

동력계 및 표면근전도를 이용한 정상인의 등척성 수축 시 성별 차이에 따른 대퇴직근의 피로 양상분석

김용남

전남과학대학 물리치료과

The Analysis of Rectus Femoris Muscle Fatigue Patterns According to Sex using Dynamometer and sEMG during Isometric Contraction to Normal Subjects

Yong-Nam Kim

Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College

Purpose: The purpose of this study were to analyze fatigue patterns of the rectus femoris muscle by isometric contraction. **Methods:** Twenty healthy subjects(10 male, 10 female) participated in this study. Maximal voluntary isometric contraction(MVIC) was measured by the dynamometer. Muscle activity was recorded from the rectus femoris muscle. During the experiment, the subject was seated in the chair. The measured items, median frequency(MDF) and root mean square(RMS), were collected from the surface EMG. All data were analyzed using repeated measures ANOVA. **Results:** There was significant difference of MVIC between male and female. Endurance time was significant difference by the level of MVIC but no significant in the main effect(sex) and interaction effect. The MDF and fatigue index were significant differences in the interaction effect. The RMS was not significant difference in both of main and interaction effect. The muscle fatigue patterns of female was greater than male after 60% MVIC. **Conclusion:** This study showed that sex differences of muscle fatigue were started from 60% MVIC. (*J Kor Soc Phys Ther* 2007;19(3):11-17)

Key Words : Muscle fatigue, Median frequency, Fatigue index, RMS

I. 서론

국소적 근피로는 반복되는 자극에 의해서 단일 근육의 반응이 감소된 것이다(Chaffin, 1973). 또한 근피로는 정상적인 생리학적 반응으로, 운동단위 활동전위 진폭의 감소로 인해 신경근계에서 힘을

생성하는 능력이 감소하는 것이다(Kisner와 Colby, 1996).

따라서 근피로는 근력을 증가시키는 데 어렵게 만들기 때문에 근력훈련 정도에 따른 근피로의 양상을 연구할 필요성이 제기되고 있다. 근력훈련은 다양한 근수축의 형태로 근력 훈련을 시키게 되는데, 이러한 근수축의 형태는 수축 방향에 따라 구심성 수축(concentric contraction)과 원심성 수축(eccentric contraction) 으로 나뉘게 되고, 근 길이 및 속도의 변화에 따라 등장성 수축(isotonic

논문접수일: 2007년 2월 5일
수정접수일: 2007년 3월 14일
게재승인일: 2007년 4월 15일
교신저자: 김용남, kyn5441@hanmail.net

contraction), 등척성수축(isometric contraction), 그리고 등속성 수축(isokinetic contraction)등으로 나뉜다. 이중 등척성 수축은 임상에서도 널리 사용되고 있으며, 근력을 평가하는 방법(정진규 등, 2004; Montes, 2001; Kawakami 등, 1998)이나 근피로도를 평가하는 방법(정진규 등, 2005; 이미선과 김태영, 1998; Mannion과 Dolan, 1994)에서도 많이 이용되고 있다.

근력은 다양한 방법으로 측정되는데 주로 근전도(Basmajian과 DeLuca, 1985), 동력계에 의한 측정(Dvir, 1996; Glesson과 Mercer, 1996) 등이 있다. 근피로를 평가하는 방법으로는 근전도 파워 스펙트럼을 이용한 분석이 이용되며(Umezu 등, 1998; Roy 등, 1995), 여러 연구(Ng와 Richardson, 1996; Thompson과 Biedermann, 1993)에서 이미 신뢰성이 입증되었다.

표면근전도(surface EMG)는 표면전극이 근육군이나 근육위에 있는 피부에 부착된 곳의 근 활동을 측정하기 위한 비침습적인 기술이고(Drost 등, 2006), 국소부위의 근 피로 평가에 가치가 있으며, 폭넓게 사용되고 있다(Mannion 등, 1997). 이러한 표면근전도의 분석방법에는 실효치 진폭(root mean frequency; RMS)과 중앙주파수(median

frequency; MDF), 평균주파수(mean power frequency) 등이 근피로의 분석에 사용되며, 이러한 분석 값들은 피로지수(fatigue index)로 이용된다(Vollestad, 1997).

또한 표면근전도를 이용한 근피로 측정에서 성별에 따른 근피로의 차이에 대한 연구(Mannion 등, 1998; Umezu 등, 1998)는 여자가 남자보다 높다고 보고하였으나, 아직까지 등척성 수축력 수준에 따른 근 피로의 양상에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 동력계와 표면 근전도를 이용하여 정상 성인 남녀의 대퇴직근에서 등척성 수축력 수준에 따른 근피로 양상을 비교하는 것을 목적으로 하였다.

II. 연구방법

1. 실험대상

대상자는 정상 성인 20명(남자 10명, 여자 10명)으로 하였으며, 대상자들에게 실험에 대해 충분히 설명을 한 후에 실시하였으며, 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the subject

Group	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)
Male	22.13±1.73	178.88±5.87	69.38±5.18
Female	21.33±1.00	165.67±5.32	51.67±6.31

Date are mean±SD.

2. 실험기기

대퇴직근의 운동단위 활동전위를 측정하기 위해 Bagnoli-4 channel EMG system(Delsys, USA)과 DE-2.1 single differential electrode(Delsys, USA)를 사용하였다. 수집된 신호에 대한 sampling rate는 1000Hz, band pass filter는 20-450Hz 사이였다. 분석프로그램(Delsys, EMG works 3.0, USA)을 이용

하여 실효치 진폭, 중앙주파수 등을 분석하였다.

최대 수의적 등척성 수축력과 지구력 시간 측정은 dynamometer (JLW instruments, Inc., CSD 200, USA)를 사용하였다.

3. 측정방법

최대 수의적 등척성 수축력 측정 시 자세는

대상자를 의자에 앉힌 다음 운동 시 체간부와 골반을 안정시키기 위해 벨트를 이용하여 고정하였다. 이 때 고관절은 90도를 유지하도록 하였으며, 우측 발목부위에 커프를 걸고 의자에 고정된 등척성 동력계(isometric dynamometer)와 연결하였다. 슬관절이 60도를 유지한 상태에서 대퇴사두근에 최대 등척성 수축이 유발되도록 슬관절 신전운동을 실시하였으며, 이때 대상자가 최대한 힘을 발휘하도록 구슬로 독려하면서 최대 수의적 수축력을 측정하였다.

지구력 시간의 측정은 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하는 자세와 동일하게 하여 대상자가 최대 신전력을 유지한 상태에서 최대 수축력이 50%수준으로 감소하는 시간을 측정하였다. 표면 근전도는 최대 수의적 등척성 수축력 측정 시 30초간 최대한 수축력을 유지한 상태에서 신호를 수집하여 분석하였다. 기록전극은 대퇴직근의 근복 길이 50% 지점에 부착하였고, 참조전극은 기록전극에서 외측하방 3 cm 거리에 부착하였다.

4. 통계방법

모든 자료는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 남녀 간 최대 수의적 등척성 수축력에 대한 비교는 맨휘트니 검정을 실시하였으며, 등척성 근수축력 수준에 따른 남녀 간 측정항목 변화의 비교는 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 최대 수의적 등척성 수축력의 비교

성별 간 최대 수의적 등척성 수축력의 변화는 Fig 1과 같다. 남자는 평균 49.21kg, 여자는 평균 28.09kg으로 나타났다. 맨휘트니 검정 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$).

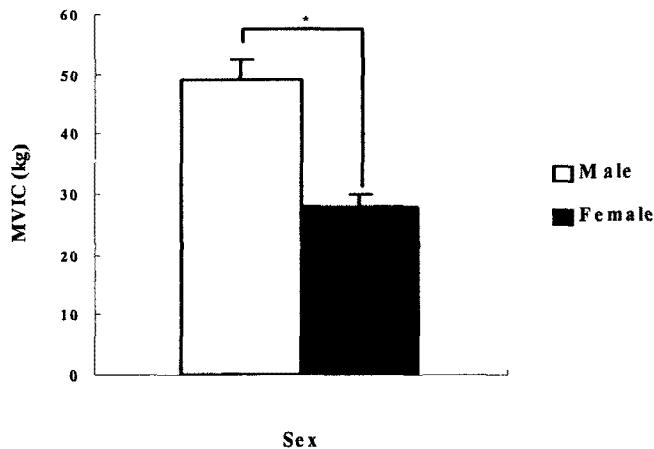


Figure 1. Comparison of maximal voluntary isometric contraction (MVIC) between male and female.
 **: $p < 0.01$

2. 지구력 시간의 변화

성별 간 지구력 시간의 변화의 차이는 Figure 2와 같다. 반복측정분산분석결과 수축력수준에 따른 변화

는 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), 성별과 성별 및 수축력의 교호작용은 유의하지 않은 것으로 나타났다.

김용남 : 동력계 및 표면근전도를 이용한 정상인의 등척성 수축 시 성별 차이에 따른 대퇴직근의 피로 양상분석

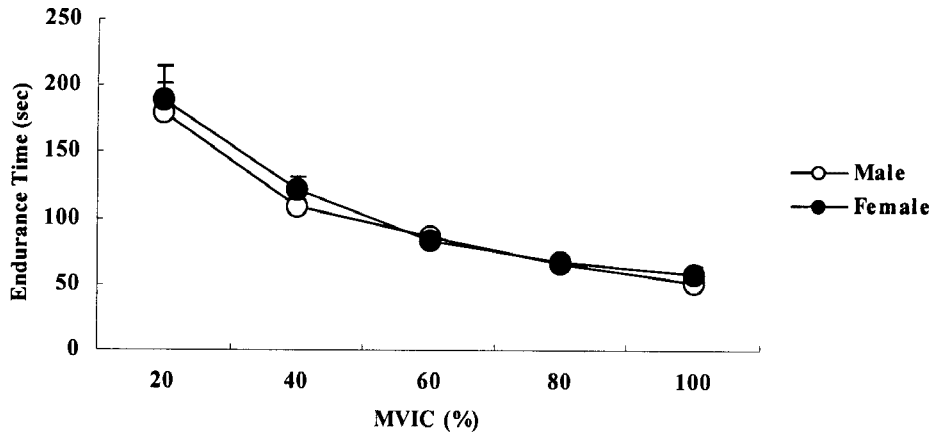


Figure 2. Comparison of endurance time (ET) between male and female.

3. 중앙주파수의 변화

성별 간 중앙주파수의 변화의 차이는 Figure 3과 같다. 반복측정분산분석결과 성별과 수축력

수준의 교호작용이 유의한 것으로 나타나 ($p < 0.05$), 중앙주파수의 변화량은 수축력 수준에 따라 성별 간 변화의 양상이 다른 것으로 나타났다.

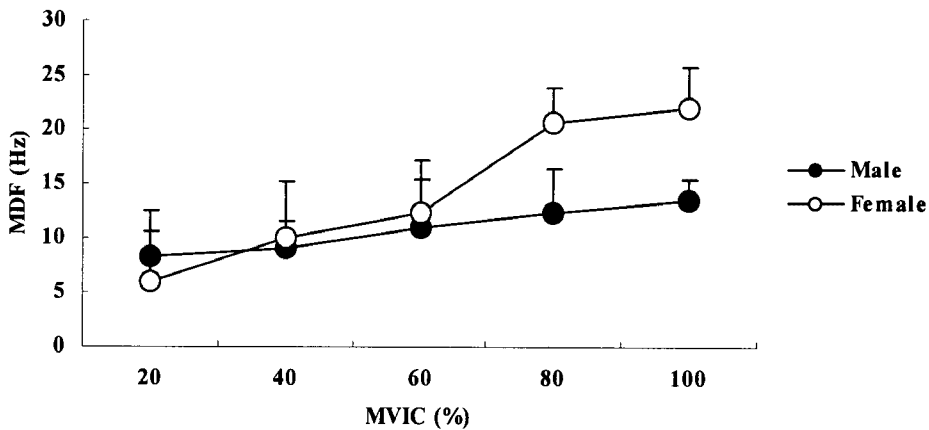


Figure 3. Comparison of median frequency (MDF) between male and female.

4. 피로지수의 변화

중앙주파수 변화량과 피로지수는 수축력 수준에 따라 성별 간 변화의 양상이 다르다. 최대 수의적 등척성 수축력의 80% 이상에서 급격히 변화량이 많아진 것으로 나타났다.

성별 간 피로지수의 변화의 차이는 Figure 4와 같다. 반복측정분산분석결과 성별과 수축력 수준의 교호작용이 유의한 것으로 나타나 ($p < 0.05$), 피로지수는 수축력 수준에 따라 성별 간 양상이 다른 것으로 나타났다.

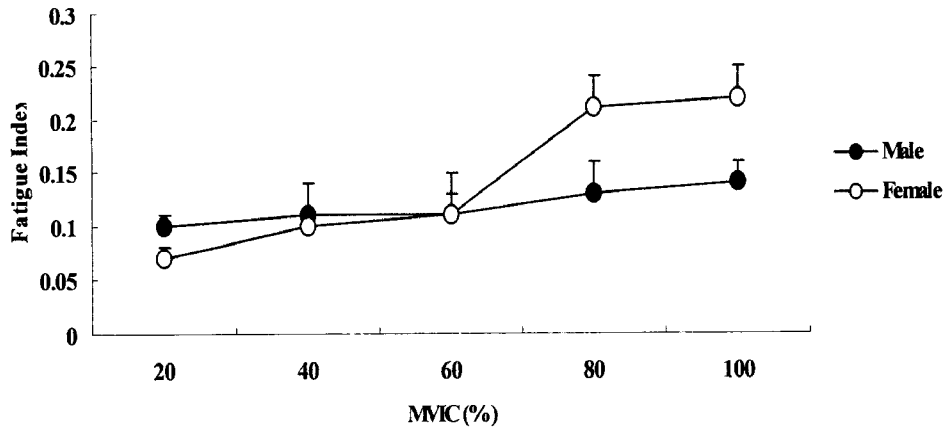


Figure 4. Comparison of fatigue index between male and female.

5. 실효치 진폭의 변화

성별 간 실효치 진폭의 변화의 차이는 Figure 5

와 같다. 반복측정분산분석결과 성별, 수축력 수준 및 성별과 수축력 수준의 교호작용 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다.

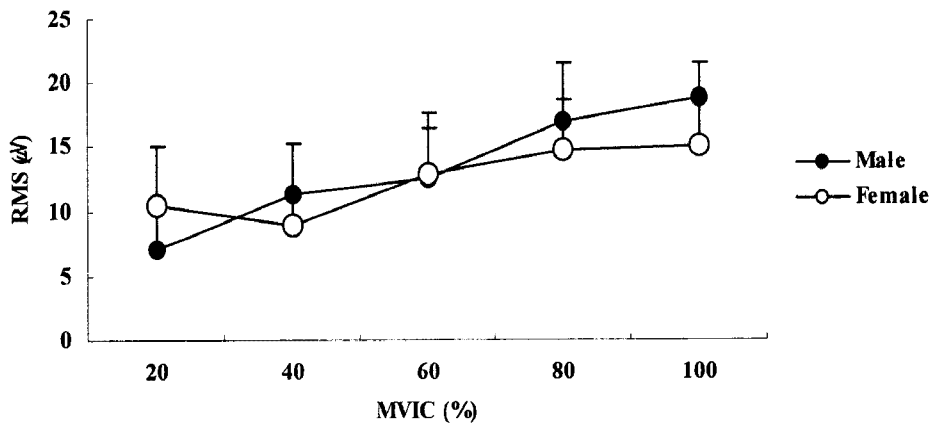


Figure 5. Comparison of root mean square(RMS) between male and female.

IV. 고찰

표면근전도는 근수축 시 운동단위 활동전위의 양적인 변화를 측정하는데 이용되어지고 있으며, 파워스펙트럼을 이용하여 신경근 질환, 호흡근의

피로, 물리치료의 유용성, 체력훈련 등을 평가하기 위해 근전도 신호의 특성을 분석하고 있다 (MacIntyre 등, 1998; Basmajian과 DeLuca, 1985). 근전도 신호를 이용하여 근피로를 분석하는 방법은 주파수 스펙트럼이 지난 50년 간 지속적으로

연구되어져 왔다(Ament 등, 1993). 이러한 주파수 스펙트럼이 고주파 대역에서 저주파 대역으로 이동하는 것은 근피로의 징후라고 입증되었다(Ament 등, 1993).

본 연구는 동력계와 표면근전도를 이용하여 정상인의 등척성 수축력 수준에 따른 성별 간 근피로 양상의 차이를 알아보려고 실시하였다.

최대 수의적 등척성 수축력은 남자가 유의하게 높게 나타났다. 지구력 시간은 성별 간 차이가 없었으나 수축력 수준에 따라 수축력이 높을수록 급격히 줄어드는 양상을 보였다. 중앙주파수 변화량과 피로지수는 수축력 수준에 따라 성별 간 변화의 양상이 다른 것으로 나타났다. 최대 수의적 등척성 수축력의 80% 이상에서 급격히 변화량이 많아진 것으로 나타났다. 그러나 실효치 진폭의 변화는 수축력 수준에 따라 성별 간 차이가 없는 것으로 나타났다.

홍완성 등(2002)도 성별 간 실효치 진폭과 평균주파수의 차이가 없었다고 하여 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. Mannion과 Dolan(1994) 및 Umezu(1998)도 성별 간 근피로가 동일하지 않다고 보고 하였는데, 이러한 이유로 Miller 등(1993)은 성별 간 체지방 비율이 남자는 17%, 여자는 28%로 다르다고 하였으며, Mannion과 Dolan(1994)은 남자가 여자보다 중력 중심으로부터 체간의 거리가 더 멀기 때문에 지렛대의 원리에 의해 더 많은 힘을 소모하게 된다고 주장하였다.

따라서 본 연구의 결과와는 다르게 여자가 피로에 좀 더 강한 것으로 보고하였는데, 이는 본 연구에서 최대 수의적 등척성 수축력 80%에서부터 성별 간 차이가 나타난 것으로 보아 등척성 수축력 수준에 따라 성별 간 차이가 있는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구는 등척성 수축력에서의 결과이기 때문에 다른근 수축 종류에서의 결과와 비교하기에는 제한이 있다. 따라서 본 연구의 제한점으로는 일반적으로 정상인을 대상으로 한 연구에서는 대상자수가 많아야 일반화의 가능성과 신뢰도가 높는데 이 연구는 성별간 10명씩을 대상으로 했기 때문에 일반화 하는데에는 다소 제한이 있다.

이상의 결과로 동력계와 표면근전도를 이용한 등척성 수축력 수준에 따른 근피로 양상의 성별 간 차이는 최대 수의적 등척성 수축력 80% 이상에서 중앙주파수, 피로지수 등에서 유의하게 나타났다으며, 실효치 진폭의 변화는 차이가 없었다.

V. 결 론

본 연구는 동력계와 표면근전도를 이용하여 정상인의 등척성 수축력 수준에 따른 성별 간 근피로 양상에 대해 연구하고자 실시하였다.

최대 수의적 등척성 수축력은 성별 간 유의한 차이를 나타내었다. 중앙주파수의 변화 및 피로지수는 수축력 수준에 따라 성별 간 변화의 양상이 유의한 차이를 나타내었다. 특히 최대 수의적 등척성 수축력 80%이상에서 여자가 좀 더 변화량이 많은 것으로 나타났다.

실효치 진폭의 변화는 수축력 수준에 따라 성별 간 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 남녀 모두 최대 수의적 등척성 수축력의 60%이하에서 큰 운동단위의 피로를 최소화 시키며 지구력 시간을 증가시키는 것으로 나타났다.

향후 이 연구와 관련하여 근 수축 종류와 수축력 수준에 따른 근피로 양상의 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각되며, 이러한 연구결과들을 근거로 임상에서의 적용이 활성화 되는데 조금이라도 기여되었으면 한다.

참고문헌

- 이미선, 김태영. 근전도를 이용한 Soreness 검사 시 성인남녀 등 근육의 근피로도 분석. 한국전 문물리치료학회지. 1998;5(3):63-71.
- 정진규, 김용남, 박장성 등. sEMG와 Dynamometer를 이용한 슬관절 신전근의 피로분석. 대한임상 전기생리학회지. 2005;3(1):31-47.
- 정진규, 김양호, 김태열. 팔굽근에서 최대 수의적 등

- 척성 수축력과 근 두께와의 관계. 대한임상 전기생리학회지. 2004;2(2):24-36.
- 홍완성, 김기원, 김병곤. 근전도를 이용한 하퇴삼두근의 근피로 분석. 대한물리치료학회지, 2002;14(3):203-11.
- Ament W, Bonga GJ, Hof AL et al. EMG median power frequency in an exhausting exercise. J Electromyogr Kinesiol. 1993;3:214-20.
- Basmajian JV, De Luca CJ. Muscles alive, their functions revealed by electromyography. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.
- Chaffin DB. Localized muscle fatigue-definition and measurement. J Occup Med. 1973;15(4):346-54.
- Drost G, Stegeman DF, van Engelen BG et al. Clinical applications of high-density surface EMG: A systematic review. J Electromyogr Kinesiol. 2006;16(6):586-602.
- Dvir Z. Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications, Churchill Livingstone, Edinburg, 1995.
- Glesson NP, Mercer TH. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. Sport Med. 1996;21(1):18-34.
- Kawakami Y, Ichinose Y, Fukunaga T. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. J Appl Physiol. 1998; 85(2):398-404.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise foundations and techniques. 3rd ed. Philadelphia: F. A. Davis Company, 1996.
- MacIntyre DL, Slawnych MP, Reid WD et al. Fatigue of the knee extensor muscles following eccentric exercise. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1998; 38(1):3-9.
- Mannion AF, Dumas GA, Stevenson JM et al. The influence of muscle fiber size and type distribution on electromyographic measures of back muscle fatigability. Spine. 1998;23(5):576-84.
- Mannion AF, Connolly B, Wood K et al. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. J Rehabil Res Dev. 1997;34(4):427-39.
- Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency change during isometric contraction of the back extensors to fatigue. Spine. 1994; 19(11):1223-1229.
- Miller AE, MacDougall JD, Tarnopolsky MA et al. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1993;66(3):254-56.
- Montes R. Changes in the Cross-sectional Diameter of Muscle Ultrasonography between Relaxation and Maximum Voluntary Isometric Contraction in Normal Young Subjects. Physiotherapy. 2001;87(4):172-8.
- Roy SH, De Luca CJ, Emley M et al. Classification of back muscle impairment based on the surface electromyographic signal. J Rehabil Res Dev. 1997; 34(4):405-14.
- Vollestad NK. Measure of human muscle fatigue. J Neurosci Methods. 1997;74(2):219-27.
- Umezū Y, Kawazu T, Tajima F et al. Spectral electromyographic fatigue analysis of back muscles in healthy adult women compared with men. Arch Phys Med Rehabil. 1998;79(5):536-8.