

## 근전도 주파수분석을 이용한 앉은 자세 평가

김동완, 백승화, 주관식, 백승은, 김보리, 권순태  
 명지대 정보공학과, 명지대 물리학과

### The evaluation of the Sitting posture using EMG frequency analysis

D. W. Kim, S. H. Beack, K. S. Joo, S. E. Paek, B. L. Kim, S. T. Kwon  
 School of information Engineering, Myongji Univ., Myongji Univ. Dept. of Physics.

**Abstract** - 인간이 서서 걸으면서 나타나는 필연적인 증상의 하나인 요통은 전체 인구의 80%가 일생에 한 번 이상 경험하며, 20%정도는 항상 허리 통증에 시달린다는 보고가 있다. 본 논문에서는 앉은 자세로 인한 요통에 대해서 연구하였다. 앉은 자세 변화에 따라 발생하는 작업자의 근육 근전도를 조사하고 분석하여, 인간공학적으로 적합한 앉은 자세 평가에 표면 근전도의 유용성을 알아보았다.

개인에 따라 차이가 있지만 허리에 주는 부담은 앉아 있는 것이 누워 있을 때에 비해 7배, 서 있을 때보다 3배 정도로 크다. 머리를 숙이고 웅크리고 앉아 있거나 등을 구부정하게 앉아 있는 것은 체중이 골고루 분산되지 않아 허리에 주는 부담이 더 크다. 따라서 나쁜 자세로 인해 생기는 요통은 무엇보다 적절한 운동을 통해 복부와 허리의 근육을 강화시켜주는 것과 함께 자세를 바르게 갖도록 해야 한다. 등근육 근전도 신호를 이용하여 자신의 자세정보를 알 수 있도록 하여 앉은 자세를 관찰하고 자세가 바르지 못할 경우 스스로 바른 자세를 유지할 수 있도록 유도함으로써 나쁜 자세로 인한 요통 예방에 도움을 주고자 한다.

#### 1. 서 론

인간이 서서 걸으면서 나타나는 필연적인 증상의 하나인 요통은 전체 인구의 90%가 일생에 한 번 이상 경험하며, 20% 정도는 항상 허리 통증에 시달린다는 보고가 있다.[1] 바른 자세와 운동에 의한 근력강화로 요통을 예방하는 것이 우선이다. 특히 오랜 시간 같은 자세로 앉아 있거나 공부하게 되는 직장인과 수험생들의 자세 습관이 불량하다면 요통이나 다른 질병을 초래할 수 있다. 자세에 따라 차이가 있지만, 허리에 주는 부담은 앉아 있는 것이 누워 있을 때에 비해 7배, 서 있을 때보다 3배 정도로 크다. 머리를 숙이고 웅크리고 앉아 있거나 등을 구부정하게 앉아 있는 것은 체중이 골고루 분산되지 않아 허리에 주는 부담이 더 크다. 따라서 요통을 악화시킬 수 있다. 잘못된 자세로 인해 생기는 요통은 무엇보다 적절한 운동을 통해 복부와 허리의 근육을 강화시켜주는 것과 함께 자세를 바르게 갖도록 해야 한다. 본 연구에서 척추세움근의 근전도(EMG)를 이용하여 자신의 자세정보를 알 수 있는 장치를 개발하여 앉은 자세를 검출하고 자세가 불량할 경우에 경고 메시지를 통해 스스로 바른 자세를 유지할 수 있도록 유도함으로써 자세 불량으로 인한 고통을 예방하고 요통 치료에 도움을 주고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 근전도(Electromyography: EMG)

근전도는 골격근이 수축할 때 발생하는 생체전기신호이며, 본 논문에서 등근육에서 자세 평가를 위해 취득하는 생체신호이다. 인간이 어떤 운동을 필요로 할 때, 근육이 수축되기 위해서는 뇌의 운동 피질에서 신경 임펄스열이 발생하여 척수를 통하여 각 운동단위에 연결된 신경에 연속적으로 전달된다. 그리고 신경 임펄스열이 운동 단위에 가해질 때 운동 단위열이라는 운동 전위를 발생시키며, 전위들에 의해 근전도 신호가 나타난다[2]. 정확한 의미의 근전도는 전기 진단 검사법의 한 부분이다. 생체 전기진단 검사는 크게 신경전도 검사(Nerve Conduction Study; NCS)와 근전도 검사로 구분된다. 하지만, 대부분의 사람들이나 병원에서 전기진단 검사를 근전도 혹은 근전도검사로 칭하고 있다. 근육의 수축력은 운동 신경 펄스의 발생 비율의 변화와 작용하는 운동 단위수의 변화에 따라 조절된다. 근육이 수축할 때 발생하는 근전도 신호를 추출하여 처리하는 근전도 신호 처리 분야는 응용 목적에 따라 크게 둘로 나뉜다. 첫째로 근전도에 대한 생리학적 연구에 바탕을 두어 근육 질환의 진단이나 근육의 피로도를 측정하여 임상 의학 및 스포츠 과학에 응용하는 분야이고, 둘째는 수축의 기능을 상실한 환자를 위한 재활 공학적 측면에서 인간-기계시스템에 적용한 보철 제어를 위한 응용 분야로 나뉘어 연구가 진행되고 있다[3][4].

##### 2.2 분석 알고리즘

척추 주위 근육의 지구력이 약해지거나 피로가 누적되면 기능적 역할 수행이 어려워지고 척추에 부담을 주게 된다. 따라서 등 근육의 기능과 피로도를 평가하여 현재의 상태를 정확히 파악하고 적절히 조치하기 위한 평가 방법이 요구되었다. 근육수축 시에 발생하는

근전도 신호를 표면 전극을 사용하여 취득 하고 분석하여 피로도를 측정하는 방법이 많이 연구되고 있다. 근전도 신호는 매우 복잡하고 안정한 신호가 아니기 때문에 시계열 신호 자체로 분석하거나, 각각의 신호에 따라 분류하는 것이 힘들다. 따라서 이러한 근전도 신호의 동작별 특징을 추출하여 분류가 가능하게 하는 신호처리 알고리즘이 매우 중요하다. 신호의 수학적 모델링 방법으로 절대 적분치, 영교차율, FFT, 선형 예측 모델, 스펙트럼 해석 등이 이용된다. 본 실험에서 적용한 근전도 신호 분석에는 절대 적분치와 FFT를 사용하였다. 표면 전극을 통해 기록 되는 순수한 시계열 근전도 신호를 주파수 계열 신호로 전환한 후 주파수 영역에서 분석하는 방법은 많은 연구원들이 제시한 근전도에 의한 근육의 피로도 측정기법 중 신뢰할 수 있는 방법이라고 보고하고 있다[3][4]. 절대 적분치는 긴장된 근육에서의 전위를 일정 시간동안의 신호에 대한 절대값을 합산하여 근육의 긴장상태를 판별한다. 또한 FFT는 긴장된 근육에서의 근피로도를 판별하는데 사용된다.

##### 2.2.1. 절대 적분치

본 논문에서 절대 적분치는 근육의 긴장 정도를 파악하기 위해 정해진 시간 동안의 신호의 절대 값을 적분하여 평균값을 취한 것으로서, 식 (2.1)에 의해 계산할 수 있다. 골격근이 수축할 때 근전도 신호의 전압 변화를 수치로 관찰할 수 있는 특징 값이다.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X(i\Delta t)| \quad (2.1)$$

$X$  : 관찰된 EMG 신호,  $\Delta t$  : 샘플링 간격  
 $N$  : 샘플링 수,  $i$  : 샘플링 순서

샘플링 시간 간격에 따라 N개 데이터의 절대값에 대하여 합산하고 다시 N으로 나누어 절대 적분치를 계산한다. 근육이 수축을 유지하는 동안 적분된 근전도 신호는 미세한 움직임에 의해 일반적으로 증가한다. 분석에 사용할 때는 절대 적분값의 평균값을 사용한다.

##### 2.2.2. FFT

시계열 자료를 주파수 계열 자료로 전환하여 주파수 도메인에서 근전도 신호를 평가하기 위해서 FFT를 수행한다. 조건을 만족할 때 식(2.2)의 방법으로 변환하게 된다. 근육의 피로 누적 여부를 판단할 수 있는 중요한 특징 중 하나는 피로에 따라 주파수 분포의 변화를 관찰하는 것이다.

$$\omega_N = e^{-2\pi j N} \text{ 이고 } N \text{ 가의 벡터가 주어졌을 때}$$

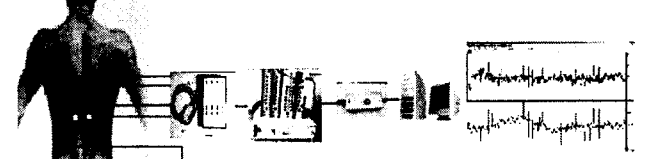
$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j) \omega_N^{(j-1)(k-1)} \quad (2.2)$$

지속적인 근육 수축에서 근전도 신호를 취득하고 FFT를 적용하여 시간이 지남에 따라 주파수 분포의 변화를 관찰하여 피로도를 평가한다. 일반적으로 피로가 누적되면 주파수가 저주파대역으로 이동함을 관찰할 수 있다.

#### 3. 실험 및 결과

##### 3.1. 근전도 신호 취득

본 실험에서 구성된 자세 분류 시스템은 먼저 근전도 취득 장비로 BIOPAC MP150과 TEL100을 사용하였다. 또한 전극은 피부에 부착하는 Ag/AgCl 표면 전극(surface type)을 사용하여 <그림 1>과 같이 허리 부분 척추 좌우의 척추세움근에 부착하였다.

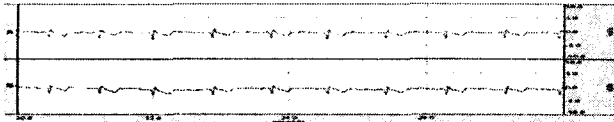


<그림 1> 등 근육 근전도 취득 시스템 구성

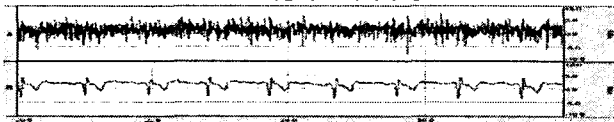
실험을 위해 임의로 부적절한 자세를 연출하고 각각의 자세에 따른 근전도 신호를 측정 기록한다. 각각의 근전도 신호를 비교 분석함으로써 자세에 따른 근전도 신호의 특징 정보를 추출한다. 이를 토대로 바른 자세와 바른

지 못한 자세를 구분하거나 척추 주변 근육의 피로한 상태를 검출하여 등 근육에 오랫동안 무리하게 긴장을 유발하는 자세를 검출한다.

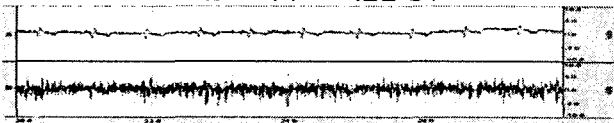
본 실험에 참여한 사람은 20대의 성인 남성으로 특별히 요통 가지고 있지 않은 사람을 대상으로 하였다. 이상적인 자세로 등받이가 잘 갖추어진 의자에 앉은 경우, 몸이 오른쪽이나 왼쪽으로 기울어진 경우, 앞으로 숙이거나 뒤로 기댄 경우를 대상으로 각각의 경우에 따라 근전도 신호를 기록하였다. 근전도 신호 취득을 위해 BIOPAC TEL100M의 A, B, C, D 4개 채널 중 A, B 2개 채널을 사용하여 허리 부위 척추의 좌측에 A채널, 우측에 B채널을 적용하여 각각의 전극을 설치하였다. 각각의 동작마다 30초 동안 근전도 신호를 기록하여 <그림 2> ~ <그림 6>과 같이 근전도를 취득하였다.



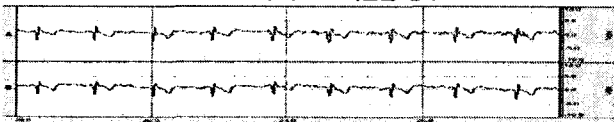
<그림 2> 이상적인 자세의 경우



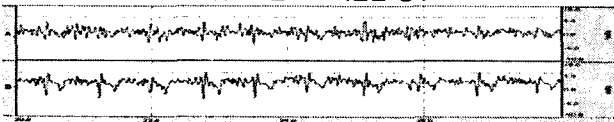
<그림 3> 좌측으로 기울인 경우



<그림 4> 우측으로 기울인 경우



<그림 5> 앞으로 기울인 경우

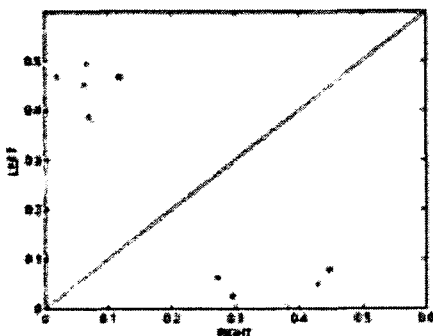


<그림 6> 뒤로 기울인 경우

### 3.2. 근전도 신호 분석

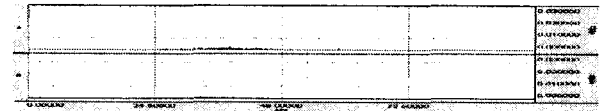
취득된 근전도 신호에서 필요한 정보를 추출하기 위해서 절대 적분치와 FFT를 이용하여 근전도 신호를 기록한 신호를 처리 알고리즘을 적용하여 분석하였다. 근육의 긴장도와 주파수도메인에서 변화를 관찰하였다. 절대 적분치를 통해 근육 긴장도를 살펴보았다. 표 3.2는 몸을 기울임에 따라 각각 측정된 등 근육의 근전도 신호에 대한 절대 적분치를 나타낸 것이다. 피검자로부터 자세에 따라 취득된 30초간의 근전도 신호에서 10초에서 20초사이의 기록된 신호의 중간 10초간의 근전도 신호에 대해 절대 적분치를 구하여 기록한 것이다. 이 때 측정된 값을 안정상태의 신호와 비교하여 근육이 긴장된 정도를 파악한다.

<그림 7>은 피검자의 각 자세별 근전도 절대 적분치의 평균값을 나타낸 것이다. 몸이 기울어진 상태에 따라 근전도 신호의 양상은 기울어진 쪽의 근육의 절대 적분치가 더 낮은 값으로 기록되었다. 이것은 기울어진 몸을 지탱하기 위해 반대쪽 근육에서 수축 운동을 하기 때문이다.

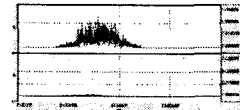


<그림 7> 절대적분 결과

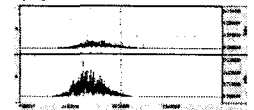
FFT는 시계열 신호인 근전도 신호를 주파수 계열 신호로 변환하여 신호를 분석하는 방법이다. <그림 8>은 근피로를 유발한 상태의 근전도 신호를 FFT 수행결과인 주파수 스펙트럼이다. 피검자의 등근육에 피로를 유발하기 위해 피검자가 몸을 앞으로 기울인 자세를 취하여 30초간 등 근육의 수축 상태를 유지하였다. 이 때 발생하는 근전도 신호를 기록하고 기록되는 시간에 따라 발생하는 근전도 신호의 주파수 분포 대역 변화를 통해 관찰한다. <그림 8>의 (a)는 이상적인 자세로 등받이가 잘 갖추어진 의자에 앉은 경우의 근전도 신호를 FFT분석 한 것이고, (b), (c)는 좌, 우측으로 기울었을 경우의 근전도 신호를 FFT분석 한 것이다. 또한 (d), (e)는 앞, 뒤로 기울었을 경우의 근전도 신호를 FFT분석한 것이다. 아래 결과 그림과 같이 이상적인 자세와 기울었을 때의 결과가 확연히 구분 되는 것을 볼 수 있다.



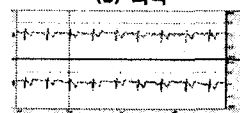
(a) 이상적인 자세



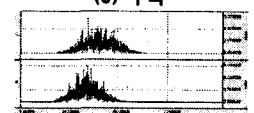
(b) 좌측



(c) 우측



(d) 앞



(e) 뒤

<그림 8> 각 상황별 근전도 신호의 FFT

## 4. 결 론

본 논문은 등 근육의 근전도 신호 분석을 이용해서 앉은 자세를 평가하였다. 자세 평가를 위해서 정의된 앉은 자세에 따라 근육의 근전도 신호를 절대적분치와 FFT에 의한 주파수 스펙트럼을 통해 앉은 자세에 따라 근육의 긴장 정도와 근육의 피로도에 따른 근전도 신호의 주파수가 변화하는 특성을 고찰하였다. 본 연구에서 적용한 각 자세에 따른 근전도 신호 비교에서 절대 적분치에 의한 평가에서 근전도 전압이 자세에 따라 각각 다른 범위로 기록되어 각 자세에 따라 통계적으로 의미 있는 값이 나왔으며, 이것은 앉은 자세가 등 근육의 긴장도에 영향을 미치는 중요한 요소로서 등 근육 근전도 분석을 통한 앉은 자세 판정이 가능한 것으로 판단된다. 앉은 자세에서 기울어진 상태와 근육의 피로가 증가됨을 판별하여 휴식을 유도함으로써 앉은 자세로 인한 등 근육의 피로누적을 줄일 수 있음으로서 요통을 사전에 예방 할 수 있을 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 정동혁, "디지털시대의 건강관리", 2003
- [2] 권영국, 이상훈, 김순례, "컴퓨터를 자주 사용하는 종합병원 간호사들의 요통진단을 위한 EMG분석", 대한인간공학회, 춘계학술대회, p94'99, 2000
- [3] A. Ailon et al., "An approach to control laws for arm motor," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. BME-31, No. 9, pp. 605-610, 1984.
- [4] O. Paiss, and G. F. Inbar, "Autoregressive modeling of surface EMG and its spectrum with application to fatigue," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. BME-34, pp. 761-770, 1987.