

# 성별에 따른 표면근전도의 중앙주파수 분석에 관한 연구

이 상 식\* · 이 기 영\*\* · 고 재 옥\*\*\* · 박 원 엽\*\*\*\*

## A Study Median Frequency Analysis of Surface EMG on Gender Differences

Sang-Sik Lee · Ki-Young Lee · Jae-Wook Go · Won-Yeop Park

### 요 약

표면근전도의 중앙주파수 특징을 이용하여 근지구력시간에 대한 남녀 성별차별을 구분할 수가 있다. 중앙주파수는 근육의 피로속도를 측정하는데 주로 사용하는 인자이다. 본 연구에서는 상완이두근의 등장성 운동을 통한 근전도의 성별차이를 알아보았다. 등장성운동은 피실험자가 근육피로가 피곤해 질 때까지를 측정하였다. 남녀 성별차이는 근지구력시간에 대한 중앙주파수의 선형회귀선의 기울기로 구분되어지는 특성을 보였다.

### ABSTRACT

Gender differences have been studied by using spectral features such as median frequency (MDF) respectively. MDF is the most commonly used as a feature to describe muscle conduction velocity. The aim of this paper is to detect gender differences from surface EMG signals during isotonic contractions of the bicep Brachii. Eight volunteers participated in surface EMG recordings placed on the biceps brachii and each recording experiment continued until their exhaustion. We used feature values and regressive slopes and compared the feature changes from the onset to the endurance time to find gender differences. The result of experiments shows that the regressive slope of these features is valid to measure gender differences.

**Key Words** : Gender differences, EMG, Regressive slope, Isotonic exercise, MDF

### 1. 서 론

근지구력시간 예측에 대한 남녀간의 구별을 위한 방법은 없지만 대부분의 경우는 표면 근전도를 이용하여 예측하는 방법이 다양하게 제시되고 있

다. 특히 정적이거나 동적으로 수축운동을 하는 동안 정상인의 근피로는 표면 근전도의 크기에 해당하는 제곱평균제곱근의 증가를 수반할 뿐만 아니라, 표면 근전도의 전력 스펙트럼이 주파수축의 방향으로 이동하는 스펙트럼 압축[1]에 의하여 중앙

\* 관동대학교 의료공학과 교수

\*\* 교신저자 : 관동대학교 의료공학과 교수 (kylee@kd.ac.kr)

\*\*\* 관동대학교 사회복지학과 교수

\*\*\*\* 한경대학교 기계공학과 교수

접수일자 : 2012년 1월 2일, 수정일자 : 2012년 1월 20일, 심사완료일자 : 2012년 1월 28일

주파수의 감소를 수반한다[2-4]. Lee 등 [5]이 발표한 실험결과와 같이 등척성이거나 등장성 운동시 근피로가 증가함에 따라 동기화 및 보충에 의해 활성전위 전도속도가 감소하여 전력스펙트럼은 저주파수 대역으로 천이하기 때문에 스펙트럼 특징인 중앙주파수는 감소한다.

Pincivero 등 [6, 7]은 등척성 운동시 최대수축강도(MVC)에서 근전도의 시간 특징 중앙주파수는 근육사이의 차이도 있지만 남녀 그룹별 차이가 있음을 제시하였다. 그러나 Nie 등 [8]은 최대근육강도로 운동할 때 통증에 따르거나 또는 제공평균제곱근 값 사이의 성별차이는 없다고 발표한 바 있다. 성별차이를 찾기 위한 대표적인 방법으로 남성과 여성 피검자의 각 중앙주파수의 평균값을 이용하였다. 중앙주파수의 변화는 근피로에 이르도록 감소하는 변화를 보이기 때문에 근피로에 대한 피로인자로 널리 알려져 있으나, 피검자에 따라 표준편차가 크거나[9] 비선형적인 하강 천이가 있어 근피로의 상태를 파악하기 어렵다[10].

따라서 본 연구에서는 피검자의 남녀 그룹별 특징을 검출하기 위하여, 각 피검자마다 근지구력시간으로 나누어 스펙트럼 특징인 중앙주파수를 분석하였다. 또한 각 특징의 변화율인 기울기는 선형회귀분석에 의해 계산하였으며, 등장성 운동의 초기시간 및 최종의 근지구력시간에 이를 때까지의 기울기를 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 피검자

본 연구에서는 등장성 근전도의 측정에 자원하여 참여한 피검자는 심혈관, 신경성 및 상완 질환이 없는 성인 남자 4명과 여자 4명이며[표 1], 이들이 피로하여 소진할 때까지 등장성운동을 하는 동안 근전도를 측정실험에 참여하였다. 각 피검자의 나이, 키, 몸무게 및 오른쪽 상완이두근의 최대수축강도를 측정하였고, 본 연구의 모든 실험과정은 헬싱키선언의 윤리적 기준을 따라 수행하였다. 본 연구에서 사용한 최대수축강도는 20%MVC이다.

표 1. 피검자의 특성(평균±표준편차)  
Table 1. Subjects characteristics (mean±s.d.)

Gender	Ave (years)	Height (cm)	Mass (kg)	MVC (kgf)
Males (n=4)	27±3.9	169±4.3	75±6.5	24±1.2
Females (n=4)	25±3.2	162±7.3	51±4.6	13±1.2
All (n=8)	26±3.5	166±6.9	63±14.0	19±6.0

최대수축강도(MVC)를 측정하기 위한 근력측정장비는 MMT(Manual Muscle Test, Lafayette instrument, USA)이며, 등장성 운동시 표면근전도 신호를 기록하는 근전도계로 MA-3000-16 (Motion Lab System, Inc. USA)을 사용하였다. 여기서, MMT로 측정하는 최대수축강도는 각 피검자의 오른팔로 90° 수축을 3초간 지속하여 최대치로 정하였다. 상완이두근의 등장성 수축에 대한 근전도를 측정하기 위해 위팔을 몸에 부친 상태에서 20%MVC 강도의 부하로 매트리스에 맞추어 25회/분의 속도로 110°씩 굽혀지도록 반복주기 2.4초로 수축하였다. 피검자들은 4번씩 수행하였고, 종료시점은 피검자가 근피로에 이르러 더 이상 운동을 수행할 수 없어 반복주기를 맞추지 못하는 시점으로 하였다[5].

### 2. 신호처리

표면근전도의 샘플링주파수는 1kHz로 하였으며, 등장성 운동의 반복주기인 2.4초 간격마다 수축과 이완을 반복하므로 이들 신호를 모두 포함할 수 있는 4.8초 구간의 해밍 윈도우를 씌운 다음, FFT에 의해 전력스펙트럼을 산출하였으며[5], 이로부터 표면근전도의 스펙트럼 특징인 중앙주파수를 계산하였다[11]. 여기서 피검자의 남녀 그룹별 특징들을 비교하기 위하여, 각 피검자마다 근지구력시간을 10개 구간으로 나누어 비교하였다[12]. 또한 각 특징의 변화율인 기울기는 선형회귀분석에 의해 계산하였으며, 등장성 운동의 초기시간 및 최종의 근지구력시간에 이를 때까지의 기울기를 비

교하였다.

### III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 남녀 그룹별 근피로 특성의 변화 및 그에 따른 특징을 추출하기 위하여 각 그룹의 피검자마다 상완이두근의 등장성 운동을 근지구력 시간까지 수행하였으며, 측정된 표면근전도 신호로부터 중앙주파수를 산출한 결과들을 분석하였다.

#### 1. 표면근전도 특성의 변화

그림 1은 근지구력시간까지의 중앙주파수의 변화를 보이고 있다. 남성 피검자(n=4)들의 중앙주파수는 초기(10%Tend)에 53±6.6Hz에서 근지구력시간(Tend)에 44±5.6Hz 로 약 17% 감소하였으며, 여성 피검자(n=4)의 경우 54±3.8Hz에서 48±4.0까지 약 11% 감소하였다. 그러나 중앙주파수의 값만으로는 남녀 그룹의 각 특징 사이의 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 따라서 본 연구에서는 중앙주파수의 기울기 특성을 이용하여 남녀간의 차이를 알아보았다.

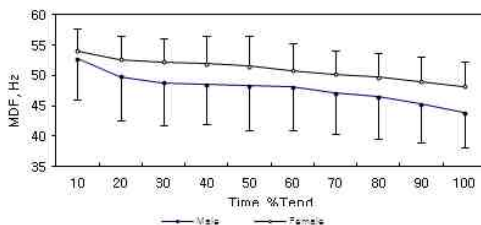


그림 1. 등장성운동시 근지구력시간까지의 중앙주파수의 평균 변화

Fig. 1. Mean changes in median frequency (MDF) during isotonic contractions until endurance time.

#### 2. 운동시간에 따른 특징의 기울기 비교

표 2에서 보이는 바와 같이 이 기울기들의 남녀 그룹별 쌍체 t-검정(paired t-test)을 수행한 결과 근지구력시간의 50%까지 유의한 차이가 없었으나 (P>0.05), 100% 근지구력시간에서 유의한 차이가

있었다(P<0.05). 남녀간 중앙주파수 기울기 사이의 쌍체 t-검증에서 P 값이 0.05보다 낮은 것은 피검자가 근지구력시간을 모두 사용해야만 한다. 그러나 대부분의 등장성 운동에서 근지구력을 최대로 사용하는 경우는 거의 없으므로 근지구력 10% 및 50%일 때 근지구력을 예측할 수 있다[Dimitrov]고 하지만, 남녀간의 구별은 중앙주파수의 값만으로 구별하기 어려우므로 기울기 경향을 통하여 알아보았다.

표 2. 남녀간 중앙주파수 기울기 사이의 쌍체 t-검증의 P 값  
Table 2. P values by paired t-test between slopes in median frequency (MDF) of males and females

-	10%Tend	50%Tend	100%Tend
P value	0.7283	0.3962	0.0297

그림 2, 3, 4에는 남녀 모든 피검자(n=8)들이 상완이두근의 등장성 운동을 수행하는 동안 중앙주파수의 변화율인 기울기들을 보이고 있다.

그림 2는 근지구력시간(Tend)의 10%에 해당하는 10초 이내에서의 각 피검자들의 결과이다. 그림 2에서 보는바와 같이 근지구력 시간 10%에서 중앙주파수 값은 남녀간 단순 시간의 비교에 의해 구별이 되는 것으로 판단되지만, 이것은 특정한 사람에 따라 근지구력시간이 다르므로 특별히 남녀를 구분할 수 있다고 판단하기는 어렵다. 하지만 특별한 그룹의 모음이나 경향을 나타내는 기울기를 통하여 남녀간의 구별을 할 수 있다는 것을 도식적으로 알 수가 있다. 그런데 그룹모음의 형태는 피검자의 환경에 따라 달라질 수 있으므로, 전체적인 기울기 경향을 통하여 남녀간의 구별을 분석한 결과 남녀간의 경향 자체는 알 수가 있다.

그림 3은 근지구력시간(Tend)의 50%에 해당하는 10-45초 사이에서의 각 피검자들의 실험결과이다. 그림 3에서 보는바와 같이 남녀 그룹 모두 중앙주파수 값의 변화량이 10% 근지구력시간에 비하여 적어지는 것을 알 수가 있다. 또한 50% 근지구력시간에서도 10% 근지구력시간과 마찬가지로 남녀간의 전체적인 기울기의 경향을 통하여 남녀 그룹 구별이 가능함을 알 수가 있다.

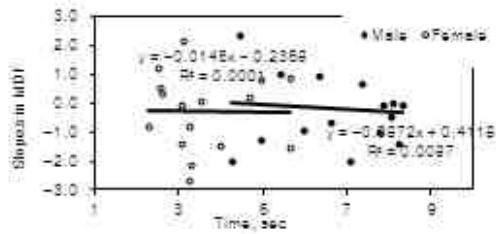


그림 2. 근지구력시간 10%에서 중앙주파수의 기울기  
Fig. 2. Slopes in median frequency (MDF) at 10% of Tend.

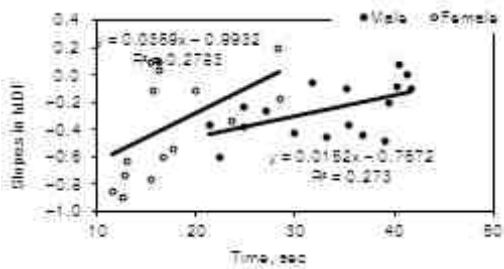


그림 3. 근지구력시간 50%에서 중앙주파수의 기울기  
Fig. 3. Slopes in median frequency (MDF) at 50% of Tend.

그림 4는 근지구력시간(Tend)에 해당하는 20-90초 사이에서의 각 피검자들의 기울기이다. 근지구력시간 100%에서는 중앙주파수의 변화량이 이전의 10%와 50%의 근지구력시간에 비하여 적어지는 것은 근육을 최대한 사용한 범위의 측정치이다. 10%, 50% 및 100%의 근지구력시간 모두 남녀 그룹에서 다른 경향을 보이고 있다는 것을 알 수가 있다.

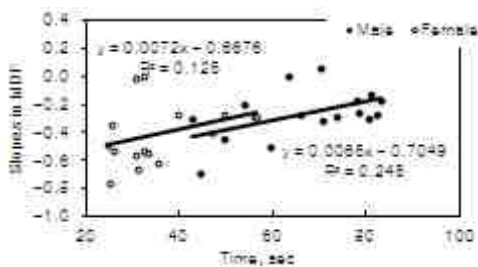


그림 4. 근지구력시간 100%에서 중앙주파수의 기울기  
Fig. 4. Slopes in median frequency (MDF) at 100% of Tend.

이상과 같이 비교한 결과 중앙주파수 값만으로는

남녀 그룹사이의 유의한 차이를 알 수 없었다. 그러나 특징 값들의 변화율 즉, 선형회귀분석에 의한 기울기를 이용하여 비교한 결과 스펙트럼 특징인 중앙주파수의 기울기들은 근지구력시간에서 모두 유의한 차이를 얻을 수 있었다(표1). 그리고 근지구력시간 10%, 50% 및 100% 모두 남녀가 동시에 등장성 운동을 수행하면 남녀 그룹 사이에 유의한 차이를 알 수가 있다. 따라서 근지구력시간에서의 표면근전도의 중앙주파수 변화율이 남녀 그룹사이의 유의한 차이를 얻기에 적당함을 알 수 있었다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 표면근전도로부터 산출한 근피로 특징을 이용하여 남녀 그룹별 유의한 차이를 검출하기 위하여 중앙주파수를 근지구력시간 동안 산출하였으며, 각각 선형회귀분석을 이용하여 비교 검토하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 근피로가 증가할수록 남녀 그룹의 차이 없이 활성전위 전도속도가 감소함에 따라 중앙주파수는 감소한다.
- (2) 중앙주파수의 값만으로는 남녀 그룹사이의 유의한 차이가 없었으나, 근지구력시간에서 이 특징들의 기울기는 유의한 차이가 있었다.

이상의 결론으로부터 상완이두근의 표면근전도에서 남녀 그룹 사이의 유의한 차이를 얻기 위해서는 근피로로 인한 근지구력시간에서 중앙주파수의 선형회귀선의 기울기가 적합한 인자임을 확인하였다. 하지만 정확한 신뢰도를 높이기 위해서는 향후에 제곱평균제곱근 분석과 선택한 20%MVC를 기준으로 보다 높은 수축강도에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 한국산업단지공단에서 지원하는 2011년도 생산기술사업화지원사업(현장맞춤형 기술개발)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Lowery, M., Nolan, P., O'Malley, M., "Electromyogram median frequency, spectral compression and muscle fibre conduction velocity during sustained sub-maximal contraction of the brachioradialis muscle," *J. Electromyography and Kinesiology* 12(2): 111-118, 2002.
- [2] Petrofsky, J. S., Glaser, R. M., Phillips, C. A., Lind, A. R., Williams, C., "Evaluation of the Amplitude and Frequency Components of the Surface EMG as an Index of Muscle Fatigue," *Ergonomics*, Vol. 25, No. 3, pp. 213-223, 1982.
- [3] Duchene, J., Goubel, F., "EMG Spectral Shift as an Indicator of Fatigability in an Heterogeneous Muscle Group," *Eur. J. Appl. Physiol*, 61:81-87, 1990.
- [4] Masuda, K., Masuda, T., Sadoyama, T., Inaki, M., Katsuta, S., "Changes in Surface EMG Parameters during Static and Dynamic Fatiguing Contractions," *J. Electromyography and Kinesiology* 9(1), pp. 39-46, 1999.
- [5] Lee, K. Y., Ki-Young Shin, Hyo Shin Kim, Joung Hwan Mun, "Estimating Muscle Fatigue of the Biceps Brachii using High to Low Band Ratio in EMG during Isotonic Exercise," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 10(3):147-153, 2009.
- [6] Lee Ki Young, Sangsik Lee, Ahn Ryul Choi, Chang-Hyun Choi and Joung Hwan Mun, "Endurance Time Prediction of Biceps Brachii Muscle Using Dimitrov Spectral Index of Surface Electromyogram During Isotonic Contractions", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 12(4):711-717, 2011.
- [7] Danny M. Pincivero, Alan J. Coelho, "Activation linearity and parallelism of the superficial quadriceps across the isometric intensity spectrum," *Muscle & Nerve*, 23(3):393 - 398, 2000.
- [8] Danny M. Pincivero, Robert M. Campy, Yuliya Salfetnikov, Ashley Bright, and Alan J. Coelho, "Influence of contraction intensity, muscle, and gender on median frequency of the quadriceps femoris," *Journal of Applied Physiology*, 90(3):804-810, 2001.
- [9] Nie, HL., Lars Arendt-Nielsen, Adam Kawczynski, Pascal Madeleine, "Gender Effects on Trapezius Surface EMG during Delayed Onset Muscle Soreness due to Eccentric Shoulder Exercise," *J. Electromyography and Kinesiology* 17, pp. 401 - 409, 2007.
- [10] E. Chanran, B. Maton, A. Fourment, "Effect of Postural Muscle Fatigue on the Relation between Segmental Posture and Movement," *J. Electromyography and Kinesiology* 12: 67-69, 2002.
- [11] De Luca, C. J., "The Use of Surface Electromyography in Biomechanics," *J. Appl. Physiol.* 13(2): 135- 163, 1997.
- [12] Stulen FB, et al., "Frequency Parameters of the Myoelectric Signal as a Measure of Muscle Conduction Velocity," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 28:515-523, 1981.
- [13] Allison G. T., Fujiwara T., "The Relationship between EMG Median Frequency and Low Frequency Band Amplitude Changes at different Levels of Muscle Capacity," *Clinical Biomechanics* 17:464-469, 2002.

