

말단압력과 근전도를 이용한 근피로도의 추정에 관한 연구 Study on Estimation of Muscle Fatigue using Foot Pressure and EMG

*강오현¹, 이상룡¹, 허근섭¹, 강주영¹, 서성준¹, 이춘영¹

*O. H. Kang¹, S. R. Lee¹, G. S. Heo¹, J. Y. Kang¹, S. S. Jun¹, C. Y. Lee(cylee@knu.ac.kr)¹

¹ 경북대학교 기계공학과

Key words : Muscle Fatigue, Pressures, EMG (electromyograph), cycling, Estimation

1. 서론

산업의 발달로 현대인들은 직접적으로 노동력을 사용하는 일보다 기계를 사용한 업무가 많아지게 되었고, 급속한 경제발전과 편리함은 사람의 운동 부족을 유발하였다. 이는 사람의 체력 저하를 가져와 양호한 건강상태를 유지하기 힘들게 만들고 있다¹. 이러한 체력 저하를 극복하기 위하여 다양한 형태로 운동을 하기위한 방법을 강구하고 있는데, 아파트의 주거형태가 증가하고 있는 과정에서 운동의 형태 또한 집안에서 운동 기구를 설치하여 운동하는 경향이 증가 하고 있다. 하지만 근육이 피로한 상태에서 운동처방 없이 계속적으로 운동을 하게 되면 과도한 운동으로 근육에 피로를 더욱 증가 시키고, 부상이 발생 할 수 있다. 그리고 적절한 운동량의 기준을 알 수 가 없다는 문제점이 있다. 계속적으로 전문적인 지식이 없이 운동을 강행 한다면 몸에 피로가 축적 되어 안전의 문제가 발생할 수 있다. 이에 근피로도의 측정이 필요하다. 근육의 피로는 근 장력을 최대로 증가시킨 상태에서, 근 장력을 유지할 수 있는 상태의 손실로 정의 된다. 오랜 시간 운동을 진행하면 근 장력의 이완/수축이 반복적으로 일어나면서 신경자극에 의해 부상 위험에 더욱 노출 되고, 신체에 피로가 누적되게 하여 근육과 골격질환의 발생 원인이 된다². 본 연구에서는 실내 자전거 운동 시 발끝의 말단 압력과 대퇴근의 근전도 신호를 입력 받을 수 있는 시스템 구축에 대한 연구를 수행하였다. 기존의 근전도 신호 분석을 통한 근피로도와 실제 운동 힘 변화에 따른 근피로 분석을 통하여 자전거 운동에 대한 새로운 근피로도 모델을 제안하고자 한다. 자전거 운동 시 운동 부하를 정량적으로 변화 시켜 줄 수 있도록 하면 더욱 효과적이고 안전한 운동을 가능하게 할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 근피로도 측정

근육 피로도의 측정 방법 중에 널리 사용되고 있는 것은 피부 표면에 전극을 부착하여 근전도 신호(EMG signal)를 측정하는 것인데, 크게 Root Mean Square(RMS)를 이용하는 방법과 주파수 스펙트럼 분석을 통한 방법이 있다³.

RMS값은 근전도 신호의 진폭이 반영되는 특징이 있는데, 근육이 최대로 수축시킬 때의 진폭은 일정하게 유지되거나 점차적으로 증가하는 것이 관찰되어 근육의 길이와 수축력이 변하는 역동적인 운동에서의 근전도 신호를 해석할 때는 잘 사용되지 않는다⁴. 주파수 스펙트럼 분석 방법으로는 근육의 활동 상태에서 최대 근육 수축 상태에 대한 측정량을 해석하여 중앙 주파수(median frequency)를 관찰하는 방법과 평균주파수(mean power frequency)를 구하는 방법이 있다^{5, 6, 7}. 우리는 Fast Fourier Transform(FFT)을 이용하여 인체의 생리신호 처리를 수행하였고, MPF(mean power frequency) 스펙트럼의 평균 주파수를 적용하여 근육의 피로도 분석에 사용하였다^{8, 9}. 데이터는 20Hz high pass filter와 500Hz low pass filter를 이용하여 잡음을 제거하였다.

또한, 본 연구에서는 근전도 신호 이외에 페달을 밟는 발바닥에서 작용하는 압력신호를 수집할 수 있도록 특수 페달을 제작하고, 로드셀을 내장하였다. 로드셀은 인체 무게 기준으로 좌우 각각 최대 100kg을 측정할 수 있도록 선정하였다. 실험은 총 2분 동안 진행하였으며, 스핀바이크 휠에 78kg의 부하를 준 상태에서 운동하였으며, 운동을 시작하지 10초 후의 데이터부터 60초 동안의 데이터를 분석하였다.

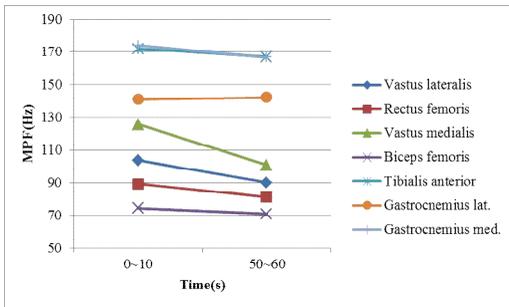


Fig. 1 Mean Power Frequency Result

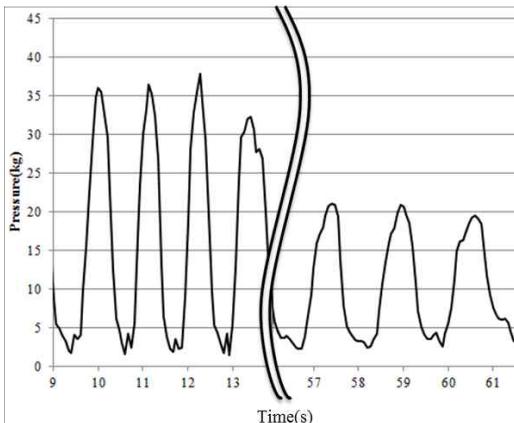


Fig. 2 Foot pressure result during cycling (partial data)

근육 피로도의 추정을 위해 Fast Fourier Transform(FFT)을 이용하여 인체의 생리신호를 수행하였다. Fig.1을 보면, 운동시간이 지나감에 따라 중앙주파수 값이 감소하고 있는 것을 볼 수 있다. Fig. 2는 페달 말단에서 측정한 압력 데이터를 부분적으로 나타내고 있다. 데이터를 6구간으로 나누어 최대압력의 평균을 분석해본 결과, 마지막 구간의 값이 첫 구간 값에 대해 37.5%감소된 것을 알 수 있었다. 따라서 피로도의 증가와 말단압력의 변화는 유의한 관계에 있다고 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 인간의 운동 활동 시 발생하는 근 피로도를 측정하기 위한 유효한 방법을 찾는 것을 목적으로, 기존의 근전도신호를 이용한 근피로도 추정과 더불어 말단의 압력이 근피로도와 어떠한 관계가 있는지 연구하였다. 이를 위하여 스피닝바이크를 동체로 하고, 말단 압력 측정을 위한 특수 페달을 개발하여 적용하여 보았다. 그 결과, 말단압력 값이

근피로도 와 밀접한 관계를 갖는 것을 확인 하였다. 이후 우리는 근전도 신호처리 방법과 말단 압력 값의 융합 방법에 대한 연구를 통해 근피로도 추정에 대한 새로운 방법을 제시하고자 한다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2010-0020089), 기초과학연구프로그램(2011-0023437), 공학연구센터프로그램(2011-0030075)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. 황중문, 김근영, ECG를 이용한 유상소성 운동선수의 심박수 및 PR Interval에 관한 연구, 한국체육과학회지 제4권 1호 25-34, 1995.
2. A.B.Ritter, et al., Biomedical Engineering Principles, Taylor & Francis, 2005.
3. Petrofsky JS . Frequency and amplitude analysis of the EMG during exercise on the bicycle ergometer. Eur J Appl Physiol. 1979 ;41:1- 15.
4. H. Christensen, A. Fuglsang-Frederiksen, Quantitative surface EMG during sustained and intermittent submaximal contractions, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Volume 70, Issue 3, September 1988, Pages 239-247
5. Seroussi R, Krug MH, Wilder P, et al. The design and use of a microcomputerized real time muscle fatigue monitor based on the medial frequency shift in the electromyographic signal. IEEE Trans Biomed Eng . 1989 ;36 :284 - 286.
6. Flint MM. Abdominal muscle involvement during performance of various forms of sit-up exercise. Am J Phys Med 44:224, 1965.
7. Stulen F. Frequency parameters of the myoelectric signal as a measure of muscle conduction velocity. IEEE Tras. Biomed. Eng. 28:512-523, 1981.
8. Lindstrom L, Magnusson R, Petersen I. Muscular fatigue and action potential conduction velocity changes studied with frequency analysis of EMG signal, Electromyography, 4, 341-356, 1970.
9. Baidya KN, Stevenson MG, Local muscle fatigue in repetitive work, Ergonomics, 31, 227-239, 1980.