

VDT 모니터링 작업에서 근골격계 부담도 및 선호도에 근거한 모니터 높이 결정

이중호¹ · 송영웅^{2*} · 나석희³ · 정민근³

¹대한민국공군 제15 혼성비행단 / ²대구가톨릭대학교 산업보건학과 / ³포항공과대학교 산업경영공학과

Determination of Proper Monitor Height based on the Musculoskeletal Load and Preference during VDT Monitoring Tasks

Joongho Lee¹ · Young Woong Song² · Seokhee Na³ · Min Keun Chung³

¹ROKAF 15th Seoul Air Base

²Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu

³Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Monitor height is one of the key factors in the VDT workstation design. Most of the previous studies have focused on traditional VDT workplace where the operators performed data entry or word processing tasks using single monitor. This study aimed to suggest proper monitor height when the main task was monitoring information from different number of information sources. Twelve male students participated in three experiments: single information source (one monitor), two information sources (one monitor and one CCTV), and three information sources (one monitor, one CCTV and a window). Subjects performed monitoring tasks for 10 minutes with 3 different monitor center heights : 89.0 cm (Low), 111.3 cm (Middle), and 124.8 cm (High). Surface EMG signals of five neck muscles, subjective discomfort ratings, preference, and working postures were recorded. Results indicated that the middle height was proper for one monitor condition, but the low monitor height was recommended for more than two information sources.

Keywords: Monitor Height, Monitoring Task, VDT Workstation Design, Control Room Design

1. 서론

현대의 작업양식이 수작업에서 자동화로 바뀜에 따라 컴퓨터 단말기(VDT, visual display terminal) 보급이 급속화 되고 있다. 이러한 작업형태의 변화는 컴퓨터 단말기 작업을 증가시켜 작업능률 및 생산성은 향상되었으나, 장기적으로 VDT 작업자의 건강을 위협하는 잠재적인 요인들이 새로운 문제가 되었다. 즉, VDT 사용과 관련된 눈과 근골격계 질환이 많이 보고되고 있는 실정이다(Knave *et al.*, 1985; Bergqvist and Knave, 1994; Amell and Kumar, 1999).

VDT 사용이 증가함에 따라 VDT 작업대 및 작업 환경의 인간공학적 디자인의 중요성이 커지고 있다. 특히, 컴퓨터 모

니터 높이는 VDT 작업대 설계에서 핵심적인 설계요소이며, VDT 작업자의 작업자세 및 눈의 불편도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Villanueva *et al.*, 1996). Psihogios *et al.*(2001)이 정리한 역학적 조사에 의하면 높은 모니터 높이는 눈의 피로 및 근골격계 피로와 연관이 있다고 보고된 반면, 낮은 모니터 높이는 근골격계 피로를 더 유발한다는 결과도 있다. 한편, 모니터 높이와 근골격계의 불편도는 연관이 없다는 연구 결과도 있다(Sauter *et al.*, 1991).

기존의 모니터 높이와 관련된 연구에서는 하나의 모니터만 사용하고, 주로 데이터 입력 작업이나 컴퓨터 게임과 같이 키보드와 마우스를 많이 사용하는 작업을 대상으로 하였다. Straker and Mekhora(2000)는 모니터 상단이 눈높이에 오는 위치

와 모니터 화면 하단이 책상 높이에 있는 낮은 높이를 컴퓨터 게임 작업을 대상으로 비교하였으며, 모니터 상단이 눈높이에 오는 위치에서 머리, 목, 상체의 굴곡이 작고, 목 부위 근육의 근전도가 작게 나왔다고 보고하였다. 한편, de Wall *et al.* (1992)은 CAD/CAM 작업자를 대상으로 한 연구에서, 모니터 중간 높이가 눈 높이와 비슷한 높이에서 작업할 때 작업자가 허리를 더 바로 세우고, 목을 덜 굽히기 때문에 높은 모니터 높이를 추천하였다.

이러한 연구 결과는 VDT 기반의 모니터링 작업이 주된 작업인 생산공정라인의 중앙제어실 및 기타 중앙 제어실에 적용하기에는 한계가 있다. 중앙제어실에서의 VDT 작업은 주된 작업 형태가 데이터 입력 작업이 아니고, 돌발 상황 파악 및 긴급사태 대비를 위한 지속적인 모니터링 작업이 대부분을 차지하며, 마우스 및 키보드 조작은 전통적인 VDT 작업장에 비해 상대적으로 그 사용률이 적다. 또한 중앙제어실의 모니터링 작업에서는 모니터 한대만을 대상으로 하지 않고, 모니터 위쪽에 배치된 CCTV(closed-circuit television)나 각종 디스플레이를 지속적으로 주시하면서 다양한 정보를 획득해야 한다. 그리고, 일반 VDT 작업자용 단말기 장비는 작업자의 선호도에 맞게 책상이나 모니터 높이 등을 조절할 수 있지만, 중앙제어실의 VDT 워크스테이션은 대부분 높이가 고정되어 있다.

따라서, 본 연구에서는 중앙제어실의 작업 환경 하에서 컴퓨터 모니터 화면 높이 및 모니터링 대상 수가 중앙제어실 작업자에게 미치는 영향을 평가하고, 적절한 모니터 높이를 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

12명의 건강한 남자 대학생 및 대학원생이 피실험자로 참여하였다. 피실험자는 모두 시각 및 근골격계에 과거병력이 없었으며, 평균 연령은 26.9세, 평균 신장은 169.6cm, 평균 체중은 67.6kg이었다.

2.2 실험 환경 구성

공정제어실의 모니터링 작업 환경을 구현하기 위해 총 3가지 실험 환경을 구성하였다. 실험 1은 모니터 1개 화면만을 모니터링 하는 경우, 실험 2는 모니터와 CCTV 2곳을 동시에 모니터링 하는 경우, 실험 3은 모니터, CCTV 및 창을 통한 외부상황을 동시에 모니터링하는 환경으로, 각각의 실험 구성이 <Figure 1>에 나타나 있다.

높이 70cm인 책상과 높이를 조절 가능한 모니터 및 CCTV 받침대를 자체 제작하였으며, 주 모니터로는 17인치 LCD 모니터, CCTV는 15인치 LCD모니터, 외부 상황용 화면으로는 프로젝터를 사용하여 구성하였다.

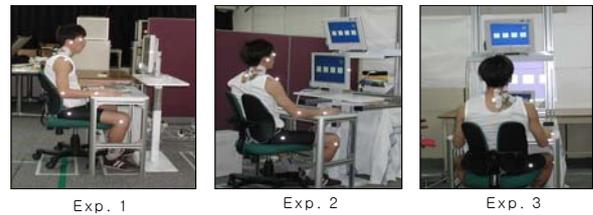


Figure 1. Experimental Setup.

2.3 독립변수

2.3.1 모니터 높이

모니터 높이는 기존 연구들을 참조하여 ‘낮음’(L), ‘중간’(M), ‘높음’(H)의 3 수준으로 나누었다. 중간 높이(M)는 모니터 상단이 작업자 눈 높이에 오는 위치이다. 높은 높이(H)는 모니터 중앙이 VDT 작업자의 눈 높이에 오는 위치이고, 낮은 높이(L)는 모니터 상단이 눈 높이 보다 낮은 높이로서, 모니터 아랫 부분이 책상에 닿는 높이로 설정하였다. 본 실험에서 적용된 세가지 모니터 높이는 기존 연구에서 제시된 높이를 모두 포함하고 있다(Straker and Mekhora, 2000; Sommerich *et al.*, 2001; de Wall *et al.*, 1992).

실제 공장의 구조공실에 설치된 VDT 워크스테이션은 높이 조절이 대부분 불가능하도록 고정되어 있으므로, 본 연구에서도 책상높이를 70cm로 고정하고, 모니터 높이를 결정하였다. 실험에서 적용된 구체적인 높이는 17인치 LCD 모니터 화면이 70cm 책상과 수직인 상태에서 바닥에서부터 모니터 중앙 높이가 각각 890mm(L), 1113mm(M), 1248mm(H)였다. 이때 적용된 기준 눈높이는 대한민국 25~39세 50퍼센타일이 작업화(30mm)를 착용한 상태에서 앉은 눈높이인 124.8cm를 적용하였다(KRISS, 1997).

실험 1, 실험 2의 경우에는 3가지 모니터 높이를 모두 적용하였으며, 실험 3의 경우에는 ‘낮음’과 ‘중간’ 높이만 적용하였다. ‘높음’의 경우 천장으로 인한 공간적 제약 때문에 외부 상황용 화면과 CCTV를 현실적으로 설치하기가 어렵고, 목을 과도하게 신전하는 자세로 모니터링 작업이 이루어지므로, 실험에서 제외하였다. 따라서, 실험 조건은 모두 8가지(3+3+2)였다.

2.3.2 신장 그룹

피실험자 신장 그룹은 두 수준으로 나누었다. 신장 그룹을 나누는 기준은 1997년 국민 체위 데이터의 대한민국 25~39세 남성 50퍼센타일 값인 170.8cm로 하였다(KRISS, 1997). 총 피실험자 12명중 각 그룹별로 6명씩 선정하였으며, 큰 신장그룹의 평균 신장은 174.3cm이며 작은 신장 그룹의 평균 신장은 164.8 cm이었다(<Table 1>).

Table 1. Stature and weight of the two group

Stature Group	Stature(cm)	Weight(kg)
Tall(range)	174(172~180)	73(63~85)
Small(range)	164(160~168)	62(50~70)

2.4 모니터링 작업

피실험자의 VDT 모니터링 작업은 비정상 상태가 발생하였을 때 조치를 하는 작업을 대상으로 하였고 Visual Basic 5로 프로그래밍하였다. 모니터 상에 파란색 바탕에 4개의 사각형이 나타나며, 3개의 사각형은 흰색이고 한 개의 사각형은 회색이다. 회색 사각형은 오른쪽에서 왼쪽으로 2초마다 이동한다. 4개의 사각형은 생산 공정을 나타내고, 회색 사각형은 현 공정을 표현한다. 한편, 비정상 상태를 나타내는 노란색 사각형은 1분당 1회씩 무작위로 나타나도록 하였다. 노란색 사각형이 나타나면 작업자는 마우스로 노란색 사각형을 클릭하도록 하였으며, 마우스로 클릭되면 노란색 사각형은 흰색으로 바뀌게 된다.

실험 1의 경우에는 하나의 모니터만 모니터링 하였으며 실험 2의 경우에는 2개의 모니터를 각각 50%의 비율로 모니터링 하도록 하였으며, 모니터에 '상', '하' 글자를 표시하였다. 실험 3의 경우에는 주 모니터, 외부 상황용 프로젝터, CCTV 모니터의 주시 비율을 50%, 40%, 10%로 하였으며, 주시해야 할 대상은 화면에 '상', '중', '하'로 표시하였다. 여기에서의 주시 비율은 국내의 한 제철공장 주조종실에서 비디오카메라 촬영을 통한 작업 분석을 통하여 추출한 값이다.

2.5 실험 절차

12명의 피실험자는 8가지 실험조건(실험 1 : 3가지, 실험 2 : 3가지, 실험 3 : 2가지)을 모두 수행하였으며, 실험 순서는 무작위로 결정하였다. 우선, 피실험자에게 실험의 목적과 내용, 주의사항 등을 전달하고 이를 숙지하도록 하였으며 피실험자의 기본적인 신상정보를 파악하였다. 본 실험에서는 피실험자가 주어진 순서에 따라서 편안한 자세에서 10분간 주어진 VDT 모니터링 작업을 실시하도록 하였다. 이때, 의자 높이와 등받이 기울기는 피실험자가 직접 편안한 자세가 되도록 조절하도록 하였다. 피실험자의 피로로 인한 평가결과와 왜곡을 막기 위해 각 실험조건에 대한 평가가 끝나면 약 15분 정도 휴식을 취하도록 하였다. 이때 실험조건을 변경하고 실험 장비를 점검하였다.

2.6 종속 변수

2.6.1 주관적 불편도

모니터링 작업으로 인한 눈의 불편도와 근골격계 불편도를 작업 시작 전과 후에 주관적으로 평가하도록 하였다. 우선, 모니터링 작업으로 인한 눈의 불편도는 7가지 증상 중 작업을 통해 불편도가 증가한 증상의 개수를 사용하여 평가하였다. 눈의 불편도 7가지 증상은 시야가 희미해지고 또렷하지 않음(blurred vision), 눈이 따가움(burning eye), 눈이 가려움(itching eye), 눈이 피로함(tired eye), 눈이 아픔(aching eye), 눈이 건조함(dry eye), 눈에 눈물이 생김(watering eye)이었다.

모니터링 작업으로 인한 근골격계 불편도는 신체부위 그림을 사용하여 Borg CR-10 scale로 7개의 신체부위의 불편도 및 전체적인 불편도(Total)를 평가하도록 하였다. 7개 신체부위는 목(Neck), 위쪽 등(Upper Back), 팔(Arm), 등(Mid Back), 허리(Lower Back), 엉덩이(Buttock), 허벅지(Thigh)였다.

2.6.2 목 근육의 근전도

VDT 모니터링 작업에서 부하가 클 것으로 예상되는 목 근육의 발휘정도를 평가하기 위해, 목의 우측 5개 근육(견갑거근, 흉쇄유돌근, 승모근, 경추(C1-C2)근, 흉곽(C7-T1)근)의 근전도 신호를 Telemyo 900 systems(Noraxon Inc., USA)을 사용하여 1000 Hz로 매 2분마다 5초간 5회 측정하였다. 측정된 신호는 최대근력(MVC) 발휘시의 신호를 사용하여 표준화하였다.

2.6.3 작업 수행도

10분간의 작업 중 비정상 상태를 나타내는 노란색 사각형이 표시된 후, 마우스를 클릭하는데 걸리는 반응 시간과 정확도를 작업 수행도의 평가 척도로 사용하였다.

2.6.4 작업자세

작업자세는 눈(Canthus), 귀(Tragus), 목(C7), 고관절(Hip joint) 위치에 마커를 부착하여 ProReflex™ system(Qualisys)를 사용하여 100 Hz로 측정하였다. 측정된 데이터로부터 등 기울임 각도(TA), 목각도(NA), 머리각도(HA), 주시각도(GA)를 계산하였으며, 변수의 설명이 <Figure 2>에 나타나있다.

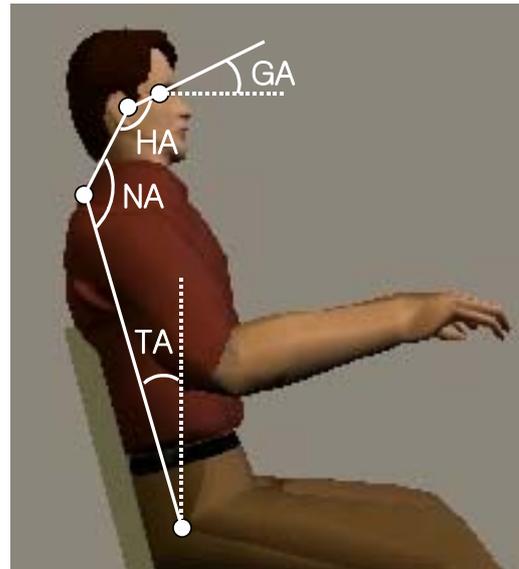


Figure 2. Description of work posture variables.

2.6.5 선호도

세 수준의 다른 모니터 높이에서 주어진 모니터링 작업이 끝난 후 피실험자에게 선호도 순위를 매기도록 하였으며, Friedman 검증을 실시하였다.

3. 결 과

3.1 주관적 불편도 평가

Borg CR-10 scale로 8개 신체부위의 불편도를 평가한 결과를 살펴보면, 실험 1의 경우에는 불편도의 평균이 0.11(허벅지)에서 0.62(목)로 전반적으로 낮은 수준이었다. 분산분석 결과 모니터 높이는 목의 주관적 불편도에서만 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 피실험자 신장그룹은 유의하지 않은 것으로 나타났다. Duncan's multiple range test($\alpha = 0.05$) 결과, 중간 높이(M)와 낮은 높이(L)에서의 목의 불편도가 높은 높이(H)보다 작게 나타났다(<Figure 3>). 눈의 주관적 불편도에서도 모니터 높이만 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 낮은 높이(L)와 중간 높이(M)가 높은 높이(H)보다 눈의 불편도가 작은 것으로 평가되었다.

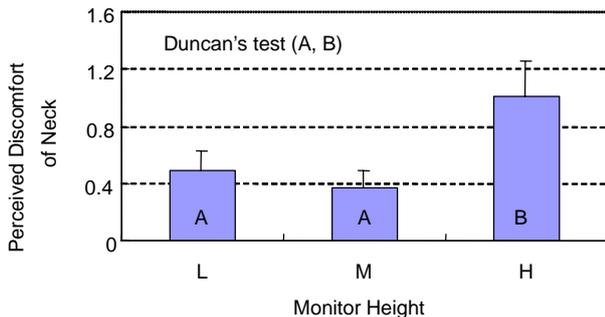


Figure 3. Perceived discomfort values according to the monitor height in Exp. 1.

한 개의 모니터와 CCTV를 모니터링 하는 실험 2의 경우에는, 실험 1과 유사하게 불편도의 평균이 0.24(허리)에서 0.72(눈)로 전반적으로 낮은 수준이나, 평균값은 전체적으로 실험 1보다 높게 나타났다. 분산분석 결과 모니터 높이만 목의 주관적 불편도에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 다른 부위와 눈의 불편도에서는 유의한 영향을 보이지 않았다($p > 0.05$). 낮은 모니터 높이(L)에서 목의 주관적 불편도가 가장 낮게 나타났으며(0.3), 높은 모니터 높이(H)에서 불편도가 가장 크게 나타났다.

실험 3의 경우, 모니터 높이는 8개 신체부위 및 눈의 불편도 모두에서 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났지만, 평균적으로 낮은 모니터 높이(L)의 경우가 중간 높이(M)의 경우에 비해 낮은 불편도를 보였다.

3.2 목 근육의 근전도 신호

실험 1의 경우, 경추근(cervical erector spinae extensor group)의 NEMG는 모니터 높이에 대하여만 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며($p < 0.05$), 모니터 높이가 낮은 경우 큰 값을 나타냈다(<Figure 4>). 기타 다른 부위에 대해서는 모니터 높이 및

신장의 주 요인과 두 요인들간의 교호작용 모두 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p > 0.05$).

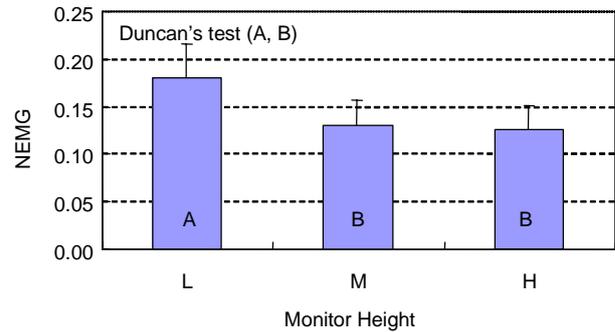


Figure 4. Mean NEMG values of the cervical erector spinae extensor group according to the monitor height in Exp. 1.

실험 2의 경우, 흉쇄유돌근(sternocleidomastoid)을 제외한 다른 부위에 대해서는 모니터 높이 및 신장그룹의 주 요인과 두 요인들간의 교호작용 모두 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났으며($p > 0.05$). 흉쇄유돌근의 NEMG는 모니터 높이에 대하여만 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 모니터 높이가 높은 경우 더 큰 값을 나타냈다(<Figure 5>).

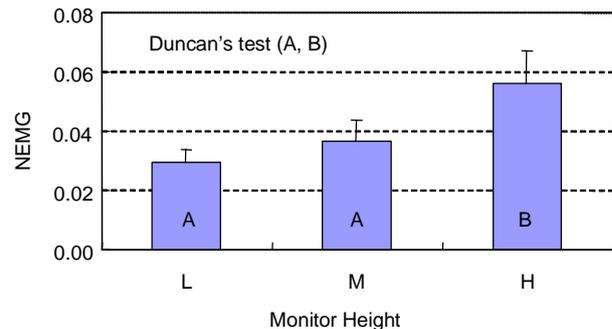


Figure 5. Mean NEMG values of the sternocleidomastoid muscle according to the monitor height in Exp. 2.

실험 3의 경우, 모니터 높이 및 신장그룹의 주 요인과 두 요인들간의 교호작용 모두 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났으며($p > 0.05$), 평균적으로 낮은 모니터 높이(L)에서 NEMG가 낮게 나타났다.

3.3 수행도

10분간의 VDT 모니터링 작업을 수행하는 동안 반응시간과 정확율을 통하여 모니터링 작업의 수행도를 평가하였다. 3가지 실험 조건에서 모니터 높이와 신장 그룹은 수행도에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p > 0.05$).

3.4 작업자세

모니터링 작업 중의 작업자세 관련 변수 값들이 <Table 2>에 제시되어 있다. 실험 1의 경우, 작업자세에 대한 분산분석 결과 모니터 높이에 따라 등기울임 각도(TA)를 제외한 목각도(NA), 머리 각도(HA), 주시 각도(GA)가 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며, 피실험자 신장그룹에 대해서는 주시 각도(GA), 등 기울임 각도(TA)가 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 모니터 높이가 L에서 H로 높아질 때, 목 각도(NA), 머리 각도(HA), 주시 각도(GA)는 각각 6.6°, 16.1°, 14.8° 높아졌다. 즉, 모니터 높이가 높아짐에 따라, 등 기울임 각도보다는 목과 머리 각도를 증가시켜 높아진 모니터 높이에 적응하는 것으로 분석된다.

실험 2의 경우, 모니터 높이에 따라 목 각도(NA)를 제외한 나머지 3개 자세 변수가 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 피실험자 신장그룹에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05). 모니터 높이가 낮은 높이(L)에서 높은 높이(H)로 높아질 때, 등기울임 각도(TA), 머리 각도(HA) 및 주시각도(GA)는 각각 7.7°, 18.2°, 15.7°씩 높아졌다. 즉, 모니터 높이가 높아짐에 따라, 등을 더 뒤로 기울이고, 머리를 더 들어서 주시각도를 높인 것으로 분석된다.

실험 3의 경우, 모니터 높이에 대해서는 머리 각도(HA)와 주시각도(GA)만 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 피실험자 신장그룹의 주 요인과 모니터 높이 및 신장그룹의 두 요인들간의 교호작용은 모두 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(p>0.05). 모니터 높이가 낮은 높이(L)에서 중간 높이(M)로 높아질 때, 머리각도는 12.8°, 주시각도는 4.4° 높아졌다. 즉, 모니터 높이가 높아짐에 따라, 머리각도를 주로 이용하여 주시각도를 높인 것으로 해석된다.

Table 2. Mean values of work posture variables according to the monitor height (°)

Work posture	L	M	H	p-value	
TA	Exp.1	19.3	20.9	22.6	0.346
	Exp.2	17.1	21.7	24.8	0.038*
	Exp.3	21.6	22.6		0.498
NA	Exp.1	115.9	121.0	122.5	<0.001*
	Exp.2	122.9	123.9	123.8	0.881
	Exp.3	122.3	123.8		0.332
HA	Exp.1	114.5	123.2	130.6	<0.001*
	Exp.2	108.8	119.2	126.2	<0.001*
	Exp.3	105.6	118.4		<0.001*
GA	Exp.1	13.7	22.8	28.5	<0.001*
	Exp.2	20.2	29.8	35.9	<0.001*
	Exp.3	27.8	32.2		<0.001*

* : statistically significant(p<0.05)

3.5 선호도

세 가지 모니터 높이에 대한 순위 평가 데이터의 Friedman

검증에 의하면, 실험1에서는 세 수준의 모니터 높이에 대한 선호도는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 가장 선호한 모니터 높이는 중간(M)이고, 낮은(L), 높은(H) 순이었다. 큰 신장그룹과 작은 신장그룹의 선호도에 대한 개별 분석결과도 같은 경향을 나타냈다.

실험 2의 경우에도 세가지 모니터 높이에 대한 선호도는 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났으며(p<0.05), 선호도 순서는 실험 1과는 다르게 낮은 높이(L), 중간 높이(M), 높은 높이(H) 순이었다. 큰 신장그룹과 작은 신장그룹의 선호도는 같은 경향을 보였다.

실험 3의 경우에는 피실험자 전체 및 큰 신장그룹의 선호도는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며(p>0.05), 큰 신장 그룹의 경우 각각 3명씩 선호하는 높이가 다르게 나타났다. 작은 신장 그룹의 경우에는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 낮은 모니터 높이(L)를 선호하였다.

4. 토론

본 연구에서는 VDT 모니터링 작업에서 모니터링 대상 수가 하나인 경우(실험 1), 두 개인 경우(실험 2), 세 개인 경우(실험 3) 각각에 대해서, 모니터 높이와 작업자의 신장 차이가 신체 부위의 주관적 불편도, 작업자세, 선호도, 목근육의 근전도에 미치는 영향을 평가하고, 적절한 모니터 높이를 제안하고자 하였다. 실험 결과를 종합하여 신체부위 불편도, 선호도, 목 근육의 NEMG 측면에서 유리한 모니터 높이를 정리하면 다음 <Table 3>과 같다.

Table 3. Proper monitor height according to three criteria

Experimental Condition	Perceived Discomfort	NEMG of Neck Muscles	Preference
Exp. 1	L or M* (eye, neck)	M or H* (cervical erector spinae)	M*
Exp. 2	L* (neck)	L or M* (sternocleidomastoid)	L
Exp. 3	L (average)	L (average)	L* (small stature group)

* : statistically significant(p<0.05)

주 모니터 한대만 모니터링하는 실험 1의 경우에는 주관적 불편도 측면에서는 낮은 높이(L)와 중간 높이(M)가 유리하고, 목 근육의 NEMG는 중간 높이(M)와 높은 높이(H)에서 낮은 값을 나타냈으며, 선호도에서는 중간 높이(M)를 가장 선호하였으므로, 종합적으로 중간 높이(M)가 적절한 것으로 판단된다. 높은 모니터 높이에서 중간 혹은 낮은 모니터 높이보다 눈의 불편도가 더 큰 것으로 평가 되었으며, 이것은 모니터 높이가 높아짐에 따라 눈을 더 올려 떠서 보게 되는 변화와 관련이 있을 것으로 판단된다. 즉, VDT 작업에서 모니터 높이가 높아져서

시선각도가 증가하면 동공 면적이 증가하여 눈이 빨리 건조해지고 결과적으로 눈의 피로도가 증가하게 된다(Bergqvist and Knave, 1994).

VDT 작업자는 시각과 근골격계 시스템의 상호작용을 통해서 VDT 작업에 맞는 작업자세를 취하게 되는 것으로 판단된다(Burgess-Limerick *et al.*, 1999). 본 실험에서도 VDT 모니터링 작업 시 모니터 높이 변화에 따라 머리, 목, 등의 각도변화를 동시에 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 모니터 높이가 높아짐에 따라서 머리 각도(HA)의 변화가 가장 크게 나타났으며, Burgess-Limerick *et al.*(1998)의 연구에서도 같은 결과가 보고되었다. 즉, 모니터 높이 변화에 따라서 신체 부위 중 머리 각도를 일차적으로 변화시키는 것으로 분석된다.

한편, 주 모니터와 모니터 위의 CCTV를 동시에 모니터링하는 실험 2의 경우에는 주관적 불편도와 선호도에서는 낮은 높이(L), 목 근육의 NEMG에서는 낮은 높이(L)와 중간 높이(M)가 유리하게 나왔으므로 낮은 높이(L)가 추천된다. 실험 1에서는 눈의 불편도가 모니터 높이에 따라 다르게 평가 되었으나, 실험 2의 특성상 위와 아래를 교대로 주시해야 하기 때문에 눈의 움직임을 지속적으로 유발하여 주관적으로 느끼는 눈의 불편도에서 차이를 보이지 않았던 것으로 판단된다.

주 모니터, CCTV와 함께, 창문을 통하여 외부 라인을 같이 모니터링하는 상황인 실험 3의 경우에는 신장이 작은 그룹에서의 선호도와 일부 작업자세에서만 모니터 높이에 대하여 통계적으로 유의하게 나타났다. 눈의 피로도 및 근골격계 불편도는 통계적으로 유의하지 않게 나타났으나($p>0.05$), 낮은 모니터 높이(L)에서 평균적인 불편도가 낮게 나타났다.

본 연구에서는 모니터링 작업을 각 조건에서 10분간 수행하였으나, 모니터 높이에 따른 눈 및 근골격계 불편도의 정확한 평가를 위해서는 보다 장시간의 작업 시간이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서는 모니터, CCTV 및 외부환경의 주시율을 일정하게 고정하였으나 주시율 변화에 따라 다른 결과를 보일 수도 있다. 따라서 중앙제어실 VDT 작업장의 다양한 실제 상황을 반영하기 위해서는 모니터 CCTV 및 외부환경에 대한 주시율을 다양하게 변화시키면서 실험을 수행하는 것이 요구된다. 또한 본 연구에서 적용한 표준체위조사의 눈높이 데이터는 표준자세 기준이기 때문에 실제 작업장이나 VDT 작업에서의 기능적인 자세(기대거나 숙인 자세)와는 차이가 있을 수 있으며, 보완 연구가 필요한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 중앙제어실과 같이 모니터링 대상 수가 여러 대인 경우의 VDT 모니터링 작업 시 모니터 높이가 작업자에게 미치는 영향을 평가하였다. 1개 화면을 모니터링 하는 경우

에는 중간 모니터 높이(모니터 중앙 높이 : 111.3cm), 모니터와 CCTV 2개 화면을 모니터링 하는 경우와 모니터, CCTV, 외부 상황의 3곳을 모니터링 하는 경우에는 낮은 모니터 높이(모니터 중앙 높이 : 89.0cm)가 근골격계 불편도, 목근육의 근전도, 선호도 측면에서 유리한 것으로 판단된다. 보다 정확하고 현장 적용성을 높이기 위해서는 각 화면의 주시율을 변화시키고 보다 긴 모니터링 시간을 통한 평가가 요구된다.

참고문헌

- Amell, T. K. and Kumar, S. (1999), Cumulative trauma disorders and keyboarding work, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **25**, 69-78.
- Bergqvist, U. O. and Knave, B. G. (1994), Eye discomfort and work with visual display terminals, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, **20**, 27-33.
- Burgess-Limerick, R., Plooy, A., Fraser, K., and Ankrum, D. R. (1999), The influence of computer monitor height on head and neck posture, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **23**, 171-179.
- Burgess-Limerick, R., Plooy, A., and Ankrum, D. R. (1998), The effect of imposed and self-selected computer monitor height on posture and gaze angle, *Clinical Biomechanics*, **13**, 584-592.
- KRISS, (1997), *National Anthropometric Survey of Korea 1997*, KRISS-97-114-IR.
- Knave, B. G., Wibom, R. I., Voss, M., Hedstrom, L. D., and Bergqvist, U. O. (1985), Work with video display terminals among office employees : I. Subjective symptoms and discomfort, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, **11**, 457-466.
- Psihogios, J. P., Sommerich C. M., Mirka, G. A., and Moon, S. D. (2001), A field evaluation of monitor placement effects in VDT users, *Applied Ergonomics*, **32**, 313-325.
- Sauter, S. L., Schleifer, L. M., and Knutson, S. J. (1991), Work posture, workstation design, and musculoskeletal discomfort in a VDT data entry task, *Human Factors*, **33**, 151-167.
- Sommerich, C. M., Joines, S. M., and Psihogios, J. P. (2001), Effects of Computer monitor viewing angle and related factor on strain, performance, and preference outcomes, *Human Factors*, **43**, 39-55.
- Straker, L. and Mekhora, K. (2000), An evaluation of visual display unit placement by electromyography, posture, discomfort and preference, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **26**, 389-398.
- Villanueva, M. B., Sotoyama, M., Jonai, H., Takeuchi, Y., and Saito, S. (1996), Adjustments of posture and viewing parameters of the eye to changes in the screen height of the visual display terminal, *Ergonomics*, **39**, 933-945.
- de Wall, M., van Riel, M. P. J. M., Aghina, J. C. F. M., Burdorf, A., and Snijders, C. J. (1992), Improving the sitting posture of CAD/CAM workers by increasing VDU monitor working height, *Ergonomics*, **35**, 427-436.