

# 피부 경도에 따른 진동자극 강도와 근전도 신호의 상관관계 분석

## The correlation between the intensity of vibration stimulus and the EMG signal in various skin hardness

\*#장윤희<sup>1</sup>, 김신기<sup>1</sup>, 김솔비<sup>1</sup>, 김규석<sup>1</sup>, 문무성<sup>1</sup>

\*#Y. H. Chang(yhchang@korec.re.kr)<sup>1</sup>, S. K. Kim<sup>1</sup>, S. B. Kim<sup>1</sup>, G. S. Kim<sup>1</sup>, M.S. Mun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>근로복지공단 재활공학연구소

Key words : vibrotactile perception, vibration stimulus, skin hardness, EMG signal

### 1. 서론

최근 감각의 소실 및 저하된 환자를 위한 감각 대체 장치(sensory substitution device)나 피드백 시스템 개발 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 절단자 스템프와 의수 인터페이스에 촉각 전시(tactile display)를 통한 감각 피드백 시스템의 개발이 이루어지고 있으며, 주로 압력이나 진동자극을 이용하여 촉각을 제공하고 있다.<sup>1</sup> 이러한 시스템 개발은 스트레스를 주지 않는 범위 내에서 안전하고 편안한 자극 강도(force level) 선정이 매우 중요하다. 사람마다 동일 자극에 대해 느끼는 주관적 인지 정도가 다르며, 연부조직의 두께, 피부온도, 성별, 나이, 자극 시간, 지방 조직, 털의 분포 유무에 따라 피부 민감도의 차이를 나타내기 때문에 감각 인지의 정량화는 매우 어려운 실정이다.<sup>2</sup> 그럼에도 불구하고 피부 상태에 따른 촉각 민감도에 대한 차이를 구명하기 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔으며, 이는 주로 설문지나 심전도, 근전도, 피층전기반응, 혈압, 피부온도, 뇌파도 등과 같은 생리적 신호를 이용한 연구가 진행된 바 있다.<sup>3</sup> 따라서 본 연구는 진동자극에 대한 표면 근전도 신호를 측정 후 근전도 신호와 인체의 생리학적 변수들과의 상관관계를 분석하고, 감각 피드백 시스템 개발 관련 자극 강도 선정의 기초데이터로 제시하고자 한다.

### 2. 연구방법

본 연구는 정상인 남녀 17 명을 대상으로

실시하였으며, 평균나이 36.06±9.48 세, 신장 1.65±0.10m, 체중 63.38±13.44kg 이다.

본 실험 전 인체의 생리학적 특성을 파악하기 위하여 우측 전완 근위부 40% 지점 내측면(volar side) 중앙부의 진동 역치, 피부 경도 및 두께를 측정하였으며, 측정 후 동일지점에 코인 형태(Ø10, 두께 3mm)의 진동 소자를 부착하고 주관절 방향으로 1cm 떨어진 지점에 근전도 센서를 부착한 후 진동 주파수 인가에 따른 근전도 신호 변화를 측정하였다 (Telemyo 2400R, Noraxon Corp., USA). 진동 자극은 구동전압 0.6V 를 시작으로 0.4V 간격으로 10 단계를 인가하였으며(0.6V~4.0V, 37~258Hz), 자극시간은 3 초 인가 후 3 초 간격으로 단계별 측정하였다.

통계적 분석(SPSS ver. 17.0)은 평균과 표준편차를 이용하여 진동주파수 증가에 따른 근활성도 평균값의 변화를 분석하였으며, 독립 표본 t 검정을 이용하여 남녀간 생리학적

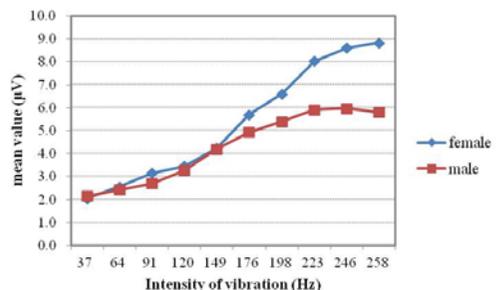


Fig. 1 Difference a mean value of sEMG in female and male as an increase of vibration intensity.

Table 1 Difference physiological variables in female and male (N=17)

	Female(n=8)	Male(n=9)	t value
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.3±3.1	24.7±1.8	-2.811*
Skin hardness	20.6±4.6	25.6±3.0	-2.644*
Skin thickness(cm)	7.6±3.7	4.3±0.8	2.617*
V.T. <sup>†</sup> of forearm	6.1±0.6	5.3±0.8	2.467*
V.T. of 3rd finger	7.2±0.7	7.1±0.5	0.408

\*  $p < 0.05$ , <sup>†</sup> vibration threshold

특성의 차이를 분석하였다. 또한 근전도 신호와 생리학적 변수들과의 관련성을 분석하기 위하여 피어슨 상관분석(Pearson correlation analysis)을 실시하였다. 통계적 유의수준은  $p < 0.05$  로 하였다.

### 3. 결과

#### 3-1. 진동자극과 표면 근활성도 변화

진동 주파수가 증가함에 따라 표면 근활성도도 증가하는 것으로 나타났으며, 37Hz 에서 258Hz 사이에 근활성도는 평균 2.1~7.3  $\mu$ m 범위를 나타내었다. 149Hz 대역부터 동일 주파수 인가에 대한 표면 근활성도의 남녀 차이를 보이기 시작하였지만 통계적으로 유의하지는 않았다. (Fig. 1)

#### 3-2. 생리학적 변수들의 남녀 간 차이

신장과 체중 차이로 인해 체질량지수(BMI)는 남성이 여성보다 컸으며( $p < 0.05$ ), 피부 경도는 남성이 여성보다 강한 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한 피부 두께는 여성이 남성보다 두꺼웠으며( $p < 0.05$ ), 전완부 진동 감각 역치는 여성이 남성보다 민감하였다. 그러나 3 번째 손가락 끝의 진동 역치의 남녀간 유의한 차이가 없었다.

#### 3-3. 근활성도와 생리학적 요인간 상관관계

최대 진동주파수 대역(258Hz)에서 측정된 근활성도 평균값과 피부경도는 부적 상관관계가 있으며( $r = -0.689$ ), 3 번째 손가락 끝의 진동역치는 연령과 상관성이 높았다.

Table 2 Pearson correlation analysis between physiological variables and a value of sEMG (N=17).

	Vibration threshold of forearm	Vibration threshold of 3 <sup>rd</sup> finger	Mean value of 258Hz
Age	-0.159	-0.558*	0.218
Height	-0.721**	-0.082	-0.433
Weight	-0.660**	-0.150	-0.332
Skin hardness	-0.110	0.033	-0.689**
Skin thickness	0.013	-0.318	-0.087

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

### 4. 결론

본 연구는 진동 주파수 증가에 따른 표면 근활성도 변화와 생리학적 특성과 근활성도 신호의 상관관계를 알아보하고자 하였다. 연구결과 진동주파수가 증가함에 따라 표면 근활성도도 증가하였으며, 피부경도가 강할수록 표면 근활성도는 낮게 나타남을 알 수 있었다.

### 후기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0020932)

### 참고문헌

1. Antfolk, C., Balkenius, C., Lundborg, G., et al., "Design and technical construction of a tactile display for sensory feedback in a hand prosthesis system," BioMedical Engineering Online, Vol. 9, No.50, pp.1-9, 2010.
2. Bikah, M., Hallbeck, M. S. and Flowers, J. H., "Supracutaneous vibrotactile perception threshold at various non-glabrous body loci," Ergonomics, Vol. 51, No. 6, pp. 920-934, 2008.
3. Karthikeyan, P., Murugappan, M. and Yaacob, S., "A review on stress inducement stimuli for assessing human stress using physiological signals," IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications, 2011.