



표면근전도를 이용한 진동운동기의 근수축 효과에 관한 연구

The Study of Muscle Contraction Effect of Vibration Exercise Device Using Surface Electromyography

백승국(부산외국어대학교) · 임영태*(건국대학교)

Baik, Sung-Kook(Pusan University of Foreign studies), Lim, Young-Tae*(Konkuk University)

ABSTRACT

S. K. BAIK, Y. T. LIM, The Study of Muscle Contraction Effect of Vibration Exercise Device Using Surface Electromyography, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 2, pp. 55-63, 2006. The purpose of this study was to investigate the effects of vibration exercise using surface electromyography. Seven male collegiate wrestlers were participated in this study. Each subject stood on the platform and the vibration was induced for 1min. WEMG8 EMG system was used to record muscle activity from Vastus Lateralis, Biceps Femoris, Tibialis Anterior, and Gastrocnemius. The EMG data were sampled for 30 sec. during non-vibration and vibration half squat position, respectively. The raw data were band pass filtered to remove noise and full wave rectified. Paired sample t-test were performed to see the differences of maximum and average EMG between non-vibration and vibration trials. The results indicated that vibration produced much more muscle contraction than that of non-vibration trial for all selected muscles even though the significant difference was found only from Biceps Femoris. This phenomenon was due to the individual differences so care must be taken to evaluate vibration intensity and position before personal training.

KEYWORDS: VIBRATION, FITNESS TRAINING, EMG, MUSCLE ACTIVITY

I. 서론

진동운동(vibration exercise)은 척수반사에 의하여 근육수축을 유발하는 새로운 형태의 운동이다. 진동이론의 시초는 Eklund and Hagbarth(1966)의 '긴장성 진동반사에 기인하는데 진동은 근육이나 건에 비자율적인 근수축을 일으킨다는 것이다. 이 이론을 바탕으로

하여 진동운동과 함께 자의적인 근수축 노력을 병행하면 근신경계 손상환자의 치료에 도움을 줄 수 있다고 하였다. 이러한 기술은 신경생리학과 재활생리에 적용되어 발전되어왔다. 1990년대 중반 이후부터는 이를 일반인을 대상으로 서로 다른 형태의 필드 테스트가 진행되고 있으며, 웨이트 트레이닝 등의 다른 운동에 비하여 노력과 시간이 적게 드는 것으로 알려져 있다.

이 진동운동기구는 크게 2가지 타입으로 수직 진동

형과 시소방식이 있는데 수직 진동형은 진동판이 상하로 흔들리며 그 진폭은 5~6mm정도이고, 시소방식은 최대 20mm로 알려져 있다. 최근 들어 이러한 진동운동기가 일반인의 비만에 대한 경각심이 높아짐에 따라 휘트니스 센터 및 가정에 급속히 보급되고 있는 실정이며, 앞으로 그 보급률은 더 확대될 것으로 예상되는 이 시점에서 진동자극으로 근수축이 어느 정도 유발되는가에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 진동운동의 효과는 크게 두 가지로 나누고 있는데 일시적이고 단발적인 효과와 장기간의 효과이다. 일시적인 효과로는 근력과 근 파워의 증가와 운동능력 향상, 예를 들면, 제자리높이뛰기, 달리기 속도, 평형성 증가 등이며 기타 효과로는 호르몬 분비향상, 심혈관계의 변화 등이 있다. 장기간의 진동훈련으로 얻어지는 효과로는 근력과 운동능력, 조정력, 평형성의 향상과 만성통증완화, 골밀도 증가 등이다.

진동운동에 대한 선행 연구를 살펴보면, Torvinen 등(2002)은 16명의 남녀피험자를 대상으로 이들 동안 매일 하루 4분의 진동운동 처치를 하고 진동운동 전과 진동운동 후 2분과 60분후의 근 능력과 평형성 테스트 및 외측광근, 비복근, 가지미근의 근전도 측정을 한 결과 진동운동 후 2분이 진동운동전보다 높이뛰기능력은 25%, 하지의 등척성 신근력은 3.2%, 평형성은 15.7% 증가하였으며 2분후와 60분후의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 EMG 분석결과 진동운동시 모든 근육의 mean power frequency 가 감소하는 경향을 보여 근피로가 전개되는 것을 입증하였고 하지의 근육에서 RMS가 증가하였다고 보고하여 진동운동이 일시적으로나마 근육의 수행능력을 향상시킨다는 것을 보여주었다. Bosco 등(2000)은 14명을 대상으로 10일간의 진동운동을 한 결과 테스토스테론과 성장호르몬(GH)의 증가를 보고 하였으며, 특히 성장호르몬은 운동전보다 약 5배정도 많이 분비된다고 하였으며, 스트레스 호르몬인 코르티솔은 감소하였다고 보고한 바 있다. 한편 Rittweger 등(2000)은 37명의 성인을 대상으로 자각적 운동강도 지표상 자전거 에르고미터와 동일한 탈진상태의 진동운동을 하였을 경우 최대산소섭취량은 자전거 에르고미터에 비하여 48%이며, 심박수, 젖산, 혈압 모두 진동운동이 낮았다고 보고하여, 진동운동이 자전

거 에르고미터에 비하여 동일한 운동 강도에서 적은 피로를 나타낸다고 하였다. 한편, Runge 등(2000)은 70대 노인병 환자 212명을 대상으로 2개월의 진동운동이 의자에서 일어서기 능력이 18%향상되었다고 보고하였고, Sabine 등(2004)은 58~74세의 노인을 6개월간의 진동운동결과 고관절의 뼈밀도가 통계적으로 유의하게 증가하였다고 하였으며 정적·동적근력이 각각 15%, 16%증가하였다고 하였다. Rubin, Recker, Cullen, Ryaby, McCabe, & McLeod(2004)는 폐경기의 골다공증 여성을 대상으로 한 골손실과 진동운동과의 관계를 연구 하였고, Delecluse, Roelants & Verschueren(2003)는 67명의 젊은 여성을 대상으로 12주간의 정적, 동적 진동을 실시한 결과 동적 각신근력이 저항운동군보다 진동운동군의 증가가 더 크게 나타났고 높이뛰기 능력은 진동운동군에서만 유의하게 증가하였음을 보고하였다.

진동운동이 선수들에게 적용된 것은 비교적 최근의 일이며, Issurin, Liebermann, & Tenenbaum(1994)는 3주간의 진동운동이 일반적인 근육강화훈련보다 더 좋은 효과 가져온다고 보고하였다. Bosco, Cardinale, Coil, Tihanyi, Von Duvillard, & Viru(1998)는 신체활동이 활발한 피검자들을 대상으로 10일간(10min/day) 진동운동을 실시 한 후 대퇴사두근의 최대근력 강화현상을, 그리고 국가 대표급 여자배구선수 6명을 대상으로 10분간(26Hz)의 진동운동 후 평균 Power와, 부하시 평균속도가 향상되었다고 보고하였다(Bosco, Coil, Introini, Cardinale, Tsarpela, Mandella, Tihanyi, & Viru, 1999). 또 김진국(2000)은 40% 이상의 체지방률을 나타낸 중년여성을 대상으로 6주간의 진동운동 후 체지방과 체력의 유의한 변화를 보고하였고, 전민석(2001)은 다양한 형태(직립자세, 기마자세, 뒤꿈치자세, 상체자세)의 진동운동 프로그램을 개발하여 신체조성 및 체력, 혈중지질 농도의 변화를 연구하였다.

Rubin, Pope, Fritton, Magnusson, Hansson, & McLeod(2003)는 20Hz~32Hz의 22분간 진동운동시의 에너지 대사는 운동 강도에 관계없이 유산소성의 수준에서 이루어지며 운동직후의 total cholesterol과 카테콜라민, 혈압은 유의하게 증가한다고 보고하였다. 그리고 Kerschman-Schindl, Grampp, Henk, Resch, Preisinger,

Fialka-Moser, & Imhof(2001)는 진동운동이 근육의 혈액 순환을 촉진한다고 하였다. 문항운(2002)은 고도 비만 여성들을 대상으로 전민석(2001)의 방법에 식이요법을 첨가한 방법으로 진동운동을 실시한 후 피하 지방 두께와 젖산 농도, 혈압, VLDL-C 배근력, 유연성, 민첩성의 증가를 보고하였다.

이와 같이 현재까지 보고된 진동운동에 관한 연구는 대부분이 진동운동을 통한 생리적 변인에 관한 연구로 운동역학적 변인, 특히 근전도적 변인을 이용한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 EMG를 이용한 진동운동의 효과에 관한 연구의 필요성을 인식하여 레슬링선수를 대상으로 진동이 근육수축에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보는데 그 목적이 있었다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 대학부 남자 레슬링 선수 7명 (21.14±1.21yrs, 68.0±9.27kg, 167.71±4.85cm)을 선정하였다.

2. 실험내용

진동시 하지의 근수축 활동이 진동을 가하지 않았을 때와 어떠한 차이가 있는지를 비교분석하기 위해 진동운동기 위에서 동일한 자세를 취하게 하여 진동과 무진동시 근전도 신호를 추출 하였다.

3. 실험방법

1) 실험자세

진동운동시 신체의 자세는 무릎각도를 120°로 유지한 주춤 자세(half-squat)로 <그림 1>과 같으며 실험에 적용된 장비는 국내의 B사의 상하진동형 진동운동기로서 진폭은 5mm이며, 운동 강도는 40Hz로 설정하였다.

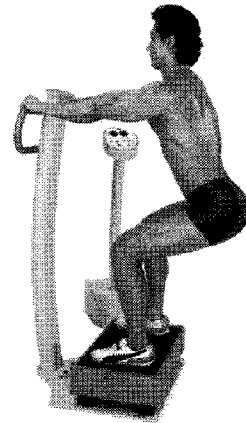


그림 1. 실험 시 사용된 진동운동기구와 신체자세

2) 근전도 실험절차

근전도 측정은 WEMG8(Laxtha Korea, gain=1,000, input impedance > 1012Ω, CMRR > 100dB, center-to-center distance=2.0cm)을 사용하였으며, 샘플링 주파수는 1024Hz로 하였다. 근전도 전극(Noraxon Dual Electrodes)의 부착은 근전도 신호 특성을 향상시키기 위하여 전극을 부착하기 전 해당 근근전도 부착은 외측광근(Vastus Lateralis), 대퇴이두근(Biceps Femoris), 전경골근(Tibialis Anterior), 비복근(Gastrocnemius) 총 4개의 근육을 대상으로 각 조의 근전도 전극은 해당 근육의 최대 팽대부위에 근육의 작용선 방향에 평행하게 부착하였으며, 접지전극은 외경골점에 부착하였다.

측정 전 피험자들의 진동적응을 위하여 30초진동과 30초 휴식을 2회 실시한 후 본 측정을 실시하였다. 측정은 진동운동기 위에서 실험 자세를 유지하게 하여 무진동시 20초 동안의 근전도 신호를 추출하고 30초간 휴식을 취하게 한 후 1분간의 진동운동시 20초간 추출 하였다.

3) EMG 자료처리

본 실험 시 측정된 모든 EMG 원자료는 노이즈(noise) 제거를 위해 전자 필터(Mathlab Elliptic filter, 8차, 10-500 Hz band pass)를 이용하여 필터링 한 후 전파 정류(full-wave rectification)하였다.

4. 통계처리

SPSS/PC 10.1 통계 프로그램을 이용하여 각 근육의 최대EMG 값 및 평균 EMG 값을 계산한 다음 진동과 무진동시의차이를 알아보기 위해 paired sample t-test 를 실시하였으며 통계적인 유의수준은 $p<.05$ 로 하였다. 또한 진동 운동시 발현되는 최대 및 평균 근 부하율을 알아보기 위해 무진동시 측정된 근전도값 (최대 및 평균)을 기준으로 하여 진동시 근전도값(최대 및 평균)의 근부하 비율을 계산하였다.

III. 결과 및 논의

본 연구는 근전도 분석을 통하여 진동자극이 근육 활동을 유발하는가에 대한 문제를 해결하기 위하여 시도 되었으며, 진동시와 무진동시의 근전도 신호를 비교 분석한 결과는 다음과 같다. <그림 2>는 무진동시와 진동시 동일한 피험자의 비복근의 근전도 파형의 한 예를 보여주고 있다.

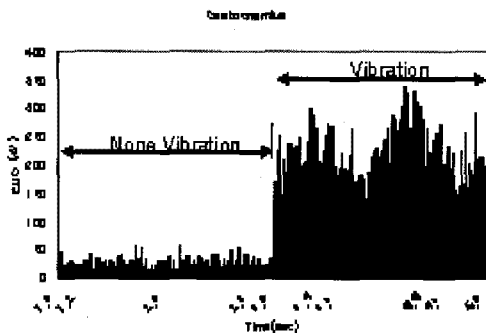


그림 2. 무진동시와 진동시 비복근의 근전도 파형

1. 최대 근전도값의 비교

표 1. 최대근전도

| 근육 | (unit: μV) | | | |
|-------|--------------------|---------------------|------|-------|
| | 무진동시 | 진동시 | t | sig. |
| 비복근 | 69.62 \pm 42.3 | 150.80 \pm 116.53 | 2.12 | .078 |
| 전경골근 | 258.67 \pm 211.6 | 27.67 \pm 191.0 | 1.00 | .352 |
| 외측광근 | 481.31 \pm 85.2 | 539.90 \pm 21.6 | 1.86 | .112 |
| 대퇴이두근 | 149.95 \pm 76.85 | 177.72 \pm 85.9 | 2.47 | .048* |

*유의수준은 $p<.05$

<표 1>에서 보는바와 같이 최대 근전도값의 비교에서는 4개 근육 모두에서 진동운동시가 무진동운동시보다 높은 값을 보였으나 통계적 유의차는 대퇴이두근에서만 $p<.05$ 수준에서 유의한 차이가 나타났다. 비록 통계적 유의차는 대퇴이두근에서만 나타났으나 최대 근전도의 경우 4개 근육 모두 진동시가 무진동시보다 높게 나타나 진동자극으로 인하여 근육활동을 유발되는 것을 확인할 수가 있었다.

Roelants등(2004)은 89명의 폐경여성을 대상으로 24주간의 하이스쿼트동작(무릎각도120~130도)에서의 진동운동을 실시한 결과 12주째의 중간 테스트에서 등척성 각신근력이 124%증가하였으며 통계적으로도 유의하게 차이가 나타났지만 24주후에는 더 이상의 추가적인 증가는 없었고, 통계적으로도 유의하지도 않았다고 보고하였다. 따라서 일정기간의 진동운동을 하였을 경우 근력의 증가를 가져온다는 것을 유추 할 수 있다.

2. 평균 근전도값의 비교

진동운동과 무진동운동시의 평균 근전도 비교는 <표 2>와 같다. 평균 근전도값의 경우에도 최대 근전도값과 마찬가지로 4개 근육 모두에서 진동운동시가 무진동운동시 보다 높은 값을 보였으나 통계적 유의차는 대퇴이두근에서만 $p<.05$ 수준에서 유의한 차이가 나타났다. 하지만 나머지 근육들의 평균 근전도값도 진동시가 무진동보다 높게 나타났으나 표준편차의 영향으로 인하여 통계적인 유의차는 나타나지 않은 것으로 판단되나, 진동시의 근전도 활동이 실험대상 근육 모두 높게 나타남을 알 수 있었다.

표 2. 평균 근전도

| 근육 | (unit: μV) | | | |
|-------|-------------------|-------------------|------|-------|
| | 무진동시 | 진동시 | t | sig. |
| 비복근 | 10.95 \pm 5.3 | 36.47 \pm 32.1 | 2.31 | .060 |
| 전경골근 | 20.01 \pm 22.6 | 54.35 \pm 42.5 | 1.89 | .106 |
| 외측광근 | 127.28 \pm 48.0 | 153.41 \pm 13.3 | 1.56 | .169 |
| 대퇴이두근 | 22.37 \pm 8.1 | 27.37 \pm 10.3 | 3.42 | .014* |

* 유의수준은 $p<.05$

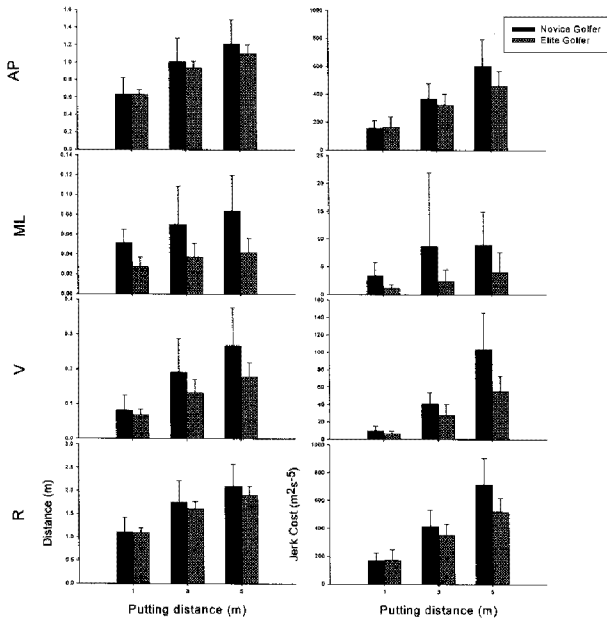


그림 3. 전체 퍼팅 스트로크 동안 숙련자와 초보자의 퍼터끝부분에서 이동거리와 저크비용함수

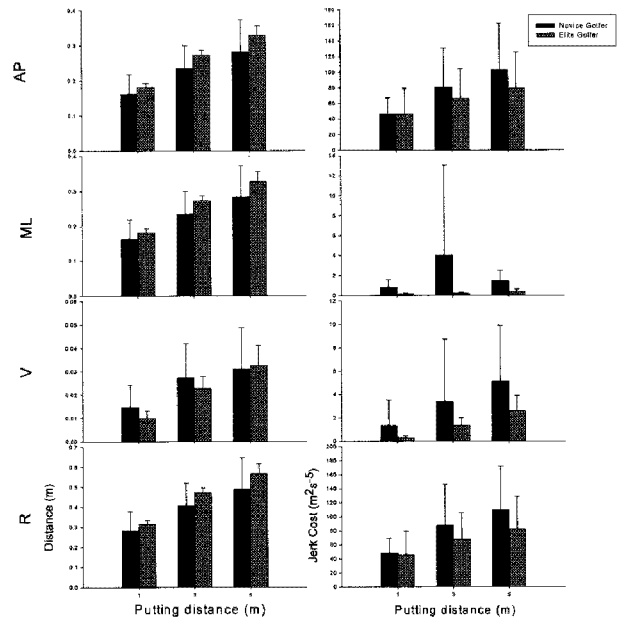


그림 4. 백스윙 동안 숙련자와 초보자의 퍼터끝부분에서 이동거리와 저크비용함수

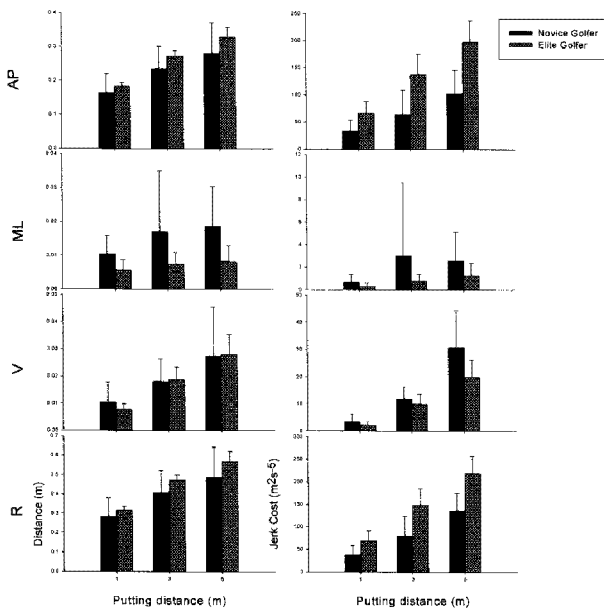


그림 5. 다운스윙 동안 숙련자와 초보자의 퍼터끝부분에서 이동거리와 저크비용함수

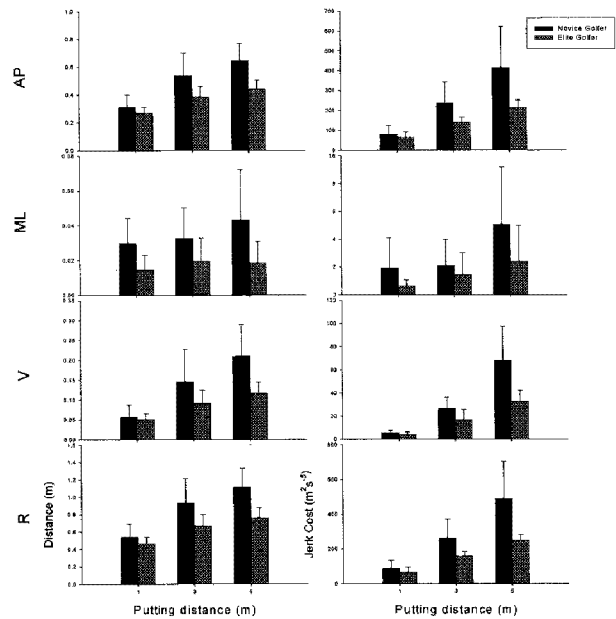
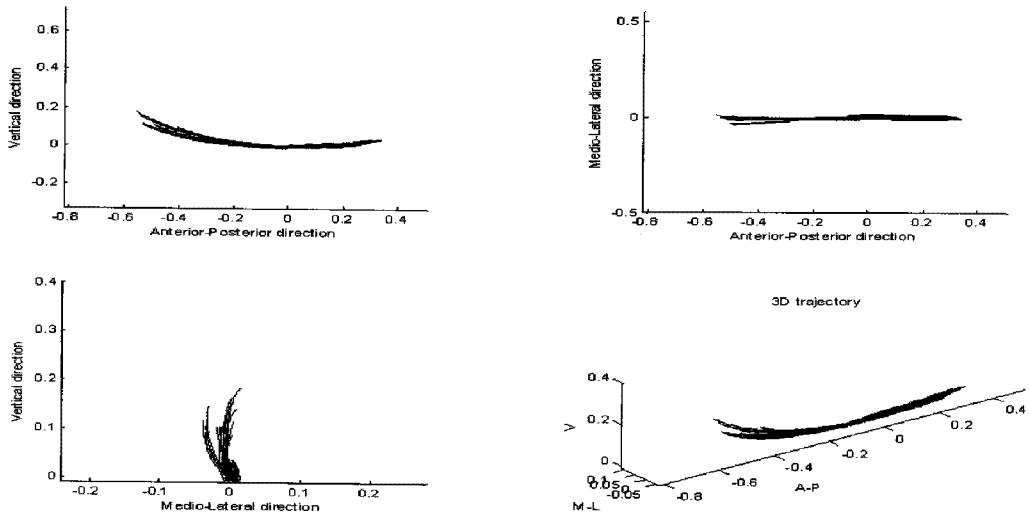
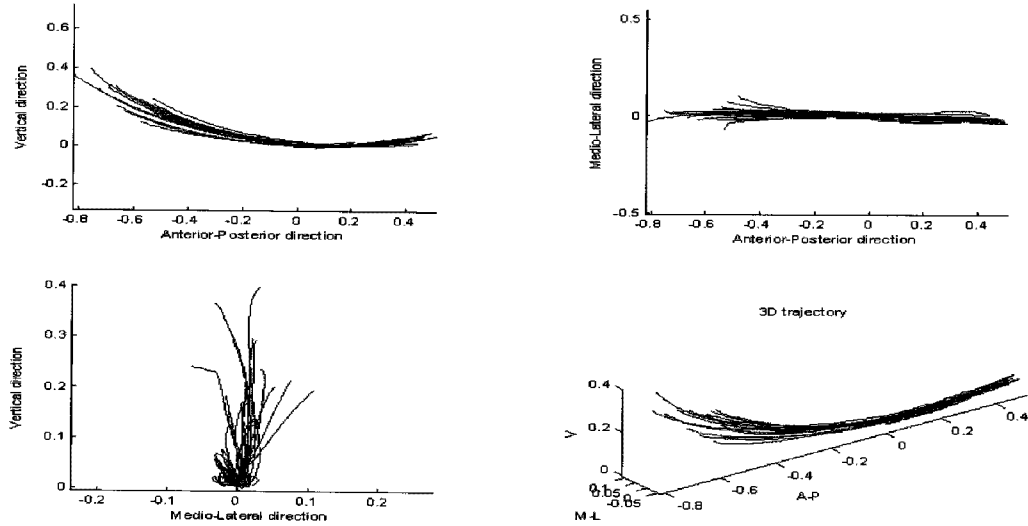


그림 6. 팔로우스루 동안 숙련자와 초보자의 퍼터끝부분에서 이동거리와 저크비용함수



(a) 퍼터의 궤적(숙련자4명, 5m퍼팅 5회)



(b) 퍼터의 궤적(초보자 4명, 5m퍼팅 5회)

그림 7. 두 그룹의 퍼팅 스트로크 동안 퍼터 이동 궤적

평균 근전도는 근육의 전체적인 활동을 나타내기 때문에 최대 근전도 보다 본 연구에서 더 중요한 요인이며, 실험대상 근육 모두에서 진동운동시 평균근전도의 수치는 무진동에 비하여 높게 나타나고 있으므로 최대 근전도에 나타난 결과와 같이 진동운동이 근활동을 유발하고 있다는 것을 알 수 있으며, 주춤서기의 경우 대퇴이두근에 더 많은 근자극을 가하는 것을 알 수 있으며, 비복근 강화를 위하여는 주춤서기 자세에서 발뒤꿈치를 드는 동작을 가할 경우 비복근에 더 많은 진동자극이 가해 질 것으로 판단된다.

3. 최대 근 부하율의 비교

<표 3>은 진동 운동시 발현되는 최대 근 부하율을 알아보기 위해 무진동시 측정된 최대 근전도값을 기준으로 진동시 최대 근전도값의 비율 (ratio)을 보여주고 있다. 최대 근 부하율의 경우 4개 근육 모두에서 진동운동시 무진동운동시 보다 근 부하율이 높게 나타났다. 특히 비복근과 전경골근(각각 2.3배, 1.8배)이 외측광근과 대퇴이두근(각각 1.2배)보다 최대 근부하율이 다소 높게 나타났다.

표 3. 최대 근부하율

| 피험자 | (unit : ratio) | | | |
|------|----------------|------|------|-------|
| | 비복근 | 전경골근 | 외측광근 | 대퇴이두근 |
| KMS | 5.7 | 0.6 | 1.0 | 1.1 |
| LSW | 1.2 | 1.8 | 1.8 | 1.1 |
| JJH | 2.3 | 4.2 | 1.0 | 1.1 |
| KYH | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| PJY | 1.4 | 2.3 | 1.0 | 1.9 |
| WSJ | 1.1 | 1.6 | 1.0 | 1.1 |
| JMH | 3.2 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| mean | 2.3 | 1.8 | 1.2 | 1.2 |

4. 평균 근 부하율의 비교

<표 4>는 진동 운동시 발현되는 평균 근 부하율을 알아보기 위해 무진동시 측정된 평균 근전도값을 기준으로 진동시 평균 근전도값의 비율 (ratio)을 보여주고

표 4. 평균 근부하율

| 피험자 | (unit :ratio) | | | |
|------|---------------|------|------|-------|
| | 비복근 | 전경골근 | 외측광근 | 대퇴이두근 |
| KMS | 7.7 | 5.2 | 1.1 | 1.2 |
| LSW | 1.4 | 6.3 | 6.3 | 1.3 |
| JJH | 3.2 | 8.9 | 1.1 | 1.5 |
| KYH | 20. | 3.9 | 1.3 | 1.4 |
| PJY | 1.9 | 2.5 | 1.0 | 1.1 |
| WSJ | 3.9 | 2.6 | 1.1 | 1.2 |
| JMH | 1.7 | 0.5 | 0.9 | 1.0 |
| mean | 3.1 | 4.3 | 1.8 | 1.2 |

있다. 평균 근 부하율의 경우 최대 근 부하율 비교에 서와 마찬가지로 4개 근육 모두에서 진동운동시 무진동운동시 보다 근 부하율이 높게 나타났다. 특히 비복근과 전경골근(각각 3.1배, 4.3배)의 경우 외측광근과 대퇴이두근(각각 1.8배, 1.2배)에 비해 훨씬 높은 근 부하율을 보이고 있다.

진동운동시 최대 근 부하율과 평균 근 부하율은 무진동 운동시 근전도값을 기준으로 비교함으로써 본 연구의 실험자세인 주춤서기자세에서의 진동운동이 실험대상인 비복근, 전경골근, 외측광근, 대퇴이두근중 어느 부위의 근육에 더 많은 근활동을 일으키는지에 대한 결과를 보기 위하여 분석되었는데, 최대 및 평균 근부하율 모두에서 비복근 > 전경골근 > 외측광근>대퇴이두근 순으로 증가율이 발생하여 주춤서기 자세에서의 진동운동은 외측광근과 대퇴이두근에 비해 비복근과 전경골근에 더 많은 근 활동을 일으킨다는 것을 확연하게 알 수가 있었다.

VI. 결 론

주춤서기자세에서의 진동운동은 하지근육 전체에 높은 근전도를 유발한다는 것을 알게 되었다. 비록 개인차가 심하여 통계적 유의차는 대퇴이두근의 최대 및 평균 근전도값에서만 나타났지만 비복근과 전경골근에서의 근전도값과 근부하율이 다른 두 근육들에 비해 월등히 높은 수치를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 진동운동으로 발생하는 근수축 활동은 개인차가 분명히 있기 때문에 이를 개인별 근력 트레이닝에 적용

할 경우 진동강도와 자세에 대한 사전 조사를 실시하여 야만 효과적인 처방이 가능하게 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김진국(2000). 진동 트레이닝이 비만중년 여성의 체력 및 혈중 지질에 미치는 효과. 경희대학교 대학원 석사학위논문.
- 문향운(2002). 진동운동 및 식이 병행 요법이 중년 비만 여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미치는 영향, 경희대학교 석사학위논문.
- 전민석(2001). 진동트레이닝이 비만중년 여성의 신체구성, 체력 및 혈중지질에 미치는 영향, 경희대학교 대학원 석사학위논문.
- 최규영(1998). 태권도 발차기 동작 시 숙련자와 비숙련자의 근전도 비교, 건국대학교 석사학위 논문.
- Bosco, C., Cardinale, M., Colli, R., Tihanyi, J., Von Duvillard, S. P. & Viru, A.(1998). The influence of whole body vibration on jumping ability, *Biol. sports*, 15, p157~164.
- Bosco, C., Coil, R., Introini, E., Cardinalte, M., Tsarpela, O., Mandella, A., Tihanyi, J., & Viru, A.(1999). Adaptive response of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin. Physiol.*, 19, p183-187.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J. Viru, M., Ed Lorenzo, A & Viru, A.(2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 81:p449-454.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S.(2003).Strength Increase after whole - body vibration compared with Resistance Training, *Medicine & science in Sports & Exercise* Vol. 35 Issue 6, p1033~1041.
- Eklund G. & Hagbarth K.E.(1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*,16, p80~92.
- Issurin,V.B., Liebermann D. G., & Tenenbaum G.(1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Science*, 12(6),p561-566.
- Kerschan-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., & Imhof, H.(2001). Whole-body vibration exercise leads to alteration in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21(3):p377-382.
- Rittweger, J., Beller, G., & Felsenber, D.(2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in men. *Clinical Physiology*, 20(2):p134-142
- Roelants, M., Delecluse, C. and Verschueren, S. M.(2004). Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Woman, *Journal of American Geriatrics Society*,52, p901~908.
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., & McLeod, K.(1998). Prevention of bone loss in a post-menopausal population by low-level biomechanical intervention, *Bone*, p23~174.
- Rubin C, Pope M, Fritton J, Magnusson M, Hansson T, McLeod K (2003).Transmissibility of 15 - 35 Hz vibrations to the human hip and lumbar spine: Determining the physiologic feasibility of delivering low-level, anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine* 28:p2621 - -2627.
- Rubin Clinton, Recker, Recker, Diane Cullen, John Ryaby, Joan McCabe & Kenneth McLeod(2004). Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: A trial assessing compliance, Efficacy, and Safety. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), p343~351.
- Ruiter, C. J., van der Linden, R. M., van der Zijden, M. J. A., & Hollander, A. P. (2003). Short-term

effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 88, p472 - 475.

Runge M, Rehfeld G & Resnic(2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *Journal of Musculoskeletal Interact*, 1, p54~59.

Sabine MP Verschueren, Machteld Roelants, Christophe Delecluse Stephan Swinnen, Dirk Vanderschuren & Steven Boonen(2004). Effect of 6-Month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A Randomized

controlled Pilot Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), p352~359.

Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A. H., Pasanen, M., Kontulainen, S., Teppo L.N. Jarvinen, T. L. N., Jarvinen, M., Oja, P., & Vuori, I.(2002). *Clin Physio & Func Im*, 22, p145~152.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 15일

심사완료일 : 05월 30일