



한국운동역학회지, 2005, 제15권 1호, pp. 207-219
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 1, pp. 207-219

스텝 운동 기구를 사용한 운동 시 발의 위치가 하지 근육 활동에 미치는 영향 분석

채원식*(경북대학교)

ABSTRACT

Electromyographic Analyses of the effects of different foot positions during exercise on a stair-climbing machine

Chae, Woen-Sik*(Kyungpook National University)

W. S. CHAE. Electromyographic Analyses of the effects of different foot positions during exercise on a stair-climbing machine. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 1, pp. 207-219, 2005. The purpose of this study was to determine the effect of the foot rotation on the lower limb muscles. Fourteen subjects performed step-up/step-down at a cadence of 80 beats/min, exercises with the foot neutral, 35° internally rotated, and 35° externally rotated, respectively. For each variable, a one-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine whether there were significant differences between genders and among the eight types of jump. When a significant difference was found in jump type, post hoc analyses were performed using the Tukey procedure. A confidence level of $p < .05$ was used to determine statistical significance.

The results showed that significant changes in averaged IEMG values occurred with the internal rotation of the foot in the lateral gastrocnemius during the knee extension, and in the

이 논문은 2003년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2003-003-G00092)

* wshae@knu.ac.kr

semitendinosus during the knee flexion. During the knee extension, however, the internal rotation of the foot produced a significantly lower Averaged IEMG values than the neutral foot position in the medial gastrocnemius. The results also found that the peak IEMG activity of the rectus femoris during the knee extension for the external rotation of the foot was significantly higher than the corresponding values in the neutral position of the foot, while the intenal rotaion of the foot exhibited a significant difference with the neutral position of the foot in the semitendinosus during the knee flexion.

In general, the foot rotation position did not influence the average IEMG and Peak IEMG values of most muscles. The practice of adopting foot rotation to selectively strengthen individual muscles of the lower limb was not supported by this study. The external rotation of the foot produced high muscle activities in the quadriceps during the knee extension. For the knee extension, therefore, maintaining a laterally rotated position should be need for stable and comfortable position.

KEYWORDS: STEPPING EXERCISE, ELECTROMYOGRAPHY, FOOT POSITIONS

I. 서 론

최근 날씬하고 균형 잡힌 체형을 유지하려는 젊은 남녀에서부터 무리 없이 운동을 즐기려는 장년층에 이르기까지 헬스 인구가 폭넓게 증가하고 있다. 계단 오르기 운동은 같은 시간에 평지를 걷는 것보다는 10배, 수영보다는 2.5배, 테니스에 비해서는 1.5배, 달리기보다는 23%나 더 많은 열량을 소모시킨다(Bruno, 1995). 이러한 이유에 의해 스텝 운동기구 (stair-climbing machine)를 통한 유산소 운동은 체지방을 감소시켜 다리와 하복부 근육의 탄력성을 증진시켜주며 발목, 무릎, 대퇴부 관절의 유연성을 키워주며 심폐 순환 계통을 강화시켜줄 수 있다. 또한 대부분의 스텝 운동 기구는 개인의 체력조건에 맞게 운동량과 강도를 조절할 수 있어 트레이닝의 효과를 극대화 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

스텝 운동기구를 이용한 운동은 대퇴사두근과 둔부근, 슬건근과 같은 하지근의 근력 강화를 목적으로 가장 빈번히 사용되어지는 운동이지만 무릎관절에 이상이 있거나, 혹은 수술 후 치료적 재활 목적으로 스텝 운동기구를 사용하기 위해선 운동 시 특별한 주의가 필요 되어진다. 무릎 관절에 이상이 있는 환자가 정상인의 관절 가동 범위에서 높은 강도로 운동을 하게 하면 견딜 수 없는 정도의 과도한 부하가 관절에 발생되어 부상이 악화될 우려가 있으므로 신중히 실시되어야 할 것이다.

운동에 따른 부상은 인체가 견뎌 낼 수 있는 적정 운동 강도를 넘어선 무리한 운동을 실시함에 의해 생기며, 환자의 특성이 고려되지 않은 비과학적인 트레이닝 방법에 의해서 발생되어질 수 있다. 개인의 신체적 특성이 반영되어지지 않은 잘못된 운동 방법이나 자세로 지속적인 자극을 받으면 만성 질환이나 더 큰 부상이 유발되어질 수 있다. 특히 하지관절의 배열 상태가 올바르지 못한 상태에서 계단 오르기 운동을 지속하게 되면 하지관절에 과도한 부하가 발생되어지기 때문에 예상치 못한 결과가 초래되어질 수 있을 것이다.

해부학적으로 발의 내외측 회전이 경골의 회전을 유발시키며 경골의 회전은 경골 조면의 위치를 바꾸며 슬개골의 의해 제공되어지는 무릎관절의 안전성에 변화를 줄 수 있다. 결과적으로 이러한 안전성의 변화는 슬개골 자체의 배열 상태를 변화시킬 수 있으며, 특히 대퇴사두근이 수축할 시에는 슬개골의 위치변화가 더욱 현저해질 수 있을 것이다. 슬개골의 배열 상태가 가지는 생체역학적 중요성은 무릎 관절이 굴곡을 할 때, 슬개골과 대퇴골 사이의 접촉 면적에 변화가 생기며 이에 따라 관절에 미치는 압축력이 커진다는 사실이다. 일반적으로 계단을 오를 때 무릎관절에 발생되어지는 압축력은 몸무게의 3배정도이며 (Reilly & Martens, 1972), 관절에 발생되어지는 압축력이 커짐에 따라 무릎관절의 부상 빈도는 비례해서 증가할 것이다. 일반적으로 무릎관절의 굴곡과 신전에 따라 압축력이 변화되어지고, 특히 발의 내외측 회전에 의해 슬개골이 대퇴구 안에서 이상적인 배열 상태를 유지하지 못한다면 두 뼈 사이의 접촉 면적은 줄어들게 되며, 이로 인해 좁은 지역에 압축력이 분포되어져 부상 유발의 가능성이 높아질 수 있을 것이다. Zhang et al. (1999)은 경골의 외측 회전이 슬개골 외측부의 압축력을 비전형적으로 증가시킴을 발견했으며 이러한 비정상적인 압력분포가 슬대퇴관절의 부상을 유발시킨다고 보고하였다. 최근 Svoboda et al. (2002)은 직접적인 인체 해부 실험을 통해 경골의 내외측 회전이 발목 관절의 접촉 면적을 줄이며, 이에 따라 압축력이 유의하게 증가함을 밝혔다.

경골의 회전에 따른 근전도의 변화와 관련된 몇몇 선행연구들에 있어 Fiebert et al. (1992)은 경골의 내측회전에 의해 외측 슬개근의 활동이 줄어든다는 것을 보고하였다. Miller et al. (1997)은 하지의 외측 회전이 내측광근과 외측광근의 활동비를 줄여주는 것으로 보고하였으며 하지의 외측회전을 통해 슬개골의 잘못된 배열상태를 조절할 수 있다고 보고하였다. Willett et al. (1998)은 특정 근육이 발의 위치에 따라 변화됨을 밝혀 하지근육의 강화와 무릎 관절 재활 프로그램에 스텝 운동이 아주 유용하게 사용되어질 수 있음을 보고하였다.

위의 선행연구들을 통해 발의 내외측 회전이 하지근의 근육 활동정도에 영향을 미칠 것으로 사료되어진다. 특히 스텝운동기구를 치료적 재활운동의 목적으로 사용할 시에는 환자의 특성과 관절 유조직의 회복시기를 고려하여 적절한 강도로써 실시하여야 이상적인 결과를 얻을 수 있기 때문에, 본 연구를 통해 발의 내외측 회전이 하지근의 근육활동에 어떠한 영향을 미치는지를 밝혀 스텝운동기구를 통한 이상적인 재활 훈련의 방법을 모색하는데 있다. 본 연구의 목적은 근전도 분석을 통해 오른쪽 하지근육의 활동정도를 정량화하여, 스텝운동기구 운동 시 발의 내외측 회전이 오른쪽 하지근의 활동정도에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 하지 근육에 병력이 없는 활동적인 남녀 대학생 14명(22.2±2.1 yrs, 68.2±5.5 kg, 173.2±4.4 cm)을 대상으로 하였다.

2. 실험도구

본 연구에 사용되어진 실험도구는 다음에 제시한 <표 1>과 같다.

3. 실험과정

1) 실험장비의 배치

피험자의 오른쪽 하지에 표면전극을 부착하여 근전도 측정기구에 연결시키고 하지 신전과 굴곡 동작 시 정확한 이벤트, 구간 설정 및 동조를 위해 피험자의 우측 약 5 m의 거리에 비디오 카메라 (Panasonic AG 456)를 고정시켜 셔터 스피드 1/500초로 촬영하였다.

표 1. 실험 도구

Equipments	Model	Manufacture
Video camera	AG-456	Panasonic
EMG equipment	QEMG8	Laxtha Korea
Surface electrode collar	AG/AgCl 2223	3M Korea
EMG software	Telescan	Laxtha
동작분석 software	Kwon3D	Visol
스텝 운동 기구	Life Fitness 8500	Life Fitness
동조기기	자체제작	

2) 실험절차

(1) 발의 위치

실험 시 스텝 기구 발판에 놓여질 발의 위치는 중립, 내측, 외측 방향으로 이루어진다(그림 1). 발

의 위치는 발꿈치와 제 2지골의 방향에 의해 결정되어지며 중립 방향은 발꿈치와 제 2지골이 일직선으로 유지되어진 상태이며, 내·외측 방향은 중립방향에서 35° 내·외측으로 발이 회전되어진 상태이다.

(2) 근전도 실험절차

양질의 근전도 자료를 얻기 위해 면도기를 사용하여 피부 외피층의 털을 제거하는 사전준비 작업을 각 피험자에 실시하고 알코올을 사용하여 피부 표면을 세척한 후 피험자의 하지 오른쪽 다리의 대퇴직근

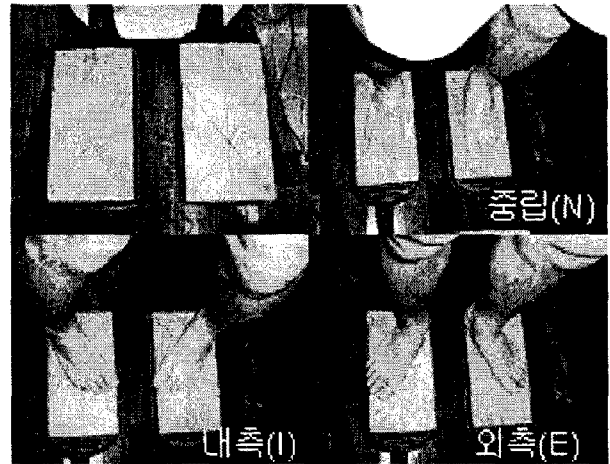


그림 1. 발의 위치

(Rectus femoris: R.F.), 내측광근 (Vastus medialis: V.M.), 외측광근 (Vastus lateralis: V.L.), 대퇴이두근 (Biceps femoris: B.F.)-장두, 반건양근(Semitendinosus: S.T.), 전경골근 (Tibialis anterior: T.A.), 외측비복근 (Lateral gastrocnemius: G.L.), 내측비복근 (Medial gastrocnemius: GM)에 표면 전극을 각각 부착하였으며 접지전극은 상전장골극에 부착하였다. 근전도 측정은 QEMG8 (Laxtha Korea, gain = 1,000, input impedance > 10¹²Ω, CMRR > 100dB, center-to-center distance= 4.5cm)을 사용하였으며 이때 샘플링 주파수는 1024 Hz로 설정하였다.

스텝 운동 전에 대퇴사두근과 슬건근의 최대 정적수축 근전도 값 (MVIC) 측정을 위해 무릎을 90° 굴곡시킨 상태에서 최대한의 힘을 발휘하여 굴곡과 신전 동작을 각각 3초간 실시하여 자료를 수집하였다. 또한 전경골근과 내외측 비복근의 최대정적수축 근전도값(MVIC) 측정을 위해 하퇴와 발등 사이각을 90°로 유지한 상태에서 배측 및 저측 굴곡을 각각 3초간 실시하여 자료를 수집하였다. 실험절차는 피험자를 스텝 운동 기구위에 올라서게 한 뒤 상체를 펴고 양손은 양쪽 허리를 잡게 한 상태에서 실시하였다(그림 2). 운동의 부하는 피험자의 체중을 반영한 최대의 운동 부하값 (레벨 20)으로 설정

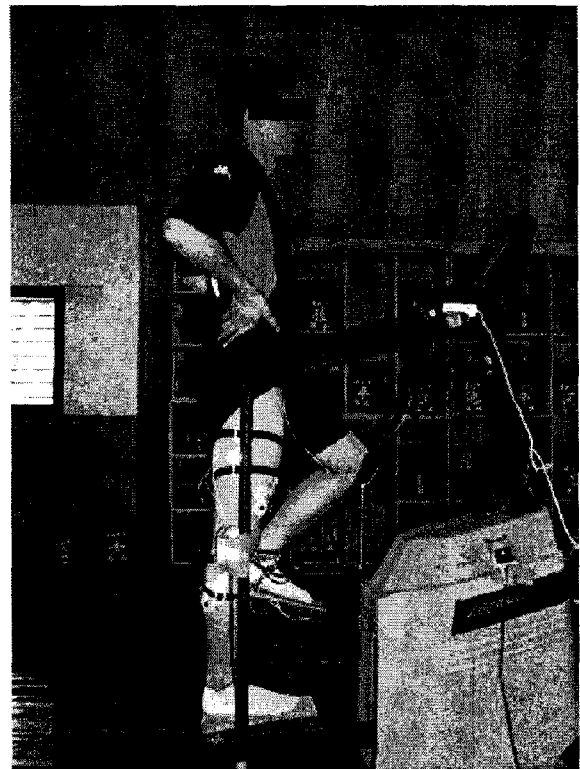


그림 2. 스텝 운동 시행

하였다. Life Fitness 8500 운동기구의 조작 순서는 운동 부하를 설정한 후 피험자의 체중을 입력 시키면 피험자의 체중에 적합한 최대의 운동 부하를 설정하여 준다. 피험자의 운동 속도를 통제하기 위해 디지털 메트로놈을 사용하여 80 비트/분의 속도로 스텝 운동 기구 위에서 신전과 굴곡 동작을 실시하였으며, 이때 스텝 운동 기구 발판에 놓여질 발의 위치는 무작위순에 의해 결정되어졌다. 피험자는 발을 내측, 중립, 외측회전 시킨 상태에서 45초간 자연스럽게 운동을 실시하며 연구자에 의해 근전도 측정 기구를 사용하여 마지막 5초간 자료를 수집하였다.

본 실험에서는 비디오 영상과 근전도 자료의 동조를 위해 이벤트 동조기기 (자체제작)을 이용하였다. 실제 동작 시기 시 이벤트 동조기기에 부착된 스위치를 눌러 비디오 카메라를 통해 기록된 발광다이오드 영상과 이와 동시에 동조기기와 연결된 근전도 데이터에 5 V의 전압이 기록되어져 이 두 신호가 발생된 순간을 기준으로 비디오 영상과 근전도 자료를 동조하였다.

3) 자료 분석

본 연구에서는 연구의 편의성을 위해 오른쪽 슬관절의 굴곡에서 최대 신전까지의 구간을 신전구간, 최대 신전에서 다음 굴곡까지의 구간을 굴곡구간으로 설정하였다. 근전도 신호는 Telescan program (Laxtha Korea)으로 분석하였으며 일차적으로 얻어진 원자료는 10 Hz의 고역 통과 필터와 350 Hz의 저역 통과 필터를 사용하여 필터링 한 후 전파 정류하였으며 이후 얻어진 적분 근전도 값을 아래에 제시되어진 방법에 의해 최대 수의적 정적 수축 근전도 값 (MVIC)을 사용하여 표준화시키고 평균 적분 근전도 값과 최대 적분 근전도 값을 계산하였다. 적분 근전도 값은 다음의 공식에 의해 얻어지며

$$\int_0^t |m(t)| dt$$

따라서 평균 적분 근전도 공식은 아래와 같다:

$$\frac{1}{T} \int_t^{t+T} |m(t)| dt$$

여기에서 T는 특정 동작 구간의 적분 시간이다.

표준화된 적분 근전도값은 아래의 공식에 의해 계산 되어진다:

$$nEMG = \frac{EMG}{EMG^{MVIC}}$$

여기에서 $nEMG$ 는 표준화된 적분 근전도 값, EMG 는 실제 실험 결과의 근전도 값, EMG^{MVIC} 는 최대정적 수축 근전도 값이다. 각 국면별 하지근의 평균 및 최대 적분 근전도를 구하여 발의 위치에 유의한 차가 있는지를 밝히기 위해 통계 프로그램 SPSS 10.0을 이용해 유의수준 .05에서 일원 분산 분석을 실시하였으며 통계적 유의성이 검증될 시 Tukey 방식을 통해 사후검증을 실시하였다.

Ⅲ. 결 과

신전구간에서의 평균 적분 근전도 값은 <표 2>와 <그림 3>과 같이 모든 조건에서 매우 유사한 형태의 근전도치를 보였지만, 일반적으로 내측광근, 대퇴이두근, 내측 비복근을 제외한 모든 근육에서 중립 위치의 발 위치 보다 내·외측 회전 시 높은 근육활동을 보였다. 특히, 외측 비복근의 경우 발의 내측 회전이 중립 위치 시 보다 통계적으로 유의하게 평균 적분 근전도 값이 높아진 것으로 나타났다.

<표 3>와 <그림 4>의 굴곡구간에서의 평균 적분 근전도 값을 살펴보면 대퇴사두근, 내측 비복근의 경우에는 중립 위치가 대퇴이두근은 외측 회전, 반건양근, 전경골근과 외측 비복근은 내측 회전 시 평균 적분 근전도 값이 가장 높게 나타난 것으로 나타났다. 전체적인 근전도 값은 신전구간의 평균 적분 근전도값과 마찬가지로 발의 위치와 관계없이 매우 유사한 형태를 보였다. 단 반건양근의 경우 발의 내측회전이 중립 위치에서 보다 유의하게 근전도치가 높게 나타났으나 이와는 반대로 내측비복근의 경우에는 내측회전이 중립 위치의 근전도치 보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 외측 비복근의 경우 발의 외측 회전이 중립 혹은 내측회전 보다 평균근전도치가 10% 정도 낮게 나타났으나 평균적분근전도 값에 통계적으로 유의한 차가 발견되지 않았다.

표 2. 신전 구간의 평균 적분 근전도 평균과 표준편차 (%MVIC)

Foot Position	RF	VL	VM	BF	ST	TA	GL	GM
N	28.1 (6.5)	40.1 (16.3)	37.5 (7.2)	15.5 (6.1)	14.6 (5.5)	14.1 (4.6)	35.2* (15.7)	36.4 (19.1)
I	29.1 (3.9)	44.3 (13.7)	36.7 (4.3)	14.2 (5.8)	15.9 (5.2)	15.0 (5.6)	37.6* (14.4)	35.4 (17.7)
E	29.0 (6.9)	46.0 (13.4)	40.4 (4.9)	16.2 (6.7)	14.7 (5.5)	15.1 (4.9)	35.1 (15.1)	35.5 (18.0)

Note : Significant difference between foot position N and I at * $p < 0.05$

중립(N), 내측회전(I), 외측회전(E), 대퇴직근(R.F.), 내측광근(V.M.), 외측광근(V.L.), 대퇴이두근 (B.F.)-장두, 반건양근(S.T.), 전경골근(T.A.), 외측비복근(GL), 내측비복근(GM).

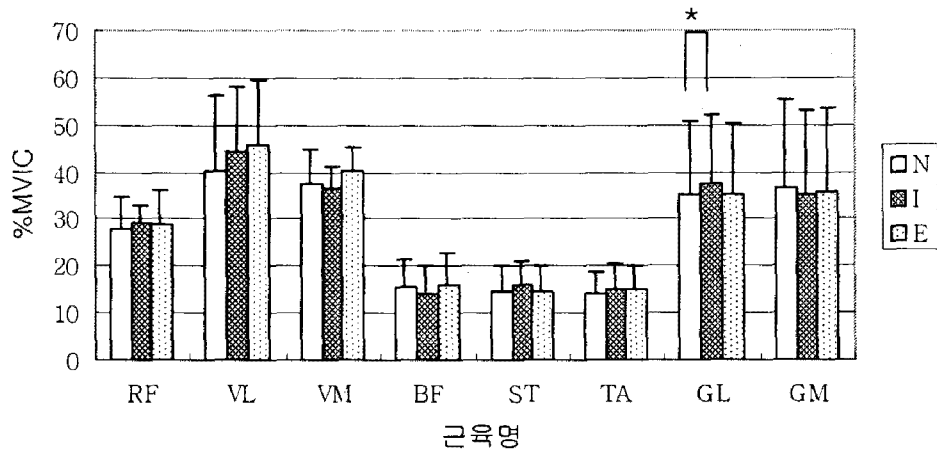


그림 3. 신전구간의 평균 적분 근전도값 (%MVIC)

표 3. 굴곡 구간의 평균 적분 근전도 평균과 표준편차 (%MVIC)

Foot Position	RF	VL	VM	BF	ST	TA	GL	GM
N	18.5 (3.8)	23.8 (11.3)	20.3 (7.4)	14.3 (5.7)	14.6* (5.2)	14.8 (4.1)	30.7 (15.8)	31.4* (19.2)
I	18.1 (4.2)	22.0 (7.8)	19.5 (8.69)	14.1 (5.8)	15.4* (5.7)	16.6 (16.6)	30.9 (15.8)	29.9* (18.0)
E	18.1 (3.9)	21.5 (6.6)	19.8 (6.5)	14.5 (5.8)	14.4 (5.5)	15.0 (15.0)	20.3 (15.3)	31.3 (18.7)

Note : Significant difference between foot position N and I at * p<0.05

중립(N), 내측회전(I), 외측회전(E), 대퇴직근(R.F.), 내측광근(V.M.), 외측광근(V.L.), 대퇴이두근(B.F.)-장두, 반건양근(S.T.), 전경골근(T.A.), 외측비복근(GL), 내측비복근(GM).

<표 4>와 <그림 5>에서 나타난 바와 같이 최대 적분 근전도 값에 있어서는 신전구간에서 슬관절 신전 주동근인 대퇴직근은 발이 중립 상태에서 보다 외측 회전 되어진 상태에서 스텝 운동 시 통계적으로 유의하게 높은 최대 적분 근전도치가 나타났다. 외측광근 및 내측광근은 내측 회전 되어진 상태에서 가장 높은 최대 적분 근전도치가 나타났으나 통계적으로 유의한 차는 나지 않았다. 반건양근에서는 내측 회전되어진 상태에서 스텝 운동 시 발의 중립 상태에서보다 통계적으로 유의하게 최대 적분 근전도치가 높게 나타났다. 발목 저축 및 배축 굴곡 주동근인 내외측 비복근 및 전경골근에 있어서는 발의 내측 회전 시 가장 높은 최대 적분 근전도 값이 나타났으며, 특히 외측 비복근은 발의 중립 상태에서 보다 내측회전 시 약 48% 정도 높은 최대 적분 근전도 값을 보였으며 두 조건에서의 최대 적분 근전도값은 통계적으로 유의한 차가 발견되었다.

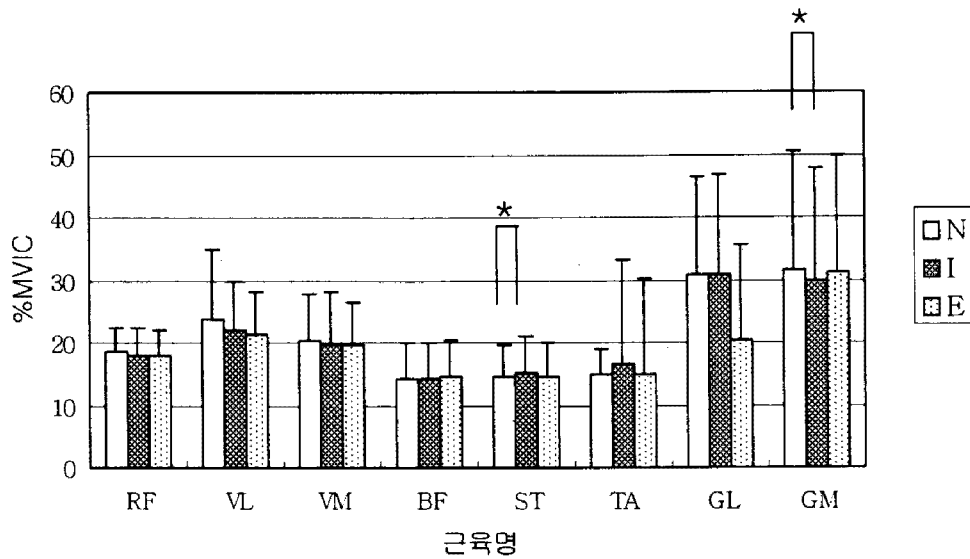


그림 4. 굴곡구간의 평균 적분 근전도값 (%MVIC)

표 4. 신전 구간의 최대 적분 근전도 평균과 표준편차 (%MVIC)

Foot Position	RF	VL	VM	BF	ST	TA	GL	GM
N	60.2* (13.5)	146.3 (86.9)	131.6 (64.7)	34.8 (19.1)	29.1* (11.2)	40.6 (15.1)	106.3* (53.0)	121.9 (68.8)
I	57.1 (13.4)	158.9 (71.7)	141.5 (42.1)	31.1 (18.3)	37.4* (11.3)	52.3 (24.6)	154.4* (59.7)	126.7 (62.4)
E	72.9* (19.9)	144.4 (55.2)	135.8 (33.8)	39.0 (20.8)	27.3 (10.2)	45.4 (26.0)	103.0 (48.6)	120.1 (66.6)

Note : Significant difference between foot position N and I, N and E at * p<0.05

중립(N), 내측회전(I), 외측회전(E), 대퇴직근(R.F.), 내측광근(V.M.), 외측광근(V.L.), 대퇴이두근 (B.F.)-장두, 반건양근(S.T.), 전경골근(T.A.), 외측비복근(GL), 내측비복근(GM).

<표 5>와 <그림 6>에 나타난 굴곡구간에서의 최대 적분 근전도 값에서는 반건양근을 제외한 모든 근육에서 발의 위치에 따른 최대 적분 근전도치의 유의한 차는 발견되지 않았다. 반건양근에 있어서는 신전구간과 마찬가지로 발이 중립 상태에서 스텝 운동 시 내측 회전 시 보다 통계적으로 유의하게 낮은 최대 적분 근전도치를 보였다. 일반적으로 내측회전 시 대퇴사두근의 최대 적분 근전도치가 다른 조건과 비교하여 최소의 근전도치를 보였지만 발의 위치에 따른 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 특히하게 내외측광근 및 내측 비복근에서 있어서 발의 중립 상태에서 가장 높은 최대 적분 근전도 값을 보였는데 이 역시 다른 조건과의 평균 비교에서 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

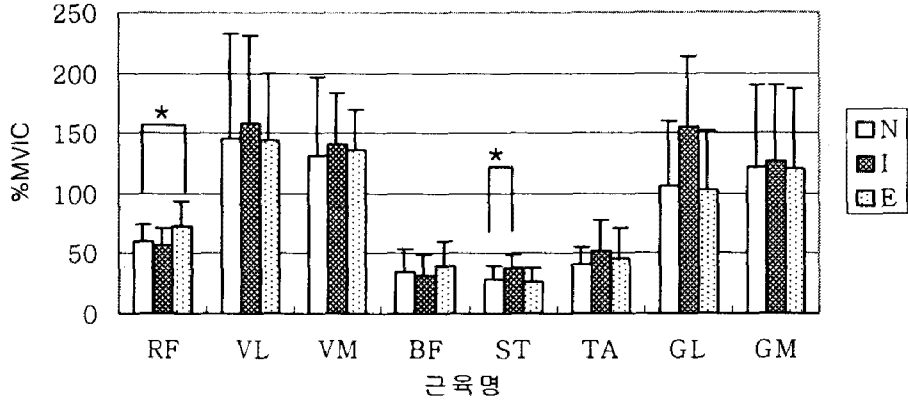


그림 5. 신전구간의 최대 적분 근전도값 (%MVIC)

표 5. 굴곡 구간의 최대 적분 근전도 평균과 표준편차 (%MVIC)

Foot Position	RF	VL	VM	BF	ST	TA	GL	GM
N	52.8 (10.7)	95.6 (52.8)	84.8 (37.4)	38.2 (16.0)	38.0* (12.5)	65.9 (27.5)	82.1 (43.1)	101.4 (59.3)
I	50.8 (13.4)	74.9 (20.4)	65.2 (19.4)	42.2 (22.0)	46.9* (16.1)	69.6 (21.8)	102.0 (63.4)	85.3 (48.7)
E	52.9 (11.0)	85.7 (34.3)	74.6 (29.2)	44.8 (22.7)	39.7 (15.9)	61.8 (30.1)	74.9 (36.6)	85.8 (54.5)

Note : Significant difference between foot position N and I at * p<0.05

중립(N), 내측회전(I), 외측회전(E), 대퇴직근(R.F.), 내측광근(V.M.), 외측광근(V.L.), 대퇴이두근 (B.F.)-장두, 반전양근(S.T.), 전경골근(T.A.), 외측비복근(GL), 내측비복근(GM).

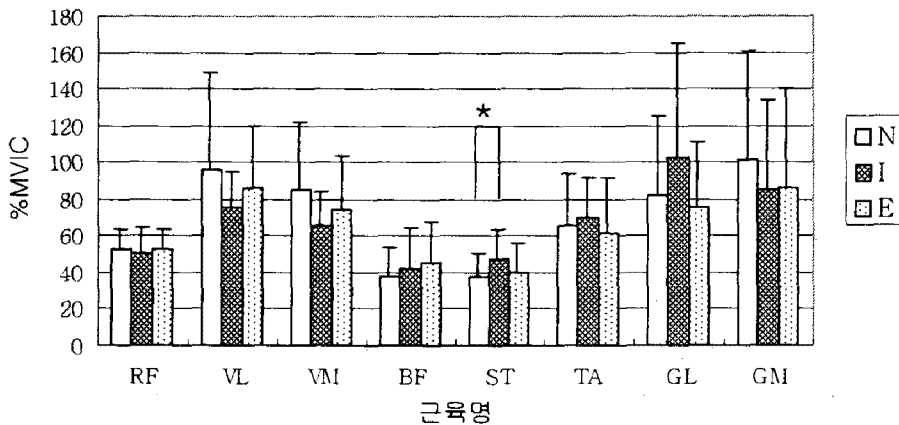


그림 6. 굴곡구간의 최대 적분 근전도값 (%MVIC)

IV. 논 의

본 연구의 결과를 살펴보면 신전구간에서 외측 비복근의 평균 적분 근전도값이 내측회전 상태에서 중립상태보다 통계적으로 유의하게 높은 근전도치가 발생되어졌다. 이러한 현상은 신전 동작시 수동적인 왼쪽 하지를 들어 올려 굴곡시키기 위해 오른쪽 하지에 강한 족저굴곡을 발생시켜야 하며 특히 발목을 내측으로 회전한 상태에서 족저굴곡을 시행하기 위해선 높은 외측 비복근의 활동이 동반되어야 할 것으로 판단되어진다. 굴곡 구간에서는 중립상태보다 내측회전 시 내측 비복근의 근전도치가 높게 발생되었다. 그러나, 반건양근의 경우에는 내측 비복근과 반대되는 현상이 나타났다. 굴곡 구간에서의 내측 비복근 활동 증가는 내측 회전된 왼발의 족저 굴곡에 의해 발생되어질 수 있는 회전력에 대한 신체의 균형 유지를 위해 굴곡 구간에서 내측 비복근의 활동이 증가하지 않았을까 사료되어진다. 굴곡 동작 시 주동근인 반건양근의 경우에는 안정되어진 중립상태에서 보다 높은 근육활동이 유발시킬 수 있었을 것으로 판단되어진다.

본 연구에서 대퇴이두근의 근전도치는 발의 내측회전에 따라 줄어들었으나 외측 슬건근인 반건양근의 값은 증가하는 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 결과는 경골이 중립 위치에 있을 때 내측 슬건근의 활동이 가장 높고 이에 반해 외측 슬건근의 경골이 내측 회전 되었을 때 최소의 근육활동을 보인다고 보고한 Fiebert et al. (1992)의 연구와 상반되는 결과로써, 아마도 Fiebert et al. (1992)의 연구에서는 등속성 운동기구를 사용하여 등척성 운동을 시행하였으며, 본 연구에서는 운동형태가 전혀 다른 동적인 폐쇄형 회로의 스텝 운동을 통해 얻은 결과이기 때문에 하지 분절의 근육활동 형태가 Fiebert et al. (1992)에 의해 보고되어진 결과와는 상반되게 나타나지 않았을까 판단되어진다.

Willett et al. (1998)의 연구에서는 특정 근육이 발의 위치에 따라 변화됨을 밝혀 하지근육의 강화와 무릎 관절 재활 프로그램에 스텝 운동이 아주 유용하게 사용되어질 수 있음을 보고하였지만, 이와 같은 결과는 본 연구의 결과 및 발의 회전 상태가 하지근의 근전도치에 아무런 영향을 미치지 못한다고 보고한 선행연구들 (Boyden et al., 2000; Hanten & Schulthies, 1990; Ninos et al. 1997)의 결과와 상반되어진다. 따라서, 본 연구의 결과에서 몇몇 근육을 제외하고는 발의 회전 상태가 근육 활동치와 근육 활동 형태에 직접적인 영향이 없는 것으로 밝혀졌기 때문에 스텝 운동 시 발의 위치 변화를 통하여 하지근육의 활동치를 조절하여 특정 근육군에 문제가 있는 환자들의 재활 훈련과 일반인들의 특정 근육을 강화 목적으로 발의 회전 상태를 변화시키는 방법을 사용할 수 있을 것이라는 가설이 적합하지 않는 것으로 사료되어진다. 본 연구에 의해 밝혀진 발의 내외측 회전동작이 근육의 활동에 미비한 변화를 유발 시키는 것은 발의 회전이 경골의 회전을 유발 시키며 이에 따라 무릎 및 슬관절의 작용 방향과 근육들의 근력 발현 벡터 방향에 변화가 유발되어 이러한 현상이 일어나는 것으로 판단되어진다. 비록 미비하지만 이러한 근육활동의 형태 및 양적 변화는 근육의 조정 및 협응 기능 향상 측면에 긍정적으로 작용되어질 것으로 판단되어진다.

Hirokawa et al. (1992)과 Signorile et al (1995)의 연구에 따르면 스쿼트 운동 시 신전구간에서는 경골의 외측 회전이 대퇴사두근의 근활동을 유의하게 증가시키는 것을 밝혀냈으며, 이에 스쿼드 신전운동 시 경골의 외측 회전의 운동 수행에 최적임을 보고하였다. 이와 같은 결과는 신전구간에서 통계적 유의성은 나타나지 않았지만 대퇴사두근중 대퇴직근 및, 내외측 광근의 평균 적분 근전도치는 발의 외측 회전에서 증가하는 추세를 보이며 최대 적분 근전도 값에 있어서는 대퇴직근의 활동이 발의 외측 회전에서 통계적으로 유의하게 증가하는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 재활 운동 목적으로 스텝 운동을 실시할 시 환자들의 안정된 동작을 위해선 발의 외측 회전이 필요 되어질 것으로 사료되어진다. 본 연구에서는 발의 외측회전을 35°에 고정 시켜 연구를 수행하였기 때문에 가장 안정적이며 효율적인 스텝 동작에 요구되어지는 발의 외측회전각은 차후에 다양한 외측 회전각을 설정하여 추가 연구되어야 할 것으로 사료되어진다.

V. 결 론

발의 위치에 따른 하지 근육들의 근전도치는 평균 적분 근전도 값의 경우 신전구간에서는 외측 비복근이 굴곡구간에서는 반건양근이 발의 내측 회전이 중립 위치 시보다 근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가 되었다. 그러나 이와는 반대로 굴곡구간에서 내측비복근의 근전도치가 내측 회전 시 감소하는 것으로 나타났다. 최대 적분 근전도 값의 경우 신전구간에서는 대퇴직근이 발의 외측회전 시, 굴곡구간에서는 반건양근이 발의 내측 회전이 중립 위치 시 보다 통계적으로 유의하게 근전도치가 증가되었다. 일반적인 움직임에 있어 주동근들이 발의 회전에 따라 신전과 굴곡 시 유의한 차이를 보이지 않았기 때문에 실제 발의 회전이 신전, 굴곡 동작에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어진다. 하지만 신전동작 시 발의 외측 회전이 대퇴사두근의 근전도 값을 증가시키는 것은 발의 외측회전이 대퇴사두근의 근활동을 증가시키는 것으로 판단되어지며 동작 수행의 적절한 안정성을 높이는 역할을 하는 것으로 사료되어진다.

참고문헌

- Boyden, G., Kingman, J., & Dyson, R. (2000). A comparison of quadriceps electromyographic activity with the position of the foot during the parallel squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 379-382.

- Bruno, B. (1995). *The StairMaster: fitness handbook*. Champaign, IL: Sagamore Publishing, Inc.
- Fiebert, I. M., Hass, J. M., Dworkin, K. J., & Leblanc, W. G. (1992). A comparison of medial versus lateral hamstring electromyographic activity and force output during isometric contractions. *Isokinetics and Exercise Science*, 2(2), 47-55.
- Hanten, W. P., & Schulthies, S. S. (1990). Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Physical Therapy*, 70(9), 561-565.
- Hirokawa, S., Solomonow, M., Lu, Y., Lou, Z. P., & D'Ambrosia, R. (1992). Anterior-posterior and rotational displacement of the tibia elicited by quadriceps contraction. *American Journal of Sports Medicine*, 20(3), 299-306.
- Miller, J. P., Sedory, D., & Croce, R. V. (1997). Leg rotation and vastus medialis oblique/vastus lateralis electromyogram activity ratio during closed chain kinetic exercises prescribed for patellofemoral pain. *Journal of Athletic Training*, 32(3), 216-220.
- Ninos, J. C., Irrgang, J. J., Burdett, R., & Weiss, J. R. (1997). Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 degrees of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25(5), 307-315.
- Reilly, D. T. & Martens, M. (1972). Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patellofemoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 43(2), 126-137.
- Signorile, J. F., Kwiatkowski, K., Caruso, J. F., & Robertson, B. (1995). Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(3), 182-187.
- Svoboda, S. J., McHale, K., Belkoff, S. M., Cohen, K. S., & Klemme, W. R., (2002). The effects of tibial malrotation on the biomechanics of the tibiotalar joint. *Foot Ankle International*, 23(2), 102-106.
- Willett, G.M., Karst, G. M., Canney, E. M., Gallant, D., & Wees, J. M. (1998). Lower limb EMG activity during selected stepping exercises, *Journal of Sport Rehabilitation*, 7(2), 102-111.
- Zhang, Q., Huang, H.Y., Xia, J., Jiang, J.Y. & Chen, S.Y. (1999). Effect of tibial malrotation on the contact pressure distribution of patellofemoral joint. *Chinese Journal of Sports Medicine*, 18(3), 218-220.

투 고 일 : 2005. 02. 15

심 사 일 : 2005. 02. 23

심사완료일 : 2005. 02. 28