

근전도 신호의 중간주파수를 이용한 근피로도 측정 시스템 구현

김진희, 권혁준, 방용혁, 정도운*

동서대학교 컴퓨터공학부

Implementation of Muscle Fatigue Measurement System using Median Frequency in EMG

Jin-Hee Kim, Hyuk-Jun Kwon, Yong-Hyuk Bang, Do-Un Jung*

Division of Computer Engineering, Dongseo University

Abstract This paper propose wearable EMG monitoring system for prevention of musculoskeletal diseases in order to cope with the health monitoring requirement in everyday life. The system is based on analyzing EMG signals, allowing the user to monitor the user's muscle fatigue in real-time through the application and alarm the patient. To measure muscle fatigue, the FFT technique was applied to the EMG signal and the median frequency was calculated to calculate the index of muscle fatigue. To evaluate the performance of the system, performed muscle exercise and compared the first EMG signal with the final EMG signal. As a result, it was confirmed that the value of the median frequency decreased as the muscle exercise progressed.

• Key Words : Electrocardiogram, Arrhythmia, Activity Information, Health Care, Monitoring System

I. 서론

의료 기술의 발달로 인하여 평균 수명이 연장함에 따라 인구 고령화와 의료비 증가 등 다양한 사회적 문제가 야기되었다. 이를 해결하기 위하여 의료 기술과 ICT 기술의 접목을 통해 최소한의 비용으로 다양한 의료 서비스를 제공할 수 있는 스마트 헬스케어 기술이 부각되고 있다. 오늘날 현대 사회의 업무 형태는 급속한 컴퓨터의 보급으로 획일화된 업무형태가 나타남으로 인해 근골격계 질환이 증가하고 있다. 20대의 발병률은 최근 4년 사이 환자 수가 약 35% 증가하였으며, 40대에서 50대의 환자 수는 약 십만 명에 이르는 것으로 나타났다[1]. 이러한 근골격계 질환은 통증 호소율이 낮으며, 통증 자체를 안일하게 생각하는 경우가 많다. 근골격 질환을 예방하고 치료하기 위해서 반복적 작업 행동 사이에 휴식을 취하여 근육을 쉬게 해주는 것이 최선이다. 그럼에도 불구하고 환자 스스로 근육의 피로도를 판단하기에는 어려움이 있다. 따라서 근육의 전기적 신호를 진단 분석하여 근육의 피로함에 비례한 피로의 정도를 알려주는 모니터링 시스템이 요구된다.

기존 연구 대부분은 근전도를 활용하여 근력 분석, 재활 치료를 위한 근육의 움직임 파악[2], 그리고 근육의 움직임을 이용한 하드웨어 제어[3]를 연구하였다. 하지만 근육의 피로도는 사람마다 느끼는 정도가 다르고, 재활 치료에 초점을 맞추어 진행된 연구들이 많기 때문에 일상생활에서 사용자의 근육의 피로도에 대한 연구는 아직까지 많이 부족한 실정이다. 실제 생체신호를 측정하는 과정에서 재활치료 등 사용자에게 도움이 된다 하여도 무리한 근육의 움직임일 경우 역효과를 불러오는 등 고려해야 할 상황이 많다. 따라

서 본 논문에서는 근전도(EMG)신호를 분석하는 것을 기반으로 사용자의 근육의 피로도를 애플리케이션을 통해 실시간으로 모니터링 가능하고 환자에게 알람을 통해 적절한 휴식을 가질 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

II. 본론

2.1 근전도(Electromyography, EMG)

근전도는 근육이 전기적으로 혹은 신경적으로 활성화될 때 근골격에서 발생하는 눈에는 보이지 않는 전기적인 신호이다. 이러한 신호를 측정하기 위해서는 근전계를 써서 피부 표면에 전극을 붙여 측정하는 방법과 수의근에 가는 전극을 직접 찔러 넣어 측정하는 방법이 있다. 본 논문에서 다루는 방법은 피부 표면에 전극을 붙여 측정하는 것이다.

2.1 전체 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 일상에서 무구속적으로 사용할 수 있도록 부착형 계측 모듈(PhysioLab, PSL-IEMG2)을 이용한 근전도 신호 측정부와 소프트웨어를 설계하였다. 측정부에서 데이터를 측정하여 차등증폭기(INA)를 통해 데이터를 증폭시킨다. 이 후, 증폭되어진 데이터를 고역통과필터(High Pass Filter)와 저역통과필터(Low pass Filter)를 통하여 흔들림과 잡음을 감소시킨다. 이렇게 측정되어진 데이터는 안드로이드 기반의 소프트웨어부로 전송되어 실시간 모니터링 및 경고 알람을 제공한다.

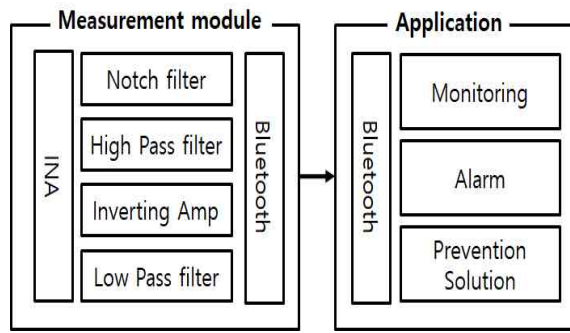


Fig. 1 Overall system configuration diagram.

2.2. 근육의 피로도 판별 알고리즘

근육의 피로도 판별 알고리즘 추정하기 위하여 중간주파수를 이용한 팔굽혀펴기를 했을 시 어깨의 피로도 측정 연구[4]를 참고하여 사용자의 근전도 신호에서 중간 주파수를 산출하였다. 근육의 피로도 판별 알고리즘은 중간 주파수 분석을 통하여 기존의 시스템과 달리 일상생활에서 근육의 피로도를 추출할 수 있도록 설계되었다. 근력운동 시 발생한 근전도 신호에서 추출된 초기의 중간 주파수와 근력운동 후 중간 주파수의 값의 변화량을 비교하여 근육의 피로도를 설정된 임계값을 기준으로 단계별 구분하여 소프트웨어에서 경고 메시지를 전달한다.

2.3 근전도 전극

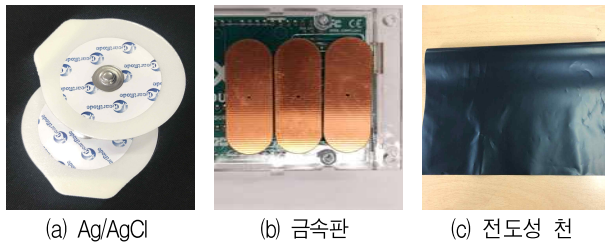


Fig. 1 EMG electrodes

Ag/AgCl 전극은 기존의 근전도를 측정하기 위하여 자주 사용되는 전극이다. 기준전극으로는 칼로멜전극과 Ag/AgCl이 있다. 하지만 칼로멜 전극은 수은의 위험성으로 인하여 제제하게 되었고, 수은이 없어 안정성을 갖추고 사용이 간편하다는 장점을 가진 Ag/AgCl 전극이 요즘 기준전극으로 사용되고 있다. 하지만 전극을 몸에 부착하여 리드선 사용으로 구속적인 측정이 불가피하며, 측정할 때마다 전극을 바꿔 새로운 것으로 측정해야 한다는 일회성이라는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 금속판과 전도성 천을 이용하고자 하였다. 순수 구리로 만들어진 금속판은 재사용이 가능하며 동시에 휴대성 또한 갖추고 있기 때문에 구속적 측정과 일회성의 단점을 해결할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Ag/AgCl의 단점을 해결하고, 일상생활에서의 휴대성을 높이고, 지속적으로 재사용이 가능하도록 하는 금속판과 전도성 천을 활용하여 근전도 신호를 측정하였다.

III. 실험 및 결과

3.1 전극 측정 성능 평가

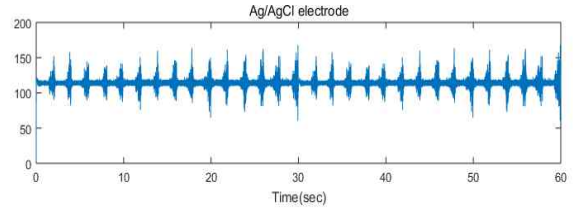


Fig. 1 Ag/AgCl electrode

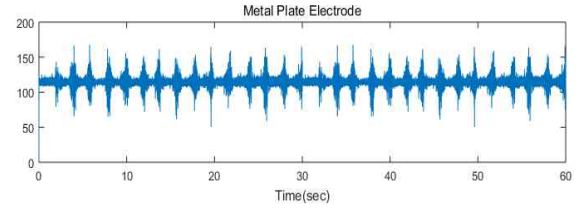


Fig. 2 Metal Plate electrode

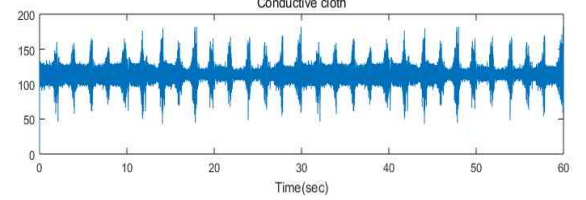


Fig. 3 Conductive cloth

Table. 1 Electrode Comparison Evaluation

본 논문에서는 Ag/AgCl 전극이 가진 일회성의 단점을 해결하기 위하여 금속판과 전도성 천을 사용하여 근전도 신호를 측정하였다. 측정하기에 앞서 금속판 혹은 전도성 천을 이용한 측정이 기준전극인 Ag/AgCl 전극만큼 측정이 잘 되는지에 대한 성능 평가가 필요하다. 표 1은 피실험자 1명이 3개의 다른 전극을 부착해 1분동안 주먹을 쥐었다가 펴는 과정에서 이 근육의 전기 신호를 측정한 그래프이다. 그림 1은 Ag/AgCl, 그림 2는 금속판, 그림 3은 전도성 천을 이용하여 주먹을 쥐었다 폈을 때 측정된 근전도 신호이다. 위의 신호는 매트랩의 필터 디자인을 이용해서 80Hz의 저역통과필터를 적용해 잡음을 제거하였다. 표 1을 참고하였을 때, 기준전극 Ag/AgCl 전극을 사용했을 때의 근전도 신호와 금속판, 전도성 천을 사용하였을 때의 근전도 신호의 차이가 심하지 않은 것을 확인할 수 있으며, Ag/AgCl 전극 대신 금속판 혹은 전도성 천을 활용함으로써 간편성을 높이고 일회성이란 단점을 해결할 수 있다.

3.2근육의 피로도 비교평가

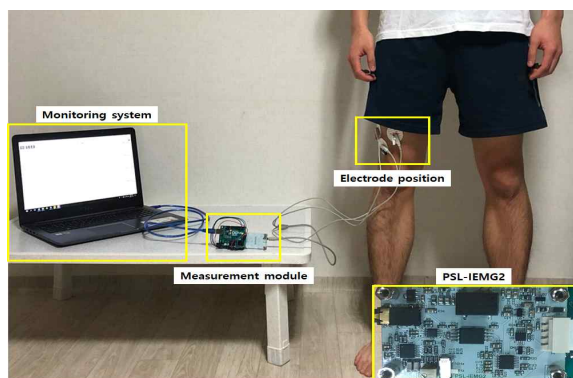


Fig. 2 Implemented electrocardiogram monitoring system.

근육의 피로도 비교평가를 위하여 신체질병이 없는 20대 5명을 대상으로 근력운동 기간에 따른 근육의 피로도를 측정하였다. 근력 운동은 스쿼트 자세로 설정하고, 측정 횟수는 총 100개로 근력운동을 진행하였다. 그림 2는 근육의 피로도 비교평가를 위한 실험 일례를 나타내었다. 근력 운동 기간에 따른 근육의 피로도를 비교하기 위하여 전체 측정 기간의 초기 20초 근전도 데이터와 마지막 20초 근전도 데이터의 중간 주파수를 비교 분석하였다. 측정된 EMG 데이터의 정확한 분석을 위하여 FFT 변환을 거쳐, 중간 주파수를 추출하였다. 실험결과, 실험자의 스쿼트 자세에 따른 근육의 피로도 감소율은 개인차가 있지만 실험자 모두 근력운동 시작구간과 마지막 부분의 전체적인 Spectrum의 크기가 줄어들었으며, 중간 주파수의 수치 또한 감소함을 확인할 수 있었다. 표 1은 5명의 실험자의 근육의 피로도에 따른 중간주파수 감소율을 나타내었으며, 그림 3은 측정된 EMG 데이터의 중간주파수 추출 과정을 나타내었다.

Table 1. comparative evaluation data

subject	Before Exercise	After Exercise	Reduction rate
subject 1	30.363 Hz	29.564 Hz	2.7 %
subject 2	30.973 Hz	26.827 Hz	13.3 %
subject 3	29.270 Hz	27.434 Hz	6.2 %
subject 4	22.365 Hz	20.805 Hz	6.9 %
subject 5	28.700 Hz	26.691 Hz	7 %

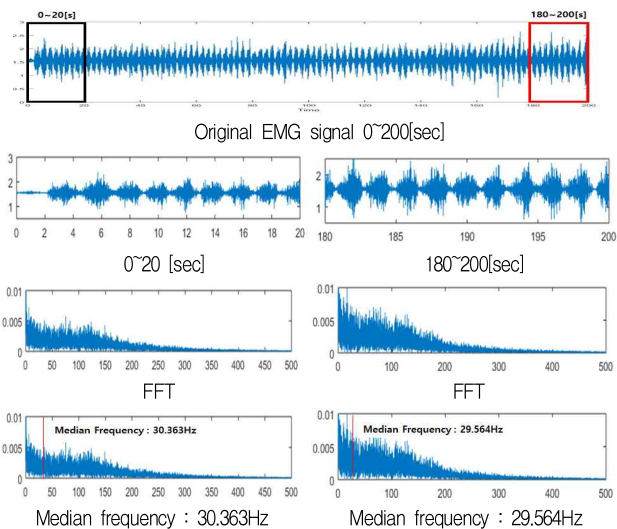


Fig. 3 Implemented electrocardiogram monitoring system.

3.3금속판을 이용한 피로도 비교평가

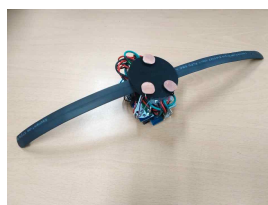


Fig. 3 Metal plate attachment

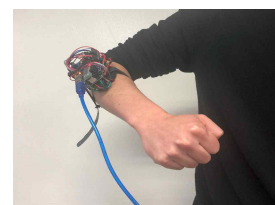


Fig. 4 Hardware Mounting

근육의 피로도를 확인하기 위한 성능의 평가는 모두 마쳤다. 성능적인 면에서 개인차가 있지만 피로도에 따라 중간주파수가 줄어드는 것을 확인하였다. 성능평가를 하였을 때는 Ag/AgCl 전극을 사용하였지만, 일회성과 구속적인 단점을 해결하기 위하여 금속판과 전도성 천을 이용하여 하드웨어를 제작하였다. 하드웨어의 전체적인 모습은 그림 3과 같으며 하드웨어를 장착한 모습은 그림 4로 나타내었다.

3.4애플리케이션을 통한 모니터링

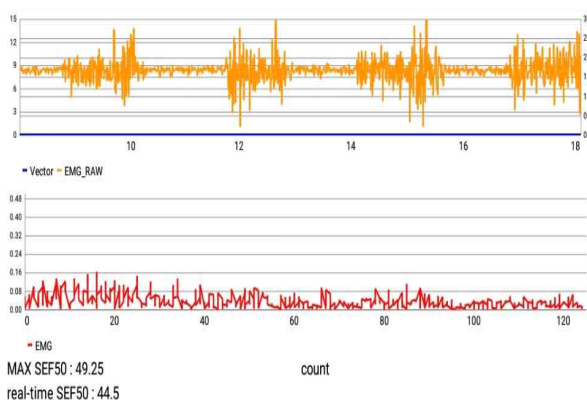


Fig. 5 Monitoring via app

본 논문은 모니터링을 통하여 사용자에게 실시간으로 알림 및 근육의 피로도를 알려주는 것을 목표로 하였기 때문에 애플리케이션을 개발하였다. 실시간으로 근육의 움직임을 나타내는 그래프 부분과 그 그래프를 FFT 변환하여 나타내는 그래프 부분으로 레이아웃을 구성하였다. 그림 5는 사용자가 그림 4와 같이 하드웨어를 장착한 뒤 주먹을 쥐었다 펴는 근전도의 신호를 실시간으로 그래프화하고 있으며 그 그래프를 FFT 변환을 하여 그래프로 나타내고 있는 것이다. 본 애플리케이션에서는 근전도의 값과 FFT 변환은 실시간으로 잘 나타났으며, 근육의 신호가 받아지는 속도 또한 모니터링이 가능하지만 중간주파수의 수치는 정확히 나타나지 않는 것으로 판단되어 향후 중간주파수 또한 모니터링이 가능하도록 연구하고자 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 근전도 신호 기반의 사용자의 근육의 피로도 측정하여 애플리케이션을 통해 실시간으로 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 근육의 피로도 판별 알고리즘을 통해 중간주파수 분석을 통하여 기존의 시스템과 달리 일상생활에서 근육의 피로도를 추출할 수 있다. 시스템 성능 평가를 위하여 근력 운동 기간에 따른 근육의 피로도를 비교하기 위하여 전체 측정 기간의 초기 20초 근전도 데이터와 마지막 20초 근전도 데이터의 중간 주파수를 비교 분석하였다. 실험결과, 실험자의 스쿼트 자세에 따른 근육의 피로도 감소율은 개인차가 있지만 실험자 모두 근력운동 시작 구간과 마지막 부분의 전체적인 Spectrum의 크기가 줄어들었으며, 중간 주파수의 수치 또한 감소함을 확인할 수 있었다. 향후 연구에는 보다 정밀한 근육의 피로도 측정 알고리즘을 개발하여 다양한 근력운동을 바탕으로 근육의 피로도를 추출하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력선도(LINC+) 육성사업의 연구결과 및 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2018R1D1A1B07045337)의 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

- [1] Health Insurance Review and Evaluation Institute. Number of people who were treated by age for carpal tunnel syndrome, (2016).
- [2] M. H. Baeg, et al. "Wrist and Grasping Forces Estimation using Electromyography for Robotic Prosthesis", (2017).
- [3] Song Joo Hee. "A Drone Control Method Using Electromyographic Signals", (2016).
- [4] W. D. Cho, et al. "Fatigue Measure of shoulder muscles using EMG sensor", (2013)