 근력 향상 훈련 외에도 본 연구의 실험방법과 같은 근전도 평가도구를 이용한 반복적인 민첩성 훈련과 근섬유의 수축을 빠르게 동원시킬 수 있는 효율성 향상 프로그램이 필요할 것이다.

편마비 환자를 대상으로 빠르게 수의적인 손가락 움직임을 강화시키기 위한 연구들에서는 손가락 굽힘근의 강직과 긴장도와 연합반응(associated reaction)의 빈도가 감소하였고, 치료기간 동안에 손가락과 손의 기능이 증진됨을 보였다(Butefisch 등, 1995). 또한 근전도에 의한 근육의 자극과 반복적인 운동 훈련은 기능을 증진시키고, 강직을 오히려 감소시켰다(Hummelsheim 등, 1996). Sahrman과 Norton(1977)은 강직이 약한 뇌졸중 환자는 길항근의 과도한 동시수축과 비정상적인 동원이 움직임 지연의 원인으로 볼 수 없다고 하였다. Newham과 Hsiao(2001)는 근수축시 만성 편마비 환자들에서 보였던 길항근의 과도한 동시수축이 초기 편마비 환자들의 실질적인 근약화에는 영향을 주지 못하였다고 증명하였다. 반면에 Bobath(1990)는 뇌졸중 환자에게 보이는 근약화는 실제적인 것이 아니고, 강직이

있는 근육의 길항근육군이 과도한 동시수축을 발생하기 때문이라고 하였다. 그러나 강직이 있는 뇌졸중 환자에게 점진적인 저항운동(Miller와 Light, 1997)과 등속성 근력강화운동(Sharp와 Brouwer, 1997)을 시행했을 때, 강직과 동시수축의 증가 없이 근력이 증가되었다. 또한 반복적인 근력강화운동은 강직을 증가시키기보다는 오히려 근육에 대한 신경조절 능력을 개선시키고 근육의 신장성(extensibility)을 유지시킴으로써 강직성 뻣뻣함(spastic stiffness)을 감소시켰다. 또한 Duncan과 Badke(1987)는 뇌졸중 환자의 재활치료에 있어서 정상 수준의 능동적인 운동조절을 재확립하는 것이 신장반사의 과도한 감수성을 감소시키는 것보다 더 강조되어야 한다고 주장하였다.

따라서 강직에 덜 영향을 받는 초기 편마비 환자들의 치료는 효과적인 동원 패턴들을 적절히 훈련할 수 있는 빠르고 강한 프로그램들을 집중적으로 적용시켜야 할 것이다(Fredericks와 Saladin, 1996). 또한 초기 편마비 환자의 운동조절 훈련을 통해 위상성 수축을 할 수 있도록 뇌졸중 초기부터 실제적인 치료 적용방법을 연구해야 할 것이다(Gemperline 등, 1995). 앞으로 근수축 개시와 종료를 적절히 제어할 수 있는 운동조절과 연관된 과제지향적(task-oriented) 운동 프로그램이 상지의 기능 향상에 유의한 효과를 보이는지를 검증하는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 초기 편마비 환자의 손목에서 근전도 분석과 상지의 기능수준 평가를 통해 근수축 개시 및 종료의 특성을 알아보고 근약화에 따른 임상적인 치료방법을 제안하고자 실시하였다.

그 결과 편마비 환자의 환측은 건측과 대조군에 비해 손목관절 굽힘과 펴는 동작에서 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수가 유의하게 낮게 나타났으며, 건측과 환측은 손목관절 굽힘과 펴는 동작에서 근수축 개시보다 종료 구간의 중앙주파수가 낮게 나타나 유의한 차이가 있었다. FMA는 손목관절의 굽힘과 펴는 동작에서 근수축 개시 및 종료 구간의 중앙주파수간에 유의한 상관관계를 보였다.

본 연구의 결과 초기 편마비 환자의 손목에서 근수축 개시 및 종료의 운동단위 동원의 감소 및 상지의 기능장

애가 상관성이 있음을 볼 때, 대뇌의 신경학적 손상으로 인한 근섬유 동원의 효율성 저하는 편마비 환자의 상지 근약화에 영향을 주었다고 판단된다. 앞으로 이러한 문제들을 개선할 수 있는 전문적인 치료 접근들을 고안하기 위해 운동조절과 관련된 연구가 필요할 것이다.

인용문헌

- 박정미, 박창일, 조경자 등. 뇌졸중의 재활치료에 대한 고찰. 대한재활의학회지. 1987;11:161-172.
- 이영희, 전세일, 박창일. 자발적 수축 시 근활동전위의 주파수 분석에 의한 인체골격근의 특성. 대한재활의학회지. 1994;18:311-327.
- Barto PS, Supinski RS, Skinner SR. Dynamic EMG findings in varus hindfoot deformity and spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neuro. 1984;26(1):88-93.
- Blaschak MJ. An investigation into mechanisms of spastic muscle weakness through an analysis of surface EMG characteristics. Vanston, Northwestern University, 1986.
- Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and Treatment. 2nd ed. London, Heinemann, 1978.
- Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and treatment. 3rd ed. London, Heinemann, 1990.
- Bourbonnais D, Vanden Noven S. Weakness in patients with hemiparesis. Am J Occup Ther. 1989;43(5):313-319.
- Brunnstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia: A neurophysiological approach. New York, Harper & Row, 1970.
- Burke RE. The Physiology of Motor Units. In: Engel AG, Franzini AC, eds. Myology. New York, McGraw-Hill, 1994.
- Burke D, Gandevia SC. Peripheral Motor System: The human nervous system. Sand Diego, Academic Press, 1990.
- Butefisch C, Hummelsheim H, Denzler P, et al. Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. J Neurol Sci.

- 1995;130(1):59-68.
- Chae J, Yang G, Park BK, et al. Delay in initiation and termination of muscle contraction, motor impairment, and physical disability in upper limb hemiparesis. *Muscle Nerve*. 2002;25(4):568-575.
- Chan CW. Some techniques for the relief of spasticity and their physiological basis. *Physiother Canada*. 1986;8:85-89.
- Chapman CE, Wiesendanger M. Recovery of function following unilateral lesions of the bulbar pyramid in the monkey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1982;53(4):374-387.
- Chollet F, DiPiero V, Wise RJ, et al. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: A study with positron emission tomography. *Ann Neurol*. 1991;29(1):63-71.
- Clamann HP. Motor unit recruitment and the gradation of muscle force. *Phys Ther*. 1993;73(12):830-843.
- Cram JR, Kasman GS. *Introduction to Surface Electromyography*. Gaithersburg, Aspen Pub, 1998.
- De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve*. 1993;16(2):210-216.
- De Luca CJ. Physiology and mathematics of myoelectric signals. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1979;26(6):313-325.
- Desrosiers J, Bourbonnais D, Bravo G, et al. Performance of the 'unaffected' upper extremity of elderly stroke patients. *Stroke*. 1996;27(9):1564-1570.
- Duncan PW, Badke MB. *Stroke Rehabilitation: The recovery of motor control*. Chicago, Year Book Medical Pub, 1987.
- Frascarelli M, Mastrogregori L, Conforti L. Initial motor unit recruitment in patients with spastic hemiplegia. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1998;38(5):267-271.
- Fredericks CM, Saladin LK. *Pathophysiology of the Motor Systems*. Philadelphia, F.A. Davis, 1996.
- Gemperline JJ, Allen S, Walk D, et al. Characteristics of motor unit discharge in subjects with hemiparesis. *Muscle Nerve*. 1995;18(10):1101-1114.
- Gerdle B, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R, et al. Dependence of the mean power frequency of the electromyogram on muscle force and fiber type. *Acta Physiol Scand*. 1991;142(4):457-465.
- Gowland C, deBruinH, Basmajian JV, et al. Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke. *Phys Ther*. 1992;72(9):624-633.
- Hammond MC, Kraft GH, Fitts SS. Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm. *Arch Phys Med Rehabil*. 1988;69(2):106-110.
- Hummelsheim H, Amberg S, Mauritz KH. The influence of EMG-initiated electrical muscle stimulation on motor recovery of the centrally parietic hand. *Europ J Neurol*. 1996;3:245-254.
- Jones RD, Donaldson IM, Parkin PJ. Impairment and recovery of ipsilateral sensory-motor function following unilateral cerebral infarction. *Brain*. 1989;112(1):113-132.
- Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: Mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70(2):144-155.
- Kupa EJ, Roy SH, Kandarian SC, et al. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *J Appl Physiol*. 1995;79(1):23-32.
- Lassek AM. *The Unique Legacy of Doctor Hughlings Jackson*. Springfield, Charles C Thomas, 1970.
- Lindstrom L, Petersen I. Power Spectra of Myoelectric Signals: Motor unit activity and muscle fatigue. In: Stalberg E, Young, RR, eds. *Clinical Neurophysiology*. Boston, Butter-Worth, 1981.
- Linssen WH, Stegeman DF, Joosten EM, et al. Fatigue in type I fiber predominance: A muscle force and surface EMG study on the relative role of type I and type II muscle fibers. *Muscle Nerve*. 1991;14(9):829-837.
- McComas AJ, Sica RE, Upton AR, et al. Functional changes in motoneurons of hemiparetic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1973;36(2):183-193.

- Merletti R. Surface electromyography: Possibilities and limitations. *J Rehabil Sci.* 1994;7:24-34.
- Miller GJT, Light KE. Strength training in spatic hemiparesis: Should it be avoided? *Neuro Rehabilitation.* 1997;9:17-28.
- Newham DJ, Hsiao SF. Knee muscle isometric strength, voluntary activation and antagonist co-contraction in the first six months after stroke. *Disabil Rehabil.* 2001;23(9):379-386.
- O'Dwyer NJ, Ada L, Neilson PD. Spasticity and muscle contracture following stroke. *Brain.* 1996;119(5):1737-1749.
- Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function.* New York, Mcgraw-Hill. 1992.
- Pomeroy VM, Tallis RC. Need to focus research in stroke rehabilitation. *Lancet.* 2000;355:836-837.
- Powers RK, Rymer WZ. Effects of acute dorsal spinal hemisection on motoneuron discharge in the medial gastrocnemius of the decerebrate cat. *J Neurophysiol.* 1988;59(5):1540-1556.
- Riley NA, Bilodeau M. Changes in upper limb joint torque patterns and EMG signals with fatigue following a stroke. *Disabil Rehabil.* 2002;24(18):961-969.
- Rosenfalck A, Andreassen S. Impaired regulation of force and firing pattern of single motor units in patients with spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1980;43(10):907-916.
- Rothwell J. *Control of Human Voluntary Movement.* 2nd ed. London, Chapman & Hall, 1994.
- Sadoyama T, Masuda T, Miyata H, et al. Fibre conduction velocity and fibre composition in human vastus lateralis. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;57(6):767-771.
- Sahrman SA, Norton BJ. The relationship of voluntary movement to spasticity in the upper motor neuron syndrome. *Ann Neurol.* 1977;2(6):460-465.
- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: Effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1231-1236.
- Svantesson UM, Sunnerhagen KS, Carlsson US, et al. Development of fatigue during repeated eccentric-concentric muscle contractions of plantar flexors in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(10):1247-1252.
- Tang A, Rymer WZ. Abnormal force-EMG relations in paretic limbs of hemiparetic human subjects. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1981;44(8):690-698.
- Toffola ED, Sparpaglione D, Pistorio A, et al. Myoelectric manifestations of muscle changes in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(5):661-665.
- Westbury JR, Shaughnessy TG. Associations between spectral representation of the surface electromyogram and fiber type distribution and size in human masseter muscle. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1987;27(6-7):427-435.
- Wiegner AW, Wierzbicka MM, Davies L, et al. Discharge properties of single motor units in patients with spinal cord injuries. *Muscle Nerve.* 1993;16(6):661-671.
- Yusevich YS. The significance of "global" electromyography for analysing the pathological mechanisms of spastic paralysis. *Electromyography.* 1968;8(2):135-157.
- Zajac FE, Faden JS. Relationship among recruitment order, axonal conduction velocity, and muscle-unit properties of type-identified motor units in cat plantaris muscle. *J Neurophysiol.* 1985;53:1303-1322.

논문접수일	2005년 11월 24일
-------	---------------

논문게재승인일	2006년 1월 5일
---------	-------------