

조도조건에 따른 VDT작업자의 주관감 및 생리신호를 이용한 각성도 평가

양희경, 고한우, 윤용현, 김묘향
한국표준과학연구원

Evaluation of Arousal by subjective score and physiological signals
on VDT workers with Illuminance

Heui Kyung YANG, Han Woo KO, Yong Hyeon YUN, Myo Hyang KIM
Korea Research Institute of Standard and Science

Abstract

본 연구에서는 조도조건에 따른 VDT작업자의 각성도를 평가하기 위하여 10 lx와 1500 lx 2종류의 조도 조건으로 하여 모니터 상에서 1자리 숫자 3개를 더하는 단조연산작업을 수행하였다.

그 결과 1500 lx보다 비교적 졸음이 쉽게 유발되며 주의집중정도가 낮은 조도 10 lx에서의 정답률이 더 낮게 나왔다. 또한, 두 조도조건 하에서 호흡간격은 작업수행시 큰 차이가 안 나타났지만 RR간격은 10 lx에서는 작업수행 횟수가 증가함에 따라 점차 증가하지만 1500 lx에서는 거의 변화가 없었다.

Keywords : 조도, 주관평가, 단조연산작업, 각성도, VDT작업

1. 서론

최근의 조명환경은 종래의 명시성(明視性)에서 공간의 용도나 재실자의 행위가 고려되어진 쾌적성(快適性)을 추구하기 위해 계획되어지고 있다. 그러나 조명환경에 대한 쾌적성 평가에 관한 연구는 그 실용적인 면이 강조된 나머지 주관평가가 중심이 된 심리적 연구가 우선되어 왔다. 주관평가의 경우 특별한 장치가 필요치 않다는 점에서 비교적 용이하게 사용할 수 있으나, 평가항목의 선정방법에 따라서 피험자의 개인적인 기호에 치우치거나 재현성 있는 결과를 얻기 어렵다는 문제점이 지적되고 있다. 이에 대응하여 인간의 심리적인

반응을 객관적으로 평가하는 방법 중에 하나인 생리적 지표측정에 의한 방법은 인간의 심리반응을 객관적으로 측정할 수 있으며, 경시적인 변화도 측정할 수 있다는 장점이 있다 [1].

본 연구에서는 인간에게 쾌적성을 보장하기 위해 체계적으로 분석, 규명되어야 할 조명광원의 특성 중 조도를 실험변수로 설정하여 조도에 따른 VDT작업자의 각성도를 평가하기 위하여 VDT작업수행과 동시에 주관평가와 생리신호를 측정하여 조도변화에 따른 각성도와 상관관계가 높은 생리신호를 추출하고자 한다.

표 1. 실험절차
 소요시간 : 164 min (A : Adaptation AAT : Alpha Attenuation Test)

기준조도 (750 lx) 68 min		설정조도조건 (10 lx, 1500 lx) 96 min																					
60 min		생리신호 측정 (104 min)																					
40	20	2	6	1	5	6	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	6	5	2	5	2	6
실험설명 및 Task 연습	센서 부착	주 관 평 가 1	AAT 1	폐 안 응 CE	순 응 A	AAT 2	주 관 평 가 2	T A K 1	주 관 평 가 3	T A K 2	주 관 평 가 4	T A K 3	주 관 평 가 5	T A K 4	주 관 평 가 6	T A K 5	주 관 평 가 7	AAT 3	휴 식 R1	주 관 평 가 8	휴 식 R2	주 관 평 가 9	AAT 4

여기서 '각성도'란 상위 중추의 활성상태를 나타내며 생체에 대한 물리적 자극에 의한 영향을 받는다. 생체가 적절한 행동을 하기 위해 활동 레벨이 일정 수준 이상을 유지할 필요가 있는데 이 활동수준을 유지하는 움직임과 그때 생체가 눈을 떠있는 상태를 각성이라고 하며 특히 기초각성은 circadian rhythms(24시간 리듬)에 기초를 둔다.

본 연구에서는 먼저 주관감, 작업수행도 및 생리신호 중 ECG의 RRI와 호흡시간간격을 분석하여 조도변화에 따른 작업자의 각성도를 주관평가 및 작업수행도의 상관관계를 통해 검토하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 실험조건 및 절차

실험은 한국표준과학연구원내 사무환경 시험평가실(6×7 m)에서 표 1의 실험절차에 의해 실시되었다.

표 2의 Alpha Attenuation Test(AAT)란 EEG의 alpha파 성분 출현량이 각성레벨에 따라 크게 변화하는 것을 이용하여 개안, 폐안시에 있어서의 alpha파 크기를 정량화하는 방법으로서 Alpha Attenuation Coefficient(AAC)를 이용하여 두 조도조건에서의 단조작업수행에 따른 각성정도를 정량적으로 알 수 있을 것이다[2].

표 2. Alpha Attenuation Test

6	1	1	1	1	1	1
AAT	CE	OE	CE	OE	CE	OE

실험환경조건은 온·습도 24±1 ℃, 50±5 % R.H로 설정하였다. 조명의 색온도는 냉백색 4000 K, 조도는 준비실 700 lx, 실험실은 10 lx와 한국공업규격 조도기준(KS A3011)의 「조도분류와 일반 활동 유형에 따른 조도값」에 의해 저휘도 대비, 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행에 적합한 조도로서 분류되어 있는 1500 lx의 두 조건에서 각성도 평가를 실시하였다.

피험자는 실험전날 충분한 수면을 취하며, 커피와 같은 자극적인 음료의 섭취를 피하도록 지시하였다.

2.2. 수행과제

수행과제는 1자리 숫자를 더하는 단순연산 작업 시 적절한 단조감을 유발할 수 있도록 1자리 숫자 3개를 더하는 연산작업을 선택하였다[3].

그림 1은 연산작업화면의 예를 나타낸다. 상단에 제시된 1자리 숫자 3개의 합이 우측하단에 제시된 숫자와 일치하는 경우에는 숫자 키보드의 ①을, 틀리면 ②를 5초 이내에 입력하여야 한다. 피험자가 정답을 입력 시 좌측하단

에 점수가 증가함으로써 적극적인 실험참여를 유도하였다. task는 10분간 총 120문제를 제시되었으며, 5번 반복 실시하였다.

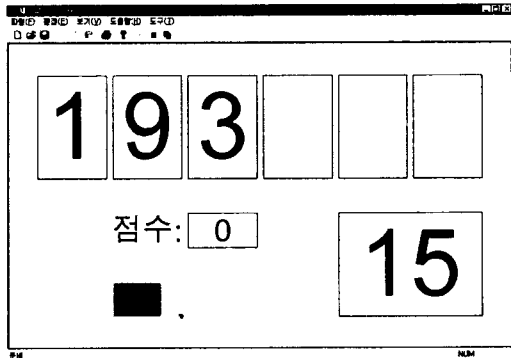


그림 1. 1자리 숫자 3개 더하기 연산

2.3. 주관평가 및 생리신호측정

주관평가 설문지의 평가항목은 일본 인체감각측정기술개발연구의 피로, 각성주관평가척도 RAS(Roken Arousal Score)중 긴장, 편안함, 활성화, 의욕, 집중, 각성도, 피로에 관련된 항목을 참고하여 우리 실정에 맞게 수정한 15항목을 선정하여 Magnitude Estimation법 (0-100 scale)에 의해 주관평가를 실시하였다.

작업수행중의 피험자는 오른손 검지와 중지만으로 키보드 입력을 하도록 지시하여, 생리신호 측정 시 몸의 움직임 등으로 인한 noise 발생을 최소화하였다.

생리신호는 Biopac사의 MP-100(16 bit AD 변환)을 사용하여 자율신경계 신호인 심전도 (electrocardiogram : ECG), 맥파(Photoplethysmogram : PPG), 피부전기반응(GSR), 호흡 (Respiration), 피부온도(skin temperature)는 Sampling 주파수 512 Hz로 획득하였고, 중추신경계 신호 EEG는 NF의 Cocolyzer Series (ESA)에 의해 국제 10-20 전극배치법으로 Fp1, Fp2, Cz, Pz, O1, O2의 6개 채널을 200 Hz의 Sampling 주파수로 기록하였다.

3. 실험결과

3.1. 작업수행 평가결과

그림 2는 연산작업수행시 피험자의 평균반

응시간을 나타낸 것이다. 조도 1500 lx에서의 반응속도보다 10 lx의 반응시간이 더 길며, 특

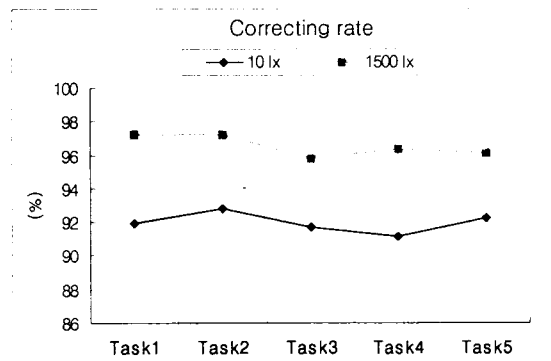


그림 2. 정답률 (%)

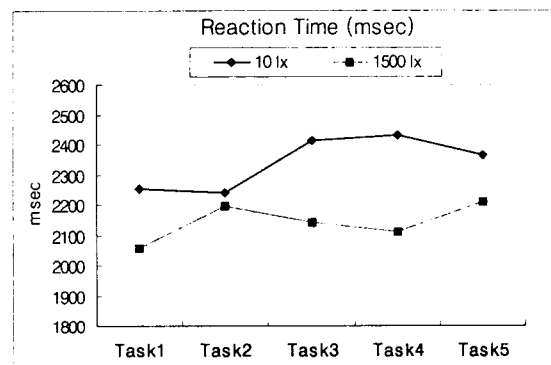


그림 3. 연산작업수행시 평균 반응시간

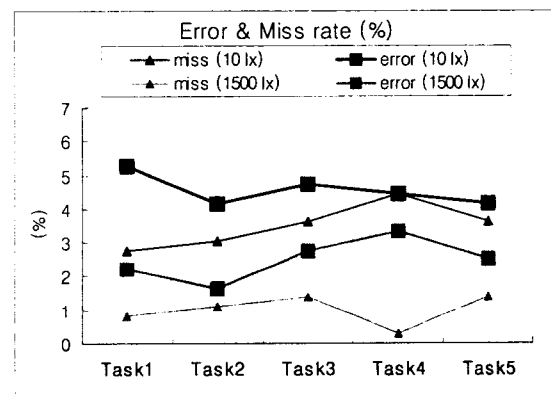


그림 4. error율 및 miss율 (%)

히 작업횟수가 증가함에 따라 조도 10 lx는 반응속도가 점차 느려지는 것을 알 수 있다.

그림 3은 작업수행결과의 정답률을 %로 나타낸 것이다. 정답률은 작업수행 횟수가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 나타낸다. 특

히 조도 1500 lx에서는 조도 10 lx보다 정답률이 약 5% 높은 결과가 나왔다.

그림 4는 error율 및 miss율(%)을 나타내는데 error와 miss의 합은 전체 오답수가 된다. 여기서 error란 연산결과와 제시된 숫자를 비교함에 있어 틀린 쪽의 키보드를 선택한 것을 말하며, miss는 5초 이내에 키보드 입력을 하지 못한 경우를 말한다.

두 조도조건의 작업수행성적을 비교해보면 조도 10 lx의 경우, 작업수행 횟수가 증가함에 따라 miss율이 높아지는 반면, 조도 1500 lx에서는 error율이 증가하는 경향을 가진다. 이것은 어두운 곳에서 더 쉽게 졸림으로 인한 주의집중저하의 결과로서 miss가 증가하며, 높은 조도에서는 어느 정도의 각성상태를 계속 유지하며 단조연산작업을 연속적으로 수행함에 따른 단조성 정신피로에 기인한 error증가로 추측된다.

3.2 주관평가 결과

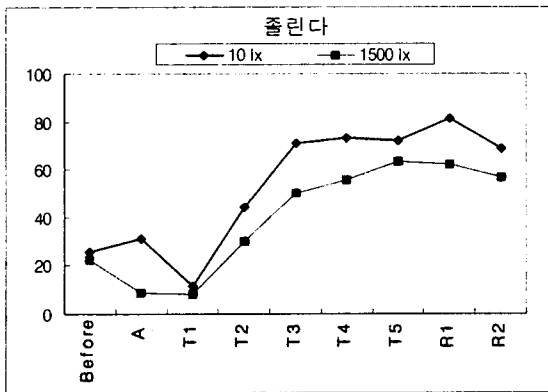


그림 5. 주관평가 (각성저하 평가항목)

주관평가 항목 중 주의집중저하 및 각성저하에 관련된 항목을 각각 그림 5, 6으로 나타내었다.

그림 5의 '생각이 무디다'는 항목은 작업수행 횟수가 증가함에 따라 점점 증가하며 특히 조도 10 lx에서 더 큰 폭으로 증가하였다.

그림 6의 '졸림' 항목에 대한 주관감을 평가한 결과를 나타낸다. 어두운 분위기인 낮은 조도 10 lx에서 쉽게 졸음을 느끼는 것을 알 수

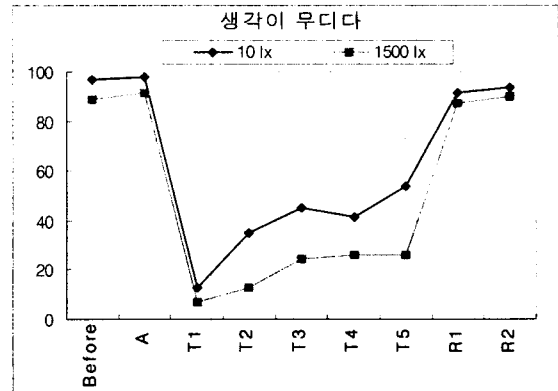


그림 6. 주관평가 (주의집중저하 평가항목)

있다. 즉 비교적 더 많이 졸린다고 평가한 10 lx에서의 각성도가 1500 lx보다 낮을 것이라 예측되며, 이는 반응시간이 길어지고, miss나 틀린 숫자가 더 많은 결과와 일치한다고 할 수 있다.

3.3 생리신호분석결과

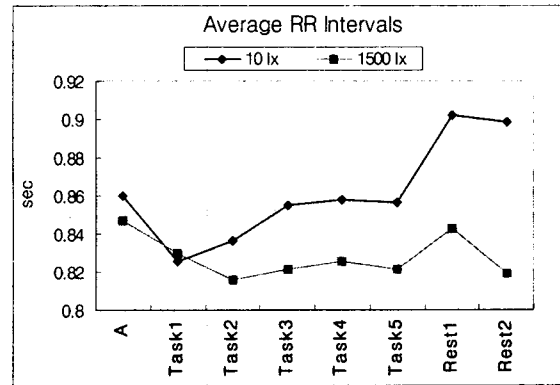


그림 7. 평균 RR Intervals (sec)

그림 7은 평균 RR간격을 나타낸 것이다. 순응(A)에 비해 작업을 수행하면서 RR간격이 약간 짧아지는 경향을 나타내며 특히 1500 lx는 작업수행 도중의 RR간격은 일정한 값을 유지하는 반면 10 lx는 작업수행횟수가 증가함에 따라 점차 RR시간간격이 길어진다.

그림 8의 호흡시간간격은 작업수행 중에는 호흡시간이 짧아졌으며, 두 조도조건에서 큰 차이는 나타나지 않았다.

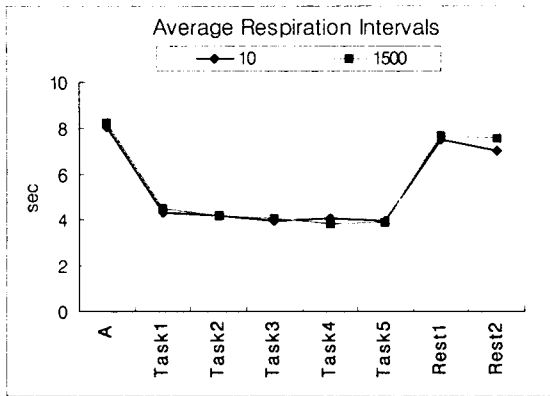


그림 8. 평균 호흡 Intervals (sec)

4. 검토 및 결론

본 연구는 10 lx, 1500 lx의 두 조도조건에서 VDT작업시의 각성도를 평가하기 위해 단조연산작업을 수행하면서 동시에 주관평가와 자율신경계와 중추신경계 생리신호를 측정하여 분석하였다.

그 결과 10 lx에서 더 졸리고 생각이 무딘 것으로 평가했으며 연산작업의 정답률이 비교적 낮았다. 연산반응시간은 1500 lx보다 길며 작업수행횟수가 증가함에 따라 점차 증가하는 경향이 나타났다. 또한, 작업수행중의 RR간격 증가는 단조작업수행으로 인한 단조성 스트레스의 증가로 부교감신경활동이 활성화에 의한 것이라 추측된다.

반면, 조도 1500 lx에서는 단조연산작업을 수행하면서 졸음과 주의집중곤란 정도가 비교적 완만하게 증가한다고 평가하였다. 이때 반응시간은 약간 짧아지며 정답률은 10 lx의 반응시간결과와 비교하면 5%이상 높게 나왔다. 또한 RR시간간격은 안정에 비해 연산수행동안 짧아지며, 작업을 수행하는 동안은 큰 변화가 없다.

이상의 결과로부터 조도조건이 달라짐에 따라서 생체가 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있으며 특히 어느 정도의 각성도 유지가 용이한 밝은 조도에서는 단조성작업수행에 유리하

다는 것을 알 수 있었다.

추후 더 많은 피험자에 의한 실험결과 분석을 통하여 보다 정량적인 각성도 평가뿐 아니라, 뇌파 등 생체신호의 충분한 추가 분석을 통하여 조도변화가 중추신경계를 비롯한 자율신경계에 미치는 영향을 보다 객관적이며 상관관계가 높은 지표로서 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 이 실험에 사용된 조도조건은 사무실 권장 조도 범위에 포함되는 범위이므로 앞으로 더 높은 조도조건에서의 실험결과의 비교, 검토가 필요할 것으로 생각된다.

*본 연구는 G-7 감성공학 기반기술개발사업에 의해 지원되었음(M1-9817-03-0001)

참고문헌

- [1] H. Noguchi and T. Sakaguchi (1999), "Effect of Illuminance and Color Temperature on Lowering of Physiological Activity", Applied Human Science J. of Physiological Anthropology Vol. 18 No. 4 pp117-123
- [2] H. Hagiwara, K. Araki, A. Michinori and M. Saito (1997), 覚醒度の定量的評価方法とその応用に関する研究, 精神神経学雑誌 第99卷 第1号 pp23-34
- [3] 고한우, 윤용현, 김동윤, 이창미 (2000), 생리신호를 사용한 단조 작업 수행시 정신 피로도의 측정과 평가 (I), 한국감성과학회 제3권 제1호 pp1-6