

트래킹 작업에 있어서 정신 부하 측정 및 분석방법에 관한 연구

하은호*, 김동윤**, 고한우***, 김동선**, 송지웅**

*연세대학교 통계학과, **연세대학교 의공학과, ***한국준과학연구원

A Study on the Measurement and Analysis of Mental Workload for the Tracking Task

E.H. Ha*, D.Y. Kim**, H.W. Ko***, D.S. Kim**, J.W. Song**

*Dept. of Statistics, Yonsei University, **Dept. of Biomedical Engineering, Yonsei University
***Korea Research Institute of Standards and Science

Abstract

본 연구에서는 긴장 스트레스를 평가하기 위하여 작업 중에 긴장 조건을 부가하고 행동량, 주관량, 생리량을 측정하여 통계적으로 긴장 상태 유무와 작업 난이도에 따른 변화를 분석하였다. 긴장 스트레스를 유발시키기 위하여 20대 남자 대학생 30명에게 세 가지 레벨의 트래킹 작업을 수행하게 하면서 긴장상태를 유발하여 행동량, 주관량과 생리신호를 측정하였다. 행동량과 주관량의 결과를 사용하여 본 연구에서 상정된 작업난이도와 긴장조건이 적절한가를 살펴보고 생리신호를 사용하여 작업난이도와 긴장감을 분석하였다. 난이도가 낮을 때 HRV의 회귀도와 GSR의 평균값은 긴장 조건이 있을 때가 없을 때에 비해서 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며 난이도가 높을 때에는 피부온도의 값이 긴장 조건이 있을 때가 없을 때에 비해서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 또한 긴장 조건이 있는 경우 작업의 난이도가 높을 때에 낮을 때에 비해서 호흡수의 값이 높게 나타났다. 따라서, 본 연구에서 상정한 긴장감은 양호하게 부가되었고 긴장감은 생리신호를 사용하여 측정할 수 있을 것으로 분석되었다.

Keywords: Tracking Task, Stress

1. 서론

감성공학이 지향하는 인간 중심적인 환경이란 스트레스가 적게 유발되는 환경, 스트레스가 유발되었을 때 인간이 보다 빨리 회복될 수 있는 환경이다. 그러므로 인간에게 알맞은 최적의 환경을 제공하기 위해서 환경으로부터 인간에게 전달되는 많은 자극으로부터 발생한 스트레스를 평가할 수 있는 지수가 필요하다.

스트레스를 정량적으로 평가하기 위한 연구로는 안면 피부온도의 차이를 측정하여 평가하

는 방법, 심박 변화율을 이용한 방법 등의 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2].

본 연구에서는 인간이 긴장하게 되었을 때 나타날 수 있는 긴장 스트레스를 평가하기 위하여 작업 중에 긴장조건을 부가하여 긴장상태에서 나타나는 행동량, 주관량, 생리량을 측정하고 긴장상태의 변화를 분석하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 환경

실험은 일반적인 사무실과 같이 차폐된 실험실에서 실시하였다. 실험실 환경은 온도는 25~26 °C, 습도는 60% 미만을 유지하였다. 피험자 집단은 20대의 건강한 남자 대학생 30명이었다.

작업 과제는 그림 1과 같이 컴퓨터 모니터 상에서 원형 궤적을 따라 이동하는 원형 모양의 타겟(반지름 5 픽셀)이 원형 모양의 추적 테두리(반지름 100 픽셀)로부터 이탈하지 않도록 추적 테두리를 이동시키는 트래킹(tracking)작업을 사용하였다.[1] 작업의 제시는 Pentium Pro 200, Windows NT 시스템과 17" 모니터를 이용하였다. 추적 테두리의 이동은 볼 마우스를 이용하여 조작하도록 하였다. 또한 작업 중에 긴장감을 부가하기 위하여 알람 조건을 마련하여 추적 테두리가 타겟을 벗어날 때 스피커에서 경고음이 울리도록 하였다.

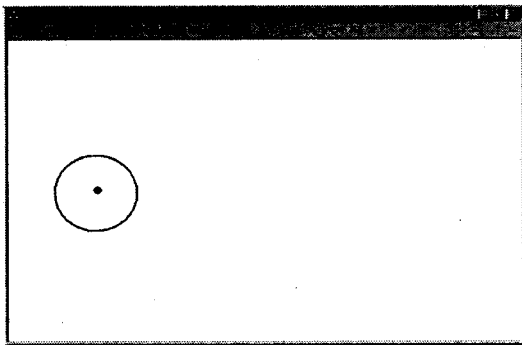


그림 1. 피험자의 모니터 화면

측정한 생리신호 및 전극의 부위는 표 1과 같다.

표 1. 측정 생체 신호 및 전극 부위

전극	부위
electrocardiogram (ECG)	LA, RA, RF
galvanic skin response (GSR)	중지 및 약지
respiration (RSP)	코밑
photoplethmograph (PPG)	검지
temperature	코끝

주관량은 단조작업시 정신피로도 측정을 위한 한국어판 질문지를 사용하였다.[3] 행동량은 이탈횟수(추적 테두리로부터 타겟이 이탈한 횟수), 평균거리(타겟의 중심과 추적 테두리의 중심과의 거리), 적중율((타겟이 추적 테두리 안에 있는 시간) / (전체시간))이다.

2.2. 실험 조건

(1) 작업난이도 : 작업의 난이도는 타겟의 움직이는 속도를 사용하여 설정하였다. 작업난이도에 적합한 타겟의 속도를 잠정적으로 설정하기 위하여 20대 남자 대학생 10명을 대상으로 예비실험을 실시하여 저, 중, 고의 세 가지 속도(각각 104, 157, 251 pixel/sec)를 설정하였다.

(2) 긴장조건: 피험자가 위에서 설정한 난이도에 따르는 작업을 수행하면서 긴장조건이 부과되었을 때 나타나는 현상을 파악하기 위하여 알람이 있는 조건과 알람이 없는 조건에서 작업을 수행하도록 하였다.

- 알람이 없는 조건 : 피험자가 추적 테두리를 이동시켜 단순히 타겟만 따라 다니는 조건이다. 타겟이 추적 테두리를 벗어나더라도 알람이 울리지 않는다.

- 알람이 있는 조건 : 피험자에게 타겟이 테두리를 벗어날 경우 알람이 울리며 작업이 10초씩 증가한다고 알려서 긴장감을 가지도록 유도하였다. 그러나 실제로 작업 시간을 증가시키지 않았다.

2.3. 실험 절차

실험 진행자는 사전에 준비한 난수표의 난수를 사용하여 실험에 참여한 피험자 30명을 타겟의 움직임의 속도가 낮은 경우, 중간인 경우 및 높은 경우에 대하여 각 10명씩을 랜덤하게 배치함으로써 작업 레벨 외의 다른 요인이 파라미터에 영향을 끼치지 않도록 하여 작업 레벨의 효과만을 측정하였다. 즉, 피험자와 실험을 측정하는 실험 진행자는 사전에 피험자가 어떤 연산을 받게 될지를 알 수 없게 하는 double blinding 방법을 사용하여 실험 진행자

와 피험자의 편의(bias)가 없도록 실험을 설계하였다. 각 피험자는 주어진 작업레벨에서 먼저 알람이 없는 조건에서 작업을 수행하고 휴식을 취한 후에 알람이 있는 경우에 동일한 작업을 수행하도록 하였다. 실험 절차는 표 2와 같다.

표 2. 실험 절차

실험에 대한 안내 및 소개	10
불안 평가 설문지 작성 및 채점	10
전극부착	10
실험에 대한 설명 및 연습	3
안정	5
안정(생리신호 측정)	3
알람 없는 조건(생리신호 측정)	10
주관 평가 설문지 작성	5
안정	10
안정(생리신호 측정)	3
알람 있는 조건(생리신호 측정)	10
주관 평가 설문지 작성	5

2.4. 파라미터의 추출

본 연구에서는 피험자로부터 측정된 생리신호로부터 선행 연구의 결과에 따라 다음과 같은 파라미터들을 추출하였다.[4] ECG로부터는 심박변화율(heart rate variability, HRV)과 회귀도(return amp, RM)의 2차원 분산을 구하여 파라미터로 사용하였다. 또한 HRV에 대해서는 자기회귀(autoregressive, AR) 스펙트럼을 구하여 low frequency(LF), mid frequency(MF), high frequency(HF)로 나누어 LF/HF, MF/(LF+HF) 값을 각각 파라미터로 사용하였다. 피부온도는 평균값을, GSR은 평균값을, RSP는 분당 호흡수를 파라미터로 각각 사용하였다.(이후 TMEAN, GMEAN, CYCLE이라 각각 표기함)

3. 실험 결과

본 연구에서 제시한 긴장조건과 작업의 난이도가 적절하게 조절되었는지를 행동량과 주관량을 사용하여 통계적으로 분석하여 살펴보고

생리량을 사용하여 긴장스트레스를 측정할 수 있는지를 알아보았다.

3.1. 행동량에 대한 통계적 평가

행동량의 변화는 긴장조건이 있는 경우가 없는 경우에 비해서 또한 작업난이도가 높을 수록 이탈횟수와 평균거리가 작았으며 적중률은 높았다. 그리고, 이러한 차이가 통계적으로 유의한가를 반복 측정에 대한 분산분석법을 적용하여 검정하였다. 통계적 검정의 결과 알람 유무에 따른 행동량은 유의적 차이($p < 0.05$)를 보였다. 그리고, 작업난이도에 따른 행동량의 차이는 1) Low vs High: 유의적 차이($p < 0.01$)를 보였다. 2) Mid vs High: 유의적 차이($p < 0.01$)를 보였다. 3) Low vs Mid: 행동량 중 평균 거리에서만 알람이 있는 경우에 유의적 차이가 있었다. 즉, 연구자가 사전에 설정한 작업난이도에서 Mid가 Low에 비해서 행동량이 유의적으로 높게 나타나지 않았다. 따라서, Low 상태의 작업과 Mid 상태의 작업에 대한 차이가 없으므로 주관평가와 생리량에 대한 분석에서는 Low와 High의 작업난이도에 대해서만 분석하였다.

3.2. 주관 평가 결과

긴장 조건이 있을 때 “눈꺼풀이 무겁다, 느긋하다, 생각이 무디다, 의욕 없음, 집중곤란, 편안하다, 졸린다, 일하기 싫다, 지루하다”가 감소하고 “긴장된다, 두근두근, 활기차다, 적극적 기분임, 진절머리남, 정신적 피로, 신체적 피로”는 증가한다고 보고하였다.

긴장 조건이 없을 때 작업난이도가 높아짐에 따라 “눈꺼풀이 무겁다, 느긋하다, 생각 무디다, 집중곤란, 편안하다, 졸린다, 일하기 싫다, 지루하다, 신체적 피로”가 감소하고 “긴장된다, 두근두근, 느긋하다, 활기차다, 의욕 없음, 적극적 기분임, 진절머리남, 정신적 피로”는 증가한다고 보고하였다.

긴장 조건이 있을 때 작업난이도가 높아짐에 따라 “느긋하다, 활기차다, 편안하다, 적극적 기

분임”이 감소하고 “긴장된다, 두근두근, 눈꺼풀 무겁다, 생각 무디다, 의욕 없음, 집중곤란, 졸린다, 일하기 싫다, 지루하다, 진절머리남, 정신적 피로, 신체적 피로”는 증가한다고 보고하였다.

3.3. 생리신호의 분석결과

3.3.1. 피부온도

그림 2는 코끝에서 1초마다 구한 평균값의 변화를 보여준다. 작업종일 때의 코끝온도는 휴식 상태에 비해서 저하가 되었으며 특히 긴장 조건이 있을 때 코끝온도가 급격히 저하됨을 알 수 있다.

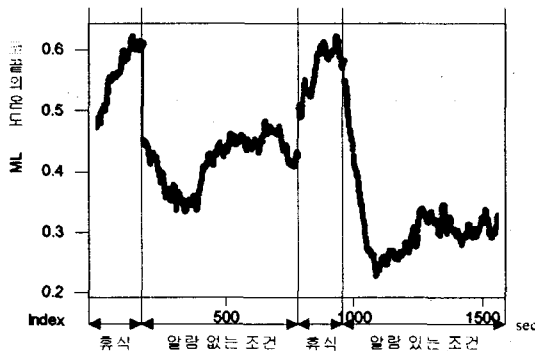


그림 2. 작업난이도가 Low일때의 피험자간 평균코끝온도의 변화

그림 3은 작업전후의 안정상태에서의 5분간의 코끝온도의 평균치를 나타낸 것이다. 그림에서 작업 전후의 휴식상태에서의 코끝온도는 작업난이도에 관계없이 통계적으로 유의적인 차이가 없음을 알 수 있다($P > 0.05$, 반복측정에 의한 분산분석법).

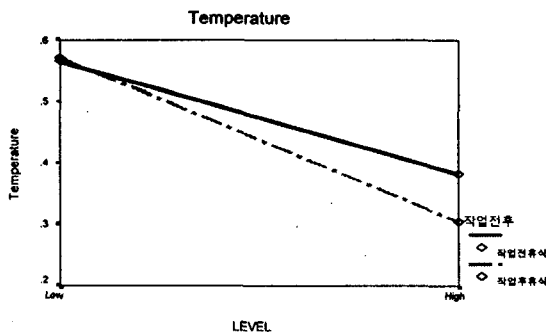


그림 3. 작업전후의 휴식상태에서 피험자간의 평균 코끝온도

그림 4는 긴장 조건이 없는 경우와 긴장조건이 있는 경우에 10분간의 평균 코끝온도를 보여준다. 그림에서 알람유무에 관계없이 작업난이도에 따른 평균 코끝온도는 유의적인 차이가 없음을 알 수 있다($P > 0.05$, 반복측정에 의한 분산분석법). 그리고, 난이도가 낮은 레벨(Low)에서는 긴장조건에 따른 유의적인 차이는 없고($P=0.6$) 난이도가 높은 레벨(High)에서는 긴장조건에 따른 유의적 차이가 있음을 알 수 있다($P=0.02$).

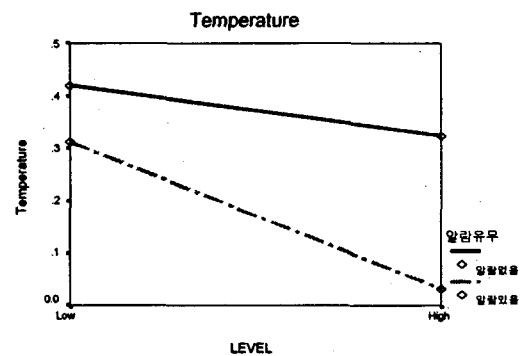


그림 4. 긴장조건 유무와 작업난이도에 따른 피험자간의 평균 코끝온도

3.3.2. ECG

ECG로부터 구한 생리파라미터에 대한 통계적 분석의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 작업 전후의 휴식 상태의 HR, LF/HF, MF, RM은 작업난이도에 관계없이 유의적인 차이가 없다 ($P > 0.05$, 반복측정에 의한 분산분석법).
- 난이도에 따른 HR, LF/HF, MF, RM은 작업난이도에 관계없이 유의적인 차이가 없다 ($P > 0.05$, 반복측정에 의한 분산분석법).
- 난이도에 따른 HR, LF/HF, MF는 작업난이도에 관계없이 유의적인 차이가 없다 ($P > 0.05$, 반복측정에 의한 분산분석법). 그러나, 난이도가 Low일때 긴장조건이 있는 경우에는 RM의 값이 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$).

위의 결과를 요약하면 ECG로부터 구한 생리파라미터들 중에서 RM만이 긴장작업에서의 스트레스를 평가할 수 있는 지표로 사용될 수 있

음을 알 수 있었다.

3.3.3. GSR

GMEAN은 작업전후의 휴식상태에서 유의적인 차이($p=0.002$)를 보여서 작업상태의 GMEAN에서 작업전 휴식 상태의 GMEAN의 값을 빼서 파라미터의 값을 표준화하여 사용하였다. 표준화된 GMEAN의 값은 난이도에 따른 차이는 유의적이지 않았고($P > 0.05$) 난이도가 Low일 때 알람이 있는 경우에 GMEAN의 값이 유의적으로 높게 나타났다($P=0.00$).

3.3.4. RSP

CYCLE은 작업전후의 휴식상태에서 유의적인 차이($p=0.002$)를 보여서 작업상태의 CYCLE에서 작업전 휴식 상태의 CYCLE의 값을 빼서 파라미터의 값을 표준화하여 사용하였다. 표준화된 CYCLE의 값은 긴장조건에 따른 차이는 유의적이지 않았고($P>0.05$) 긴장조건이 있는 경우에 난이도가 높을 때가 난이도가 낮을 때에 비해서 그 값이 유의적으로 높게 나타났다($P=0.0031$).

4. 결론

긴장조건이 있는 경우에 행동량의 결과는 이 탈횟수가 적었고 적중률이 높았으며 주관평가 결과는 두근거린다. 긴장된다. 정신적, 신체적 피로가 있다고 신고하였다. 그러므로 본 연구에서 상정한 긴장감은 양호하게 부가된 것으로 판단된다.

긴장감은 생리신호를 사용하여 측정할 수 있을 것으로 분석되었다. 즉 난이도가 Low일 때: RM과 GSMEAN(표준화)의 값은 알람조건이 있을 때가 없을 때에 비해서 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며 난이도가 High일 때에는 피부온도의 값은 알람조건이 있을 때가 없을 때에 비해서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

또한 작업의 난이도는 생리신호를 사용하여 측정할 수 있을 것으로 분석되었다. 즉 알람조

건이 있는 경우 작업의 난이도가 High일 때가 Low일 때에 비해서 RSP(표준화)의 값이 높게 나타났다.

따라서, 본 연구에서 상정한 긴장감은 양호하게 부가되었고 긴장감은 생리신호를 사용하여 측정할 수 있을 것으로 분석되었다.

참고문헌

- [1] 石川ら, “顔面皮膚温を用いた緊張作業ストレスの評価”, 計測自動制御學會, ヒューマン・インタフェース部會 News & Report, Vol.11, No2, pp.131-134, 1996
- [2] Keiko ISHIKAWA, Hirokazu GENNO, Mieko HOSUGA, Takeyoshi KURIHARA, Yasuyuki NISHIO, Maya SUZUKI(1996), “Evaluation of mental stress during a monotonous task using facial skin temperature”, 12th Symposium on Human Interface, p349-352.
- [3] 이창미, 고한우, 윤용현, “단조작업시 정신피로도 측정을 위한 한국어판 질문지에 관한 연구”, 춘계 감성공학회지, 1999
- [4] 하은호, 김동윤, “연산스트레스에 대한 감성 측정을 위한 생리 파라미터 추출에 대한 연구”, 한국감성과학회 추계학술대회논문집, pp.139-144, 1999.11.26