

뇌졸중 환자의 비마비측 슬관절 등척성 수축시 각도와 운동 방향이 마비측 대퇴사두근 활성화도에 미치는 영향

기경일

보니파시오요양병원 물리치료실

김선엽, 오덕원, 최종덕

대전대학교 보건스포츠과학대학 물리치료학과

김경환

대구대학교 대학원 재활과학과

Abstract

Effects of Angle and Direction of Maximal Isometric Contraction of Non-Hemiparetic Knee on Electromyographic Activity of Hemiparetic Quadriceps Femoris in Patients With Stroke

Kyong-il Ki, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Bonifacio Hospital

Suhn-yeop Kim, Ph.D., P.T.

Duck-won Oh, Ph.D., P.T.

Jong-duk Choi, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Sports Science, Daejeon University

Kyung-hwan Kim, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Science, The Graduate School, Daegu University

To develop effective training methods for strengthening a weakened quadriceps femoris muscle in hemiplegic patients, we examined the effects of maximal isometric contraction of the nonparalyzed knee joint on the electromyographic activities of the paralytic muscle. An electromyogram (EMG) was used to record the electromyographic activities of the paralytic quadriceps femoris muscle in 27 hemiplegic patients. The maximal isometric contraction was measured for each subject to normalize the electromyographic activities. The maximal isometric extension and flexion exercises were randomly conducted when the knee joint angles of the nonparalyzed knees were 0°, 45°, and 90°. The patients were encouraged to maintain maximal isometric contractions in both knee joints during each measurement, and three measurements were taken. A one-minute rest interval was given between each measurement to minimize the effects of muscle fatigue. An average from the three values was taken as being the root mean square of the EMG and was recorded as being the maximal isometric contraction. The electromyographic activity obtained for each measurement was expressed as a percentage of the reference voluntary contraction, which was determined using the values obtained during the maximal isometric contraction. The results of this study are summarized as follows: First, when the knee joint angle of the nonparalyzed knee was 0°, the electromyographic activities of the paralytic medial aspect of rectus femoris were related to measurement by a maximal isometric flexion exercise than by an extension exercise ($p < .05$). Second, when the knee joint angle of the nonparalyzed knee was 90°, the electromyographic activities of the paralytic lateral aspect of

rectus femoris were related to measurement by a maximal isometric flexion exercise than by an extension exercise ($p<.05$). The results show that myoelectrical activities of paralytic quadriceps were not related to measurement angles and exercise directions of the nonparalyzed knee joint. Studies on various indirect intervention to improve muscular strength of patients with nervous system disorders of the weakened muscle should be constantly conducted.

Key Words: Cross education; Electromyographic activities; Hemiplegic patient; Isometric exercise; Quadriceps femoris muscle.

I. 서론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 비대칭적인 자세, 균형 반응의 장애, 보행 능력의 저하와 섬세한 기능을 수행하는 운동능력 상실 등과 같은 문제점들은 일상생활 활동에 있어서 비효율적인 생활방식을 갖게 하여 건강을 악화시키는 주원인이 된다(Carr 등, 1985). 따라서 편마비 환자의 신체 기능 손상 및 활동의 제한으로 인한 문제점을 최소화시켜 가정 및 지역사회에서의 독립적인 일상생활을 영위할 수 있도록 하기 위한 의학적 관심이 요구되고 있으며, 다양한 전문분야에서 치료적 접근이 이루어지고 있다(Pomeroy와 Tallis, 2000).

중추 신경계 손상으로 인한 기능적인 문제를 가지고 있는 편마비 환자에게 적용하는 치료적 접근 방법 중 하나인 근력 강화 운동은 강직을 유발하여 불필요한 연합 반응을 증가시키기 때문에 강직을 억제하기 위하여 근력 강화 운동을 금기시 하였다(Harris, 2001; Knutsson과 Mårtensson, 1980). 하지만, 최근 박형기(2006)는 슬관절에 적용한 근력 강화 운동이 상지의 연합 반응에 미치는 영향을 알아본 결과, 하지에 실시한 근력 강화 운동은 상지의 연합 반응과는 관련성이 없었다고 보고하였다. Engardt 등(1995)도 마비측 하지의 근력 약화는 보행 능력의 주된 제한요소이기 때문에 근력 강화 운동의 중요성을 강조하였다. 또한, 편마비 환자의 기능 회복을 위해 약화된 근육들에 대한 집중적인 근력 강화 운동은 필수적이라고 하였다(Bohannon과 Walsh, 1992; Sharp과 Brouwer, 1997). 따라서 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 재활훈련에 있어서 우선적으로 해결해야 할 과제는 일반인과 비교하였을 때 상대적으로 약화된 근력이며(Damiano와 Abel, 1998), 임상적으로 근력 측정은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들의 기능 회복을 예측하는데 기초가 되는 매우 중요한 항목 중 하나이다(Bohannon과 Walsh, 1992).

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 근력 강화를 위한 운동

의 효과는 지속적으로 연구되어왔고, 그 중에서도 일어서기, 균형 그리고 보행에 있어서 대퇴사두근과 관련된 연구가 많이 진행되어 왔다(Clark 등, 2006; Flansbjerg 등, 2006). 대퇴사두근은 슬관절 신전 시 주동근이며, 선 자세에서나 보행 시 하지의 안정성을 제공하는데 매우 중요한 근육이다(한상완, 2004). 따라서 대퇴사두근의 약화를 방지하고, 이미 약화된 대퇴사두근의 근력을 향상시키는 것은 재활훈련 프로그램의 중요한 목표 중 하나이다. 대퇴사두근의 근력을 향상시키기 위해 주로 이용되는 운동 방법으로는 대퇴사두근의 등척성 운동(isometric exercise)과 하지 거상 운동(straight leg raising) 그리고 슬관절 신전 마지막 범위에서의 운동(short-arc terminal knee extension) 등이 있었다(Miller 등, 1997; Soderberg와 Cook, 1983).

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 근력 증가를 위한 간접적인 접근법으로 최근 교차 운동(cross education)이 많이 이용되고 있다. 교차 운동이란 신체 한쪽 부위에서 적용된 근력 강화 운동이 다른 신체 부위의 근력에 영향을 미치는 현상을 치료적 목적으로 이용한 운동을 말한다(Hortobágyi 등, 1999; Zhou, 2000). 교차 운동은 근력과 관련된 중요한 생리학적 요인이기 때문에 최근 이와 관련된 연구들이 계속 진행되고 있다(Carroll 등, 2006). 김경환 등(2006)은 20대의 건강한 성인 남녀를 대상으로 실시한 근전도 연구에서 상지에 적용한 저항운동이 반대측 하지의 근활성도를 증가시킨다고 보고하였으며, 이문규 등(2009)은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자를 대상으로 비마비측 하지에 적용한 운동이 마비측 상지의 근활성도를 간접적으로 증가시킨다고 하였다. 이처럼 최근 국내·외에서 교차 운동을 주제로 한 연구들이 진행되고 있지만, 편마비 환자의 양측 하지를 대상으로 적용한 실험은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 약화된 마비측 대퇴사두근의 근력 강화를 효과적으로 운동시킬 수 있는 방법을 제시하기 위해 편마비 환자를 대상으로 비마비측 슬관절의 최대 등척성 운동 방법을 각도에 따라 적용하

여 마비측 슬관절 대퇴사두근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보려고 시도하였다. 위의 연구 목적을 규명하기 위하여 다음과 같은 가설을 설정하였다. 첫째, 비마비측 슬관절의 등척성 수축시 운동 각도에 따라 마비측 대퇴사두근의 근활성도에 차이가 있을 것이다. 둘째, 비마비측 슬관절의 등척성 수축시 운동 방향에 따라 마비측 대퇴사두근의 근활성도에 차이가 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 실험은 2009년 8월부터 2009년 10월까지 대전광역시 B 요양병원에서 실시하였다. 연구대상자는 뇌졸중 진단 후 6개월 이상인 편마비 환자 중 본 연구의 목적과 내용을 이해하고 실험에 참여하기로 동의한 사람으로서, 아래와 같은 선정 기준을 만족하는 총 27명의 환자를 대상으로 하였다. 연구대상자의 선정 기준은 근골격계 질환이나 심혈관계 질환이 없는 자, 하지 관절의 수동적 관절가동범위에 제한이 없는 자, 도수 근력 검사(manual muscle testing; MMT) 결과가 가(poor) 이상인 자, 마비측 하지의 강직 등급 척도(modified ashworth scale; MAS) 검사 결과가 1+ 등급 이하인 자, 한국판 간이 정신 상태 검사(Mini-Mental State Examination-Korea; MMSE-K) 결과가 24점 이상(Masiero 등, 2007)으로 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 수행할 수 있는 자를 대상으로 선정하였다.

2. 측정도구

대퇴사두근의 근활성도 측정을 위해 근전도 장비 QEMG-4¹⁾를 사용하였고, 수집된 자료의 분석은 근전도 소프트웨어 Telescan 2.89(Laxtha, Korea)를 사용하였다. 표면전극은 Ag/AgCl 재질의 일회용 전극²⁾을 사용하였고, 표본 추출률(sampling rate)은 1024 Hz로 하였으며, 근전도 신호는 1785배로 증폭되었고, 대역통과(band-pass) 필터는 20~450 Hz, 노치(notch) 필터는 60 Hz로 처리하였다. 측정 시 피부 저항을 줄이기 위해서 마비측 측정부위의 체모를 면도기로 제거하고, 의료용 알코올 솜으로 깨끗이 닦은 후 전극 배치를 하였다.

전극 부착부위는 다음과 같다. 대퇴직근(rectus femoris)의 내측부는 전상장골극(anterior superior iliac spine)에서 슬개골의 상극점(superior pole)까지 거리의 중간인 1/2인 지점에서 내측 2.5 cm 부위, 외측부는 외측 2.5 cm 부위, 내측광근(vastus medialis)은 슬관절의 등척성 신전 수축 시 보이는 근육(muscle belly) 부위, 외측광근(vastus lateralis)은 전자간선(intertrochanteric line)의 아랫부분에서 슬개골의 상극점까지 거리의 원위부에서 2/3인 부위에 4cm 너비의 표면 전극을 각각의 근섬유와 같은 방향으로 본 실험의 연구자가 직접 부착하였다(Cram 등, 1998)(그림 1). 접지(ground) 전극은 마비측 하지의 비골(fibula)의 외과(lateral malleolus)에 부착하였다. 근전도 신호 측정 시간은 5초였으며, 초기 1초와 마지막 1초 값을 제외한 중간 3초 동안의 평균값을 자료 값(Hung과 Gross, 1999)으로 이용하였다. 측정된 근전도 자료는 제곱평균제곱근법(root mean square; RMS)을 근활성도 값으로 기록하였다. 모든 실험에서 수집된 근활성도 자료는 정량화하기 위하여 %MVIC(maximal voluntary isometric contraction)로 정규화(normalization) 하였다(Cram 등, 1998).

3. 측정방법

실험 자세는 등받이가 있는 종합 운동기³⁾에 스트랩을 이용하여 체간과 골반을 견고하게 고정한다. 다음, 비마비측 손으로 마비측 손을 잡게 하였으며, 발은 지면에서 닿지 않은 높이의 얇은 자세에서 실시하였다. 근활성도 변화량 비교를 위한 표준화 과정으로 실험 전 MVIC를 실험 자세와 동일한 자세에서 마비측 슬관절 90° 고정 상태에서 비마비측 슬관절을 자연스럽게 두고 3회 반복 측정하였고 그 평균값을 측정값으로 정하였다. 본 실험은 비마비측 슬관절을 0°, 45°, 90°로 변화를 주어 고정한 후 최대 등척성 신전과 굴곡 운동을 각각 실시하였으며, 동시에 마비측 슬관절은 90° 고정된 상태에서 최대 등척성 신전 운동을 시키고 이때 발생하는 대퇴사두근의 근활성도를 측정하였다. 모든 실험은 각 3회 반복 측정하였으며, 운동 각도에 대한 영향을 최소화하기 위해 실험 순서를 무작위로 배정하여 실시하였다(그림 2). 양측 슬관절에서 최대 등척성 수축이 5초 동안 지속적으로 유발되도록 연구보조자가 구두로 지시하였으며, 각 실험 사이에 1분간의 휴식 시간을 주었다(Karst와 Jewett, 1993; Laprade 등, 1998).

1) LXM3204, Laxtha, Daejeon, Korea.

2) Electrode 2237, 3M, Ontario, Canada.

3) Mult Exercise N-K Type, Daeho Enterprise, Incheon, Korea.

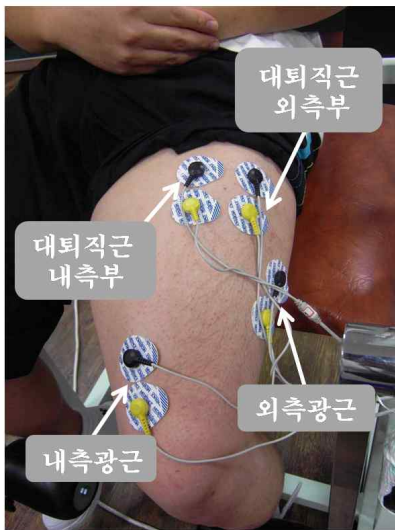


그림 1. 표면 전극 부착 부위.

4. 자료분석

자료처리는 윈도우용 SPSS ver. 12.0 통계 프로그램을 사용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성과 의학적 특성은 빈도분석과 기술통계를 실시하였으며, 비마비측 슬관절의 측정 각도와 운동 방향에 따른 최대 등척성 운동 시 마비측 슬관절 대퇴사두근의 근활성도(%MVIC)를 비교하기 위해 반복 측정에 의한 이요인 분산 분석(two-way repeated ANOVA)을 실시하였다. 분산분석 결과 유의한 차이가 있을 경우 사후검정을 위해 다중비교 Bonferroni 검정을 실시하였다. 비마비측 슬관절의 각도별 최대 등척성 신전 운동과 굴곡 운동 시 마비측 슬관절 대퇴사두근의 근활성도(%MVIC)를 비교하기 위해 짝비교 t-검정을 실시하였다. 통계적 유의성을 분석하기 위해 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자는 남자 18명, 여자 9명이었다. 전체 연구

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=27)

성별	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	신체질량지수(kg/m ²)
남자(n ₁ =18)	46.3±8.6 ^a	171.4±4.7	75.3±8.7	25.7±3.1
여자(n ₂ =9)	59.4±9.0	150.2±3.7	53.2±5.2	23.7±1.8

^a평균±표준편차.

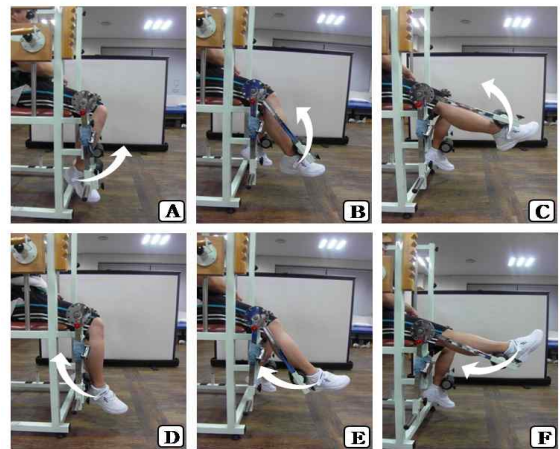


그림 2. 비마비측 슬관절의 각도 별 최대 등척성 운동 방법(A: 90° 신전, B: 45° 신전, C: 0° 신전, D: 90° 굴곡, E: 45° 굴곡, F: 0° 굴곡).

대상자의 평균 연령은 남자 46.3세, 여자 59.4세이었다. 평균 신장은 남자 171.4 cm, 여자 150.2 cm이었다. 평균 체중은 남자 75.3 kg, 여자 53.2 kg이었다. 평균 신체질량지수(body mass index; BMI)는 남자 25.7 kg/m², 여자 23.7 kg/m²이었다(표 1).

2. 연구대상자의 의학적 특성

뇌경색으로 인한 편마비 환자가 9명, 뇌출혈이 18명이었으며, 마비부위는 좌측 편마비가 15명, 우측 편마비가 12명이었다. 마비측 슬관절의 강직 등급 척도(modified Ashworth scale; MAS) 검사 결과, 0등급이 14명이었고 1등급이 9명 그리고 1+등급은 4명이었다. 마비측 슬관절 신전근의 도수 근력 검사 결과, 가(poor) 등급이 5명이었고 양(fair) 등급이 10명 그리고 우(good) 등급은 12명이었다. 유병기간은 평균 26.1개월이었으며, 한국판 간이정신상태 검사(Mini-Mental State Examination-Korea; MMSE-K) 결과 평균 27.0점이었다(표 2).

3. 비마비측 슬관절의 각도와 운동 방향에 따른 대퇴사두근의 근활성도 비교

가. 마비측 대퇴직근 내측부의 근활성도 비교

비마비측 슬관절의 신전방향으로 등척성 운동 시 슬관절 45° 굴곡 자세에서 95.50%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 91.38%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$)(표 3). 비마비측 슬관절의 굴곡방향으로 등척성 운동 시 슬관절 90° 굴곡 자세에서 101.75%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 100.03%MVIC로 가장 낮았으나 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 세가지 운동 각도에 대한 대퇴직근 내측부의 근활성도에 미치는 주효과($F=1.348, p>.05$)와 굴곡과 신전 운동 방향에 대한 주효과($F=3.049, p>.05$)를 분석한 결과, 각각 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 운동 각도와 운동 방향 간에 상호작용도 나타나지 않았다($F=3.086, p>.05$). 비마비측 슬관절의 0° 자세와 90°

굴곡 자세에서는 신전방향의 등척성 운동 시보다 굴곡방향의 등척성 운동 시 유의하게 높았으며($p<.05$), 슬관절 45° 굴곡 자세에서는 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

나. 마비측 대퇴직근 외측부의 근활성도 비교

비마비측 슬관절의 신전방향으로 등척성 운동 시 슬관절 45° 굴곡 자세에서 108.69%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 103.17%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 굴곡방향으로 등척성 운동 시 슬관절 90° 굴곡 자세에서 101.29%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 96.82%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 세가지 운동 각도에 대한 대퇴직근 외측부의 근활성도에 미치는 주효과($F=.807, p>.05$)와 굴곡과 신전 운동 방향에 대한 주효과($F=1.879, p>.05$)를 분석한 결과, 각각 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 운동 각도와 운동 방향 간에 상호작용도 나타나지 않았다($F=.074, p>.05$).

표 2. 연구대상자의 의학적 특성

(N=27)

뇌졸중 유형	마비부위		강직 등급 척도(슬관절)			도수 근력 검사(슬관절)			유병기간 (개월)	MMSE-K ^a (점)	
	뇌경색	뇌출혈	좌측	우측	0 등급	1 등급	1+ 등급	가 (poor)			양 (fair)
9(33) ^b	18(67)	15(56)	12(44)	14(52)	9(33)	4(15)	5(19)	10(37)	12(44)	26.1±12.9 ^c	27.0±2.4

^aMini-Mental State Examination-Korea. ^b명(%). ^c평균±표준편차.

표 3. 비마비측 슬관절 각도와 운동 방향에 따른 마비측 대퇴사두근의 근활성도(%MVIC) 비교

(N=27)

마비측 근육	비마비측 슬관절 운동	비마비측 슬관절 각도			F
		0°	45°	90°	
대퇴직근 내측부	신전	91.38±21.57 ^a	95.50±17.35	91.39±17.04	2.805
	굴곡	100.03±21.51	100.73±20.45	101.75±17.68	.138
	t	-2.903*	-1.619	-3.168*	
대퇴직근 외측부	신전	103.17±19.32	108.69±29.43	106.01±31.03	1.503
	굴곡	96.82±18.38	96.09±18.23	101.29±21.90	1.501
	t	1.626	1.963	.677	
내측광근	신전	98.61±25.55	105.22±32.36	101.74±31.05	1.474
	굴곡	87.32±22.76	88.76±23.84	91.19±21.68	.585
	t	2.029	2.128	1.288	
외측광근	신전	101.43±20.83	106.17±29.96	101.94±30.67	1.457
	굴곡	91.71±19.92	90.76±19.05	92.09±19.35	.135
	t	1.898	1.993	1.245	

^a평균±표준편차, * $p<.05$.

다. 마비측 내측광근의 근활성도 비교

비마비측 슬관절의 신전방향으로 등척성 운동 시 슬관절 45° 굴곡 자세에서 105.22%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 98.61%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 굴곡방향으로 등척성 운동 시 슬관절 90° 굴곡 자세에서 91.19%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 87.32%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 세가지 운동 각도에 대한 내측광근의 근활성도에 미치는 주효과($F=1.431, p>.05$)와 굴곡과 신전 운동 방향에 대한 주효과($F=3.804, p>.05$)를 분석한 결과, 각각 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 운동 각도와 운동 방향 간에 상호작용도 나타나지 않았다($F=.015, p>.05$).

라. 마비측 외측광근의 근활성도 비교

비마비측 슬관절의 신전방향으로 등척성 운동 시 슬관절 45° 굴곡 자세에서 106.17%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 0° 자세에서 101.43%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 굴곡방향으로 등척성 운동 시 90° 굴곡 자세에서 92.09%MVIC로 가장 높았고, 슬관절 45° 굴곡 자세에서 90.76%MVIC로 가장 낮았으나, 통계학적 유의성은 없었다($p>.05$). 비마비측 슬관절의 세가지 운동 각도에 대한 외측광근의 근활성도에 미치는 주효과($F=.488, p>.05$)와 굴곡과 신전 운동 방향에 대한 주효과($F=4.075, p>.05$)를 분석한 결과, 각각 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 운동 각도와 운동 방향 간에 상호작용도 나타나지 않았다($F=2.785, p>.05$).

비마비측 슬관절의 운동 방향에 따른 운동 각도별 각 근육의 근활성도에 차이가 있는가를 알아보기 위해 반복측정에 의한 이요인 분산분석을 실시한 결과, 슬관절의 운동 방향과 측정 각도 간에는 상호작용이 없는 것으로 나타났다.

IV. 고찰

편마비 환자의 기능 회복을 위해 우선적으로 해결해야 될 문제는 일반인에 비해 상대적으로 약화된 근력이다. 따라서, 근력을 향상시키기 위한 방법으로 도수나 기계 등을 이용하여 적용된 외부의 힘에 대해 동적 혹은 정적인 근수축을 일으키는 저항 운동은 재활 프로그램의 필수적인 요소 중 하나이다(Damiano와 Abel,

1998). 등척성 운동 방법은 근육의 길이 변화나 관절의 움직임 없이 장력과 힘이 발생하는 근수축 기전을 이용한 정적인 저항 운동 방법이다(Kisner와 Colby, 2007).

대퇴사두근의 등척성 수축은 일상생활활동의 다양한 환경에 대한 인체의 자세를 유지하는 능력에 필수적인 요소이다(McGill과 Cholewicki, 2001). 따라서, 임상에서 뇌졸중 환자의 기능 회복을 위해 대퇴사두근의 근력 증진은 필수적이며, 이를 효과적으로 훈련하기 위해 등척성 운동 방법을 많이 이용하고 있다. 많은 선행 연구에서 대퇴사두근은 슬관절의 각도에 따라 근육의 길이가 변하기 때문에 그로 인해 발생하는 근활성도에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. Haffajee 등(1972)과 Pocock(1963)은 슬관절의 다양한 각도에서 등척성 수축을 적용한 후 근활성도를 측정하고 슬관절 90° 굴곡 자세에서 가장 높았다고 보고하였으며, Signorile 등(1995)은 슬관절 신전의 전 범위에서 내측광근과 외측광근의 근활성도가 증가한다고 하였다. 한상완(2004)은 대퇴사두근의 등척성 운동에서 슬관절 굴곡 각도가 커질수록 근활성도가 증가한다고 보고하였다.

일반적으로 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 기능 회복을 위하여 마비측에 직접적인 치료적 접근법들이 사용되고 있으나, 최근에는 국내·외의 많은 연구에서 간접적인 치료적 접근법으로 비마비측 등의 강한 신체부위를 이용하여 마비측에서의 기능 회복에 효과가 있음을 보고하였다(Hortobágyi 등, 1999; Zhou, 2000). Hellebrandt(1951)는 하나의 신체 부위에서 실시한 최대 저항운동은 운동하지 않은 다른 신체 부위의 근육에서도 활동을 유발한다고 보고하였으며, 이러한 근활동은 정상인과 마찬가지로 중추 신경계 손상 환자에게도 일어난다고 하였다. 최근 임상에서 간접치료의 개념은 교차 운동이라 불리며, 이러한 이론을 배경으로 최근 임상에서는 약화된 근활동이나 통증이 심한 부위에 근활동을 촉진하기 위한 목적으로 사용하고 있다(Adler 등, 2008). 교차 운동의 이론적 기초는 강한 신체 분절에서 발생한 근활성도의 증가는 운동 과흐름(motor overflow)으로 인하여 약한 신체 분절에 있는 근활성도를 증가시킨다는 개념이다(Hellebrandt, 1958; Kabat, 1952). 교차 운동의 기전은 대뇌피질과 뇌간 수준에서 적응(adaptation)해 중재된다는 전통적 견해(Carr 등, 1994; Kristeva 등, 1991)와 척수 수준에서의 적응기전이라는 주장도 보고되고 있으나(Shima 등, 2002), 아직 교차 운동의 기전은 명확하게 밝혀져 있지 않다(Kisner와 Colby, 2007). 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive

neuromuscular facilitation)에서는 환자의 기능 촉진을 위한 방법 중 방산(irradiation) 현상을 이용한다. 방산에 대한 신경생리학적 개념은 치료 목적으로 강한 신체 부위에 적용한 저항의 강도나 시간의 증가에 따라 반응이 확산되어 약한 신체 부위가 강화된다고 정의하고 있다(Adler 등, 2008). 본 연구에서는 교차 운동과 방산 그리고 간접적인 치료의 선행 연구를 바탕으로 비마비측 슬관절의 각도 0°와 45° 그리고 90° 굴곡 자세에서 적용한 등척성 운동 방법에 따라 마비측 대퇴사두근의 근활성도를 비교하였다. 그 결과, 슬관절의 각도에 따라 대퇴사두근의 근활성도가 다양하게 나타났지만, 통계학적 유의성은 없었다.

일상생활활동에서 주로 하지는 보행이나 달리기와 같이 양측 하지를 서로 반대 방향으로 움직이는 형태를 갖는다(Enoka, 1988). 이와 같은 운동 형태는 교차 신전-굴곡 반사(cross extension-flexion reflex)에 의해 더 큰 근력을 발휘 할 수 있고, 반대측 상지와 하지에 부가적인 운동 효과를 얻을 수 있다(Kang 등, 1997; Kannus 등, 1992). 본 연구에서도 비마비측 슬관절의 0°와 90° 굴곡 자세에서 최대 등척성 굴곡 운동 시 신전 운동에서보다 마비측 대퇴직근 내측부의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다. 반대로 마비측 대퇴직근 외측부와 내측광근, 그리고 외측광근에서는 모두 굴곡 운동 시 신전 운동에서보다 근활성도가 높게 나타났지만, 통계학적 유의성은 없었다.

Hammond 등(1988)은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들을 대상으로 실시한 근전도 연구에서 근수축 개시 및 종료시간을 분석한 결과, 근수축 개시 및 종료시간이 대조군에 비해 현저히 지연되었다고 하였다. 또한 Canning 등(2000)과 Pisano 등(2000)은 편마비 환자의 기능 회복을 위한 운동 시 비마비측 길항근 및 협력근들의 비효율적인 협응적 반응으로 인해 비정상적인 동작을 수행한다고 하였다. 이러한 근거들은 본 연구에서 마비측 근활성도의 통계적 유의성이 나타나지 않았던 부분들에 영향을 미치게 되는 요인 중의 하나라고 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 대상자의 수가 27명으로 매우 적어 모든 편마비 환자들에게 일반화시키는 데 제한이 있을 것이며, 일회적 적용에 대한 결과 측정값으로 기간에 따른 근력 강화 운동에 의한 하지 운동 기능 운동이나 수행 평가와 관련된 연구결과의 재해석이 필요할 것이다. 또한 근전도 측정 시 마비측 슬관절 대퇴사두근의 근활성도를 단위 시간 내 측정하였기 때문에 편마비 환자의 사지간에 협응력 부족과 근수축 개시 시간의 차이

에 대한 부분을 고려할 수 없었다. 따라서 향후 연구에서는 대퇴사두근과 길항근인 슬딕근과의 관련성 및 근수축 개시 시점에 관한 연구가 필요할 것이라 사료되며, 교차 운동에 의한 근력 강화가 뇌졸중 환자의 일상생활활동의 수행 능력에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중으로 인하여 하지 기능장애를 가진 편마비 환자 27명을 대상으로 약화된 마비측 대퇴사두근의 근력 강화 운동 방법으로 이용되어지고 있는 교차 운동의 효과를 알아 보기 위해, 비마비측 슬관절의 수의적 최대 등척성 수축이 교차 현상으로 인한 마비측 대퇴사두근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, 마비측 대퇴직근 내측부의 근활성도가 비마비측 슬관절의 0° 자세와 90° 굴곡 자세에서 수의적 최대 등척성 굴곡 운동이 신전 운동 시보다 유의하게 증가함을 보였다. 그러나 마비측 대퇴사두근의 근활성도는 비마비측 슬관절의 운동 방향과 측정 각도 간에 상호작용은 없었다. 향후 근력의 약화가 있는 신경계 질환 환자의 근력 증진을 위한 다양한 간접적인 중재 행위에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

- 김경환, 박지원, 배성수. 편측상지에 적용된 고유수용성 신경근촉진법이 반대측 하지의 근활성도에 미치는 영향. 대한고유수용성신경근촉진법학회지. 2006;4(1):9-18.
- 박형기. 뇌졸중환자에서 슬관절 근력강화운동이 상지의 연합반응에 미치는 영향. 포천중문의과대학교 보건복지대학원, 석사학위 논문, 2006.
- 이문규, 김종만, 김원호. PNF 하지패턴이 뇌졸중 환자의 상지 근활성도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2009;21(1):1-7.
- 한상완. 단일관절운동과 복합관절운동시 슬관절 각도에 따른 대퇴사두근의 표면 근전도 비교 분석. 대한물리치료학회지. 2004;16(3):192-204.
- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An illustrated guide. 3rd ed. Heidelberg, Springer-Verlag, 2008:7-9.
- Bohannon RW, Walsh S. Nature, reliability, and pre-

- dictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(8):721-725.
- Canning CG, Ada L, O'Dwyer NJ. Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *J Neurol Sci.* 2000;176(1):45-56.
- Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, et al. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. *Phys Ther.* 1985;65(2):175-180.
- Carr LJ, Harrison LM, Stephens JA. Evidence for bilateral innervation of certain homologous motoneurone pools in man. *J Physiol.* 1994;475(2):217-227.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol.* 2006;101(5):1514-1522.
- Clark DJ, Condliffe EG, Patten C. Reliability of concentric and eccentric torque during isokinetic knee extension in post-stroke hemiparesis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(4):395-404.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Maryland, Aspen, 1998:360-366.
- Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(2):119-125.
- Engardt M, Knutsson E, Jonsson M, et al. Dynamic muscle strength training in stroke patients: Effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(5):419-425.
- Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med.* 1988;6(3):146-168.
- Flansbjerg UB, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(7):974-980.
- Haffajee D, Moritz U, Svantesson G. Isometric knee extension strength as a function of joint angle, muscle length and motor unit activity. *Acta Orthop Scand.* 1972;43(2):138-147.
- 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.
- Harris SR. Challenging myths in physical therapy. *Phys Ther.* 2001;81(6):1180-1182.
- Hellebrandt FA. Application of the overload principle to muscle training in man. *Am J Phys Med.* 1958;37(5):278-283.
- Hellebrandt FA. Cross education: Ipsilateral and contralateral effects of unimanual training. *J Appl Physiol.* 1951;4(2):136-144.
- Hortobágyi T, Scott K, Lambert J, et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. *Motor Control.* 1999;3(2):205-219.
- Hung YJ, Gross MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(2):93-102.
- Kabat H. Studies on neuromuscular dysfunction. XV. The role of central facilitation in restoration of motor function in paralysis. *Arch Phys Med.* 1952;33(9):521-533.
- Kang SW, Na YM, Moon JH, et al. Interlimb interaction and stabilization of contralateral leg in isokinetic knee evaluation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(5):497-500.
- Kannus P, Alosa D, Cook L, et al. Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg. A randomized, controlled study using isometric and concentric isokinetic training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;64(2):117-126.
- Karst GM, Jewett PD. Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther.* 1993;73(5):286-295.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: Foundations and techniques. 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 2007:167-180.
- Knutsson E, Mårtensson A. Dynamic motor capacity

- in spastic paresis and its relation to prime mover dysfunction, spastic reflexes and antagonist co-activation. *Scand J Rehabil Med.* 1980;12(3):93-106.
- Kristeva R, Cheyne D, Deecke L. Neuromagnetic fields accompanying unilateral and bilateral voluntary movements: Topography and analysis of cortical sources. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1991;81(4):284-298.
- Laprade J, Culham E, Brouwer B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(3):197-204.
- Masiero S, Avesani R, Armani M, et al. Predictive factors for ambulation in stroke patients in the rehabilitation setting: A multivariate analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2007;109(9):763-769.
- McGill SM, Cholewicki J. Biomechanical basis for stability: An explanation to enhance clinical utility. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(2):96-100.
- Miller JP, Sedory D, Croce RV. Leg rotation and vastus medialis oblique/vastus lateralis electromyogram activity ratio during closed chain kinetic exercises prescribed for patellofemoral pain. *J Athl Train.* 1997;32(3):216-220.
- Pisano F, Miscio G, Del Conte C, et al. Quantitative measures of spasticity in post-stroke patients. *Clin Neurophysiol.* 2000;111(6):1015-1022.
- Pocock GS. Electromyographic study of the quadriceps during resistive exercise. *J Am Phys Ther Assoc.* 1963;43:427-434.
- Pomeroy VM, Tallis RC. Need to focus research in stroke rehabilitation. *Lancet.* 2000;355(9206):836-837.
- 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.
- Shima N, Ishida K, Katayama K, et al. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86(4):287-294.
- Signorile JF, Kacsik D, Perry A, et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22(1):2-9.
- Soderberg GL, Cook TM. An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Phys Ther.* 1983;63(9):1434-1438.
- Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: Mechanisms of cross education. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000;28(4):177-184.

논문접수일 2010년 2월 16일

논문게재승인일 2010년 5월 5일