

# 작업장 피로예방용 매트 표면 돌출형태에 따른 피로감 평가

강인형, 전효정, 신용순\*, 최지연, 임은호, 민병찬\*\*, 김철중

한국표준과학연구원 인간·정보그룹, \*공주대학교 산업시스템공학과, \*\*한밭대학교 산업경영공학과

## Comparison of top surfaces of anti-fatigue mats for standing work

I.H. Kang, H.J. Jeon, Y.S. Sin\*, J.H. Choi, E.H. Lim, B.C. Min\*\*, C.J. Kim,

Ergonomics Lab., Korea Research Institute of Standards and Science

\*Department of Industrial System Engineering, Kongju National University

\*\*Department of Industrial & Management Engineering, Hanbat National University

### 요 약

본 연구에서는 표면 돌출형태가 상이한 작업장 피로예방용 매트를 이용하여 선자세로 작업 시, 작업자의 생리적 반응을 통하여 매트사용에 따른 그들의 피로감의 변화를 알아보았다. 실험은 건강한 성인 남자 9명을 대상으로 EEG(Fp1, Fp2), ECG, EMG, SKT, 혈류량, 주관적 평가에 대하여 2종(WSM-PA3, WSM-PB3)의 표면 돌출형태가 상이한 피로예방용 매트에서 작업 전후 10분간과 작업 중 120분간 측정하였다. 작업은 단순반복의 수작업으로 실시하였다. 그 결과, WSM-PB3에 비하여 WSM-PA3 사용 시,  $\alpha$ 파의 좌뇌 변동리듬 경사도와 쾌적도는 유의하게 증가( $p < 0.05$ ), RRI는 유의하게 감소( $p < 0.05$ ), 척추세움근의 주파수는 소폭으로 감소, 발등부의 피부온도는 유의하게 소폭으로 증가( $p < 0.05$ ), 하퇴 후면의 혈류량은 유의하게 증가( $p < 0.05$ )하였다. 반면, 주관적 피로감 평가에서는 조건간 유의차가 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 WSM-PB3에 비하여 WSM-PA3 사용이 선 자세로 반복작업하는 작업자의 피로예방에 긍정적 역할을 담당하는 것으로 나타났다.

*Keywords: anti-fatigue mat, top surface, standing fatigue, psychophysiological responses*

### 1. 서론

국내의 근골격계 질환 환자 수는 전체 직업병의 10%에 이르는 것으로 보고되고 있으나 [1], 이는 미국의 경우인 전체 직업병 환자 중 근골격계 질환이 차지하는 비율이 43.3%인 것과 비교해 볼 때, 우리나라에서 근골격계 질환의 심각성과 그 실태를 제대로 반영한 자료로 인정하기 어렵다. 인체공학적 질환이 직업병중 가장 빠른 성장을 하고 있는 부류이며 OSHA

에 보고된 질병 중 약 56%를 차지하고 있다. 근골격계 질환으로 인해 연간 626,000일의 작업일이 손실되고 있고 요추질환이 장기결근의 주요한 원인이며 보상비용 면에서는 약 140억불 이상의 비용손실이 발생되고 있다. 뿐만 아니라 요추질환은 선 자세로 작업하는 19-45세의 연령층에서 가장 빈도 높은 신체적 장애이다. 이에 따라 근로자 보상법이 실시되어 미국에서는 1950년부터 산업용 매트가 개발되기 시작하여

작업장에서 사용되어 왔다. 그러나 이에 따른 연구로는 매트 자체의 내화학특성, 미끄럼방지 특성, 압력분포 특성 등 물성평가가 주로 이루어져 온 반면, 피로예방용 매트 소재, 경도, 표면 돌출 형태의 변화에 관한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 피로예방용 매트의 표면 돌출 형태에 따른 작업자의 피로감을 검토하였다.

## 2. 실험 방법

### 2-1 피험자

실험은 건강한 성인남자 9명(평균 신장:  $174.4 \pm 6.3$  cm, 체중:  $70.3 \pm 10.5$  kg, 나이:  $21.6 \pm 1.8$  세)을 대상으로 하였다. 그들은 모두 금연자로 뇌심혈관계 질환, 누적외상질환, 근골격계 질환의 병력이 없는 자로 실험 당일의 건강과 기분 상태는 모두 양호하였으며 실험 전일 충분한 수면을 취하도록 하였다. 또한 실험 당일에는 신경계에 영향을 미칠 수 있는 음주, 카페인, 약물복용, 자극적인 음식물의 섭취를 금하도록 하였다.

### 2-2 실험실 조건

본 실험은 챔버에서 실시하였다. 챔버 내부는 배기와 흡기를 동시에 할 수 있는 시설과 방음 장치 및 동판으로 절연 되어 있다. 실험 시 챔버 내부는 일정한 온도( $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ), 상대습도( $50 \pm 10\%$ ), 조도( $150\text{--}200\text{Lx}$ )를 유지하였다.

### 2-3 작업 내용 및 착용의복

피험자는 동일한 반바지, 긴소매 T셔츠, 양말, 운동화를 착용하였으며 작업 부하로 행해진 작업은 선 자세에서 단순반복의 수작업으로 실시하였다. 실험장면을 그림 1에 나타낸다.

### 2-4 시료

실험에 사용한 시료는 동일 경도의 폴리우레탄 소재로 표면 돌출 형태가 상이한 2종으로 WSM-PA3, WSM-PB3을 사용하였다. 시료의 표면 돌출 형태를 그림 2에 나타낸다.

### 2-5 실험순서 및 측정항목



그림 1. 실험장면

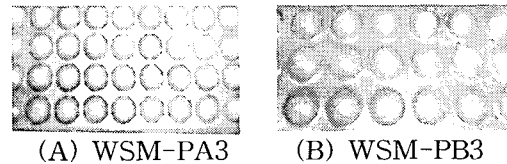


그림 2. 시료의 표면 돌출형태

실험 순서는 작업 전 10분간은 안정 상태를, 다음 120분간은 앞에서 설명한 단순반복의 수작업을 실시한 후 10분간의 안정상태를 취하도록 하였다. 시료는 랜덤으로 제시하였으며 2일에 걸쳐 이루어진 실험은 동일 시간대에 실시하여 일내 효과를 최소화 하였다. 뇌파는 HSK system(Hitosensing Co. Japan)을 이용하여 Fp1, Fp2, ECG, EMG(척추세움근), SKT(오른쪽 발등부), 혈류량(오른쪽 하퇴 후면)을 연속적으로 측정하였다. 주관평가는 일본 산업피로 연구회가 개발한 산업 피로감 30항목에 대하여 단극 4점법으로, 신체부위별 피로감을 25부위별로 0-10점으로 작업 후 실시하였다.

### 2-6 통계분석

측정항목의 결과는 각 조건에 대하여 Paired *t*-Test를 사용하여 유의성을 검증하였고, P값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의한 결과로 간주하였다.

### 3. 결과

#### 3-1 뇌파

뇌파는 Fp1, Fp2에서의 변동리듬 경사도와  $\alpha$ 파 대역으로 필터링한  $\alpha$ 파 평균주파수와 변동리듬 경사도를 이용하여 산출되는 쾌적도를 그림 3, 4에 나타낸다. 작업 전 변동리듬 경사도에 대한 작업 시 변동리듬 경사도의 변화율은 전체적으로 우뇌에 비하여 좌뇌가 큰 경향을 보였다. 조건 간에는 좌뇌 변동리듬 경사도, 쾌적도 모두에서 WSM-PB3에 비하여 WSM-PA3 사용 시 증가하였으며 경사도는 특히 사용 50, 70, 110분 후 유의하게 증가하였고 ( $p < 0.05$ ), 쾌적도는 사용 70분 후 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ).

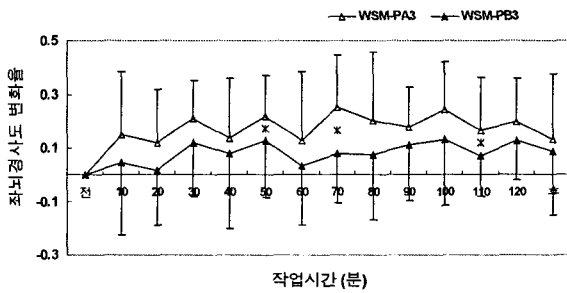


그림 3. 좌뇌 변동리듬 경사도의 변화율,  $*p < 0.05$

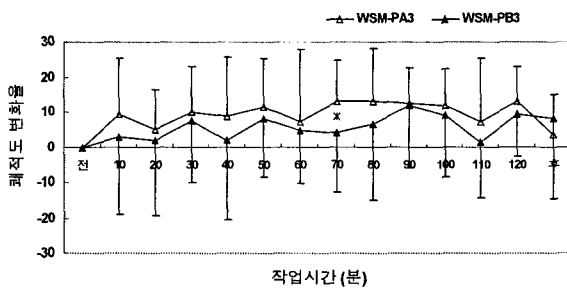


그림 4. 쾌적도의 변화율,  $*p < 0.05$ .

#### 3-2 평균 RR 간격(RRI)

작업 전 평균 RR 간격에 대한 작업 시 RRI의 변화율을 그림 5에 나타낸다. WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용 시 감소하였으며 특히 사용 20분 후 부터 115분 후 까지 시간이 경과됨에 따라 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ).

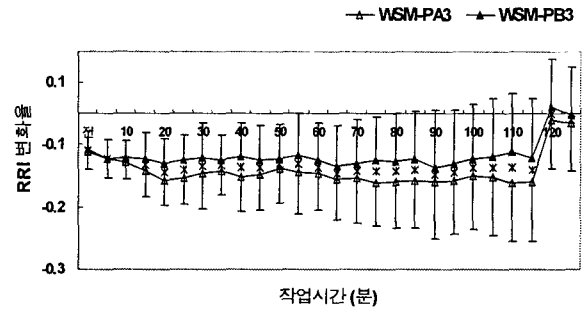


그림 5. 평균 RR 간격의 변화율,  $*p < 0.05$ .

#### 3-3 EMG

작업 전 척추세움근의 주파수에 대한 작업 시 주파수의 변화율을 그림 6에 나타낸다. WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용 시 소폭으로 감소하였으나 조건간 유의차는 나타나지 않았다.

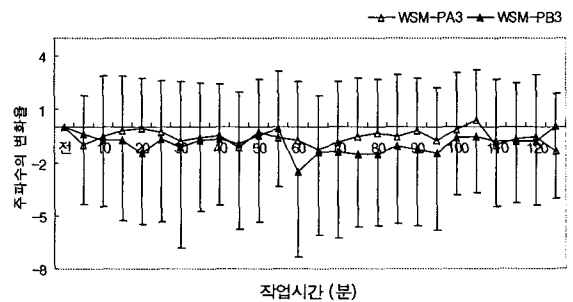


그림 6. 근전도의 변화율,  $*p < 0.05$ .

#### 3-4 SKT

작업 전 우측 발등부의 피부온도에 대한 작업 시 피부온도의 변화율을 그림 7에 나타낸다. 발등부의 피부온도는 WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용 시 소폭으로 증가하였으며 특히 사용 75분 후 부터 에서 작업 종료 후까지 시간이 경과됨에 따라 유의하게 소폭으로 증가하였다( $p < 0.05$ ).

#### 3-5 혈류량

작업 전 우측 하퇴 후면의 혈류량에 대한 작업 시 혈류량의 변화율을 그림 8에 나타낸다. WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용 시 증가하였으며 특히 10분 후 부터 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ).

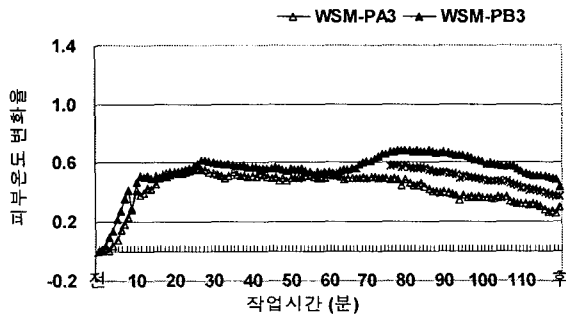


그림 7. 피부온도의 변화율, \* $p < 0.05$ .

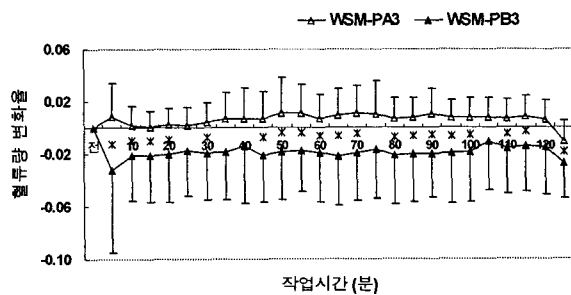


그림 8. 혈류량의 변화율, \* $p < 0.05$ .

### 3-6 주관적 피로감

"전체피로감", "졸림과 나른함", "주의집중의 곤란", "신체적 위화감" 모두에서 두 조건간 유의차가 나타나지 않았다.

### 4. 토의

본 연구는 피로예방용 매트 표면 돌출형태가 선자세로 반복작업하는 작업자의 피로감에 미치는 영향을 그들의 생리적 반응을 통하여 검토하였다. 그 결과  $\alpha$  파의 좌뇌 변동리듬 경사도와 쾌적도는 WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용 시, 유의하게 증가하였고, RRI는 유의하게 감소하였다. 척추세움근의 주파수는 두 조건 모두에서 감소하여 근피로감을 나타냈으나 WSM-PA3 사용 시, 소폭으로 감소하여 hard 바닥에서 척추세움근의 주파수가 저주파로 이동하고 주관적으로 불쾌감을 느낀 hard 바닥에서 전 경골근의 진폭이 증가한다는 보고와 동일한 경향을 나타냈다[2-3]. 발등부의 피부온도는 두 조건 모두에서 증가하여 근피로로 인한 온도 증가경향을 나타냈으나[3]

WSM-PA3 사용 시, 유의하게 소폭으로 증가하여 근피로감 감소 효과를 반영하였다. 하퇴 후면의 혈류량은 WSM-PA3 사용 시, 유의하게 증가하여 덜 불쾌한 바닥에서 혈류량이 증가한다는 보고와 일치하였으며[4] 혈류량 증가와 근피로감 감소효과의 상관관계를 반영하였다. 이에 Hansen 등은 서고/걸는 작업일 경우 선 자세의 작업보다 부종을 50% 감소시킬 수 있다고 보고하고 있다[5]. 이상에서 WSM-PB3에 비해 WSM-PA3 사용이 선 자세로 반복작업하는 작업자의 피로예방에 긍정적 역할을 담당하는 것으로 나타났다. 그러나 향후 표면 돌출형태의 종류를 증가 시킨 평가, 정도에 따른 평가도 필요하리라 사료된다. 또한 반복작업에 의한 누적 외상질환의 발명요인으로 작업장 매트뿐만 아니라 연령, 신체조건, 작업 습관, 과거병력 등의 작업자 요인, 작업자세, 작업강도, 작업에 드는 힘, 휴식시간 등의 작업요인도 반드시 고려되어야 할 사항이다.

### 5. 참고 문헌

- [1] 노동부, 1997년 산업재해분석, 1998.
- [2] Kim JY, Stuart-Buttle C, Marras WS, "The effect of mats on back and leg fatigue", *Appl Ergonomics*, 25(1), 29-34, 1994.
- [3] Madeleine P, Vogit M, Arendt-Nielsen L, "Subjective, physiological and biomechanical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces", *Eur J Appl Physiol*, 77 1-9, 1998.
- [4] Brantingham CR, Beekman BE, Moss CN, Gordon RB, "Enhanced venous blood pump activity as a result of standing on a varied terrain floor surface", *J Occup Med*, 12, 164-169, 1970.
- [5] Hansen L, Winkel J, Jørgensen K, "Significance of mat and shoe softness during prolonged work in upright position: based on measurements of low back muscle EMG, foot volume changes, discomfort and ground force reactions", *Appl Ergonomics*, 29(3), 217-224, 1998.