

작업안전성 향상을 위한 신개념 VDT 작업용 의자의 인간공학적 설계

신종현 · 박민용 · 김정룡

한양대학교 산업공학과

Design of a New-Concept VDT Workstation Chair for Improving Work Safety

Jong-Hyun Shin · Min-Yong Park · Jung-Yong Kim

A new-concept VDT workstation chair with adjustable keyboard/mouse support was proposed to minimize physical discomfort and the risk of cumulative trauma disorders (CTDs) at work sites in this study. First, a three-dimensional human modeling tool (SAFEWORK[®]) was used to design the new chair satisfying the anthropometric specifications of Korean population. Second, based upon the result of 3-D graphical simulation, a mock-up chair was constructed with an adjustable keyboard/mouse support directly attached to the chair body. Third, muscle fatigue and subjective discomfort were measured to evaluate the newly developed chair. An experiment was conducted to compare the new workstation chair to the traditional computer chair without keyboard/mouse support. Six volunteer subjects participated in six one-hour word-processing sessions with two different chairs and three different postures. Statistical results indicate that the new-concept VDT chair generally improved subjective comfort level and reduced fatigue in finger flexor/extensor and low back muscle. In conclusion, this new VDT workstation chair is expected to reduce physical discomfort and prevent occupational CTD problems in the long run. Implications of the new design and suggestions for the further development are also addressed.

1. 서론

최근 컴퓨터의 빠른 보급과 관련 기술의 급속한 발전은 정보화 향상과 생산성 증가에 커다란 영향을 미치게 되었다. 그러나 일반적인 컴퓨터 작업 환경에서 컴퓨터를 자주 오랫동안 사용하게 되면 단순 반복 키보드 작업으로 인해 발생하는 누적외상성질환(CTDs: Cumulative Trauma Disorders)이라는 직업병에 걸리기 쉽다. 누적외상성질환은 고도로 분업화된 현대 산업환경에서 장기간에 걸쳐 지속적인 반복 동작에 의하여 근육, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생되고, 이것이 누적되어 각종 컴퓨터 작업이나 단순 조립작업 등 연속적인 반복동작을 필요로 하는 작업에 종사하는 근로자들에게서 나타

나는 일종의 직업성 질환이다(Kroemer, 1989).

대표적인 공업화 선진국인 미국에서는 수백만 명의 작업자들이 누적외상성질환으로 고통받고 있으며, 이로 인한 보상비용은 상상을 초월할 만큼 상당한 것으로 보고되고 있다(CTD News, 1995). 한편 국내에서는 1986년 누적외상성질환이 최초로 직업병으로 인정된 사례(전자신문, 1997) 이후, 은행 창구 작업자들이나 전화번호 안내 작업자들에게 누적외상성질환이 많이 나타나고 있는 것으로 보고되고 있으며(임상혁 등, 1997), 따라서 뚜렷한 인간공학적 대책이 수립, 이행되지 않는다면 머지않아 국내에서도 누적외상성질환으로 인한 산업안전/보건 문제 및 결과적으로 엄청난 경제적 손실이 발생할 것으로 예상된다.

이러한 누적외상성질환을 예방하기 위한 VDT(Visual Display

Terminal) 작업장에 대한 인간공학적 연구들이 지속적으로 진행되고 있다. 예를 들면, 요통을 예방하기 위한 방법으로 몸통과 넓적다리 간의 각도를 105° 로 유지해야한다고 하였고(Touggas *et al.*, 1987), 조절성을 가진(adjustable) VDT 작업용 의자가 과도한 정적 부하와 불편한 자세로 발생할 수 있는 위험을 감소시킨다는 결론을 얻었으며(Grandjean *et al.*, 1984), 또한 의자의 부적절한 설계와 작업장 내에 구성 요소간 제원의 불일치로 인해 작업자가 많은 불편을 겪는다는 연구도 있었다(변승남과 이동훈, 1994). 그러나 이와 같은 연구들은 정적인 작업환경에서의 인간공학적 의자 설계에 주안점을 두고 있어 동적 작업환경에 부응할 수 없다는 것이 문제로 지적되고 있다.

게다가 최근 무선 마우스/키보드와 같은 원격 입력 장치의 개발로 VDT 작업자는 자유롭게 위치 선정을 해 시력 저하를 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 기존에 사용하던 유선 키보드나 마우스보다 공간의 제약을 덜 받게 되어 더 자유로운 사용자 중심의 작업환경을 제공받고 있다(전자신문, 1997). 그래서 자유로운 작업 자세를 선정할 수 있고 새로운 데이터 입력 장치를 갖는 현재 VDT 작업자들의 다양한 욕구를 충족시킬 수 있는 새로운 개념의 VDT 작업장이 요구된다.

또한 전통적 VDT 작업장과는 다른 VDT 작업자의 동적 환경을 만족시킬 수 있는 VDT 작업장에 대한 요구와 이러한 요구를 만족시키기 위하여 본 연구에서는 장시간 VDT 작업을 할 경우 전통적 VDT 작업장이 해결하지 못하는 작업장과 작업자간의 부적합성을 해결하기 위해 키보드-의자 일체형 VDT 작업용 의자의 설계를 제안하고 평가하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 VDT 작업 시 의자와 키보드 관계로 인한 인간공학적 문제를 해결하기 위해 컴퓨터 작업용 의자와 키보드를 일체화하는 설계안을 제시하고, 3차원 인체 모델링 도구를 이용하여 mock-up 의자를 제작한 후 객관적, 주관적 평가를 통하여 그 안전성 및 효율성을 검증하고자 한다.

2.1 컴퓨터 모의 실험을 통한 의자의 설계

2.1.1 신체 불편도 빈도 조사

신개념 VDT 작업장 의자를 모델링하기 전에 전통적 VDT 작업환경(한국산업안전공단/근로복지공단, 1996)에서 피실험자의 불편도 빈도 조사를 실시하였다. 이러한 조사는 1시간의 문서 편집 작업을 하는 동안 시간이 경과하면서 나타나는 VDT 작업자의 불편도가 주로 어느 부위에서 나타나며, 불편도 부위의 변화 추세를 조사해 이것을 가지고 설계 요소로서 산정하기 위한 기초자료로 사용하는 데 그 목적이 있다. 최초 작업 후 20분이 경과하면 불편도 조사를 위해 신체 부위를 10개로

나눈 신체 부위도(Corlett and Bishop, 1976)를 이용한 설문지 방법을 통하여 각 신체 부위별로 불편도를 많이 느끼는 부위를 순서대로 기록하고, 이러한 절차를 최초 작업 후 40분, 60분이 경과한 후에 각각 같은 방법으로 실시하도록 하였다.

2.1.2 신체 불편도 빈도 조사 결과를 통한 모델링

예비 실험 결과에서 얻은 신체 불편도 빈도 조사를 통하여 3차원 인체 모델링 도구를 가지고 신개념 VDT 작업용 의자의 주요 설계 항목을 결정하고, 새로이 제안된 키보드 받침대의 조절 범위를 도출하도록 하였다.

2.2 Mock-up 의자의 평가 실험

2.2.1 실험 개요

본 실험은 기존의 전통적인 가이드라인을 기초로 한 VDT 작업용 의자와 새롭게 제안된 키보드-의자 일체형 VDT 작업용 의자와의 비교를 위한 실험이다. 실험시설로서 피실험자들이 전통적 VDT 작업장과 신개념 VDT 작업장에서 각각 1시간 동안 문서편집 작업을 했을 때, 피실험자에게서 발생하는 EMG(electromyography) 신호와 주관적 피로도의 차이가 없다는 것으로 귀무가설을 설정하였다. 본 실험에서 EMG 신호는 RMS(Root Mean Square)와 MPF(Mean Power Frequency)의 2가지가 사용되었다.

2.2.2 피실험자

나이가 23세부터 26세까지인 총 6명의 남자 대학원생들이 실험에 참여하였다. 피실험자들의 몸무게는 62.7 ± 12.8 kg이고, 키는 173.7 ± 3.7 cm이었으며, 과거에 근골격계 병력이 없었다.

2.2.3 실험 장비

본 실험에서는 두 가지 형태의 작업장이 사용되어 평가가 이루어졌다. 첫 번째는 전통적 VDT 작업환경(한국산업안전공단/근로복지공단, 1996)하에서 평가가 이루어졌는데, 작업환경은 VDT 작업면이 65cm 높이로 고정되어 있고, 의자의 좌면 높이가 35~45cm, 의자 좌면의 폭과 깊이가 각각 40cm, 그리고

그림 1. 전통적 VDT 작업환경.

그림 2. 신개념 VDT 작업용 의자의 개념도.

화면의 높이가 100cm로 설정되었다<그림 1>. 두 번째 작업장은 의자를 제외한 나머지가 <그림 1>의 전통적 VDT 작업장과 같고, 의자는 본 연구에서 제안한 새로운 형태의 의자로서 제원은 <그림 2>에 나타나있다.

EMG data를 수집하는 동안 75% MVC(Maximum Voluntary Contraction)를 측정하기 위하여 악력계가 사용되었다. 또한, EMG data를 측정하고 수집하기 위해 bandwidth가 1-1,000Hz인 Noraxon Myosoft 2000 system이 사용되었고, 486 PC와 A/D converter가 수집된 데이터를 기록하고 저장하기 위하여 사용되었다.

2.2.4 실험계획

독립변수는 forward-bent posture, upright posture, back-slumped posture의 3가지로 구분되는 작업 자세의 형태와, 일반적인 컴퓨터 의자를 사용한 VDT 작업장과 키보드 일체형 의자를 사용한 신형 VDT 작업장 형태로 구분되는 작업장의 형태로 정의된다.

종속변수는 각 작업자세와 VDT 작업장 형태에 따라 VDT 작업 전후의 각 근육의 RMS difference와 MPF difference로 정의된

다. 여기서 EMG를 측정하기 위해 정중시상단면을 기준으로 오른쪽의 5개 근육군이 선택되었다. 이러한 근육군은 다음과 같다; 얇은 손가락 굽힘근(Flexor Digitorum superficialis: FD), 손가락 펴짐근(Extensor Digitorum: ED), 삼각근(Medial Deltoid: MD), 등세모근(Trapezius: TR), 척추 세움근(Erector Spinae muscle: ES).

그리고 또 다른 종속변수로서 총 11개 신체 부위에 대한 주관적 불편함의 정도를 7-scale 기법을 이용해 평가한 주관적 평가치(SEM; Subjective Evaluation Measure)가 사용되었다. 따라서 실험에 사용된 종속변수는 다음의 표 1과 같다.

2.2.5 실험 절차

피실험자의 신체 측정치를 측정 및 기록하고, 다음으로 표면전극을 미리 선정된 근육의 표면에 붙이기 위하여 살갓표면을 준비한다. 전극은 두 개가 서로 약 3-4cm 정도 떨어지게 붙이는데, 선택된 5개 근육군 중 근육의 volume을 손에서 느낄 수 있는 곳에 근섬유질의 방향과 평행하게 붙이고, 마지막으로 근육을 많이 사용하지 않는 인체 부위에 접지용 전극을 붙인다. 먼저, 피실험자가 직좌자세에서 오른팔을 어깨 높이까지 평행하게 들고 그 상태로 5초 동안 악력계를 꼭 쥐었을 때의 FD의 MVC(Maximum Voluntary Contraction)가 측정되었다. 2분 이상 휴식을 취한 후, VDT 작업을 하기 전에 5초 동안 75% MVC 상태에서 원 신호 데이터(raw EMG data)가 수집되었다. 그런 다음, 1시간 동안의 VDT 작업을 마친 후 다시 같은 방법으로 5초 동안 원 신호 데이터가 수집되었다.

두 번째로, 선행 연구에 의하여(김정룡 등, 1998) 오른쪽 팔의 90° 펴짐 상태와 0°의 외전할 때 MD 및 TR의 75% MVC가 5.4kg이라는 결과가 도출되었으므로, 이런 결과를 기초로 해서 앞의 두 근육들에 대한 VDT 작업 전후의 EMG data가 수집되었다.

세 번째로, VDT 작업을 하기 전에 피실험자가 5초 동안 직좌 자세로 있게 했을 때의 ES의 원 신호 데이터가 수집되었으며, VDT 작업 후에도 원 신호 데이터가 같은 방법으로 수집되었다. VDT 작업 환경에서 ES의 MVC를 측정하는 것이 어렵기 때

표 1. 실험에 사용된 종속 변수

RMS	at extensor digitorum muscle	SEM	at neck
	at flexor digitorum superficialis muscle		at shoulders
	at medial deltoid muscle		at upper arms
	at trapezius muscle		at lower arms
	at erector spinae muscle		at upper back
MPF	at extensor digitorum muscle		at mid back
	at flexor digitorum superficialis muscle		at lower back
	at medial deltoid muscle		at buttocks
	at trapezius muscle		at thighs
	at erector spinae muscle		at legs

문에, 본 연구에서는 직좌자세에서 submaximal 수준의 힘이 사용되었다.

마지막으로, 실험을 마친 후 7-scale 기법을 사용하여 주관적 평가가 이루어졌다.

2.2.6 자료 분석

자료분석을 위해 개발된 소프트웨어를 통하여 EMG data의 normalized RMS difference와 normalized MPF difference가 계산되었다. Normalized RMS difference와 normalized MPF difference는 세 가지의 작업 자세와 두 가지의 작업장 형태에 따라 5개 근육군에 대하여 각각 다음과 같은 식으로 구해졌다.

● RMS

- 근육 ED, FD

$$\text{normalized RMS difference} = \frac{75\% \text{ MVC RMS}_{\text{after}}}{\text{MVC RMS}} - \frac{75\% \text{ MVC RMS}_{\text{before}}}{\text{MVC RMS}} \quad (1)$$

- 근육 MD, TR, ES

$$\text{normalized RMS difference} = \frac{\text{RMS}_{\text{after}}}{\text{RMS}_{\text{before}}} - 1 \quad (2)$$

● MPF

- 근육 ED, FD

$$\text{normalized MPF difference} = \frac{75\% \text{ MVC MPF}_{\text{before}}}{\text{MVC MPF}} - \frac{75\% \text{ MVC MPF}_{\text{after}}}{\text{MVC MPF}} \quad (3)$$

- 근육 MD, TR, ES

$$\text{normalized MPF difference} = 1 - \frac{\text{MPF}_{\text{after}}}{\text{MPF}_{\text{before}}} \quad (4)$$

Normalized RMS difference와 normalized MPF difference에 대하여, 어떤 자세와 어떤 작업장의 형태가 VDT 작업자의 근피로도에 유의한 영향을 끼치는지 결정하기 위하여 ANOVA와 post-hoc test를 실시하였다. 또한 Wilcoxon 부호 순위 검정을 통하여 11개 신체부위에 대한 주관적 신체 불편도가 분석되었다.

3. 결과

3.1 Mock-up의자 제작을 위한 컴퓨터 모의 실험결과

3.1.1 불편도 빈도 조사 결과

불편도 순위 1에 대한 각 시간대별 불편도 빈도를 <그림 3>에 나타내었다.

순위 1에 대한 불편도 빈도만을 고려하면 최초 작업 시작 후 20분까지 아래팔(lower arms)이 50%로 가장 많은 불편도를 느끼

그림 3. 불편도 순위 1에 대한 시간대별 불편도 빈도.

고, 다음으로 목과 어깨가 각각 20%로 불편도를 느끼는 것으로 나타났다. 작업 시작 후 40분에서도 역시 아래팔이 60%를 차지했고, 다음으로 아래등(lower back)이 20%를 차지했다. 그러나 최초 작업 시작 후 60분에서 불편도 빈도는 어깨가 50%를, 아래팔과 아래등이 각각 20%를 차지하는 결과를 나타냈다. 결론적으로, 기존 의자를 사용한 작업장에서 작업을 시작한 초기에서부터 중간까지는 아래팔이 가장 불편한 것으로 나타났지만, 문서편집 작업을 1시간 이상동안 계속 할 경우는 어깨에 가장 큰 불편을 느끼는 것으로 나타났고, 또 목에서도 지속적으로 불편도가 나타난다는 결론을 내릴 수 있었다.

3.1.2 불편도 빈도 조사 결과에 대한 분석

불편도 빈도 분석에서 시간이 경과할수록 목과 어깨의 통증이 초기에 통증이 심했던 아래팔보다 더 증가한 것으로 나타났는데, 이는 대체로 작업자가 작업면에 비해 의자를 높이 앉기 때문에 나타나는 현상으로 보이며(Starr, S. J. et al, 1985), 몸통 경사각은 시간이 증가할수록 증가하는 추세를 보였는데 이는 허리 부분을 편하게 하기 위해 몸통을 등 받침대에 점점 더 많이 기대기 때문이다. 이러한 자세로 오랜 시간 작업을 하게 될 경우 팔꿈치 각도가 커지고 손목 각도도 증가하게 되면서 팔에 무리를 주는 것으로 알려졌다(Branton, P., 1969).

3.2 신개념 VDT 작업용의자의 주요 설계 항목 도출

작업자의 불편도 조사와 기존 문헌에 의한 연구 결과 및 가이드라인(한국산업안전공단/근로복지공단, 1996)을 바탕으로 다음과 같은 설계 항목을 제안하였다.

- ① 등받이: 등받이 길이와 경사각의 증가
- ② 좌판: 여성 작업자를 고려한 좌판의 높낮이, 너비, 깊이의 적합한 설정
- ③ 키보드 받침대: 키보드 받침대의 수평/수직 조절 범위 지정

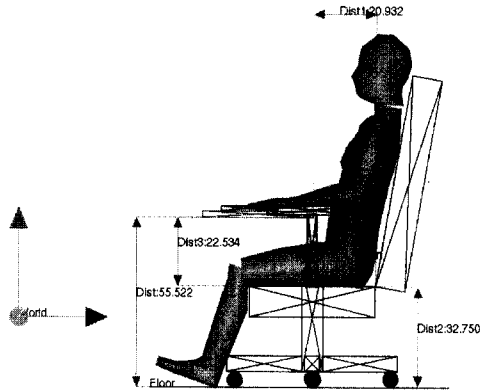


그림 4. 여자 5percentile 외배엽형의 모델링 예.

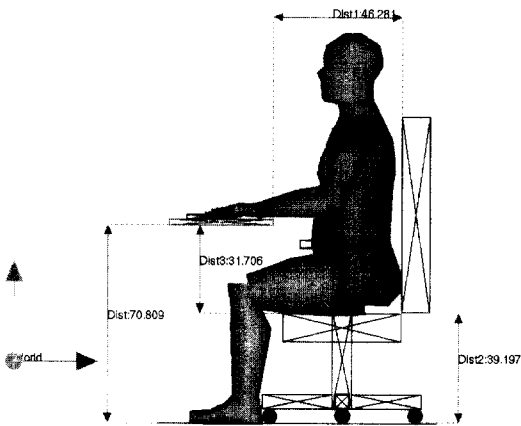


그림 5. 남자 95percentile 내배엽형의 모델링의 예.

3.3 신개념 VDT 작업용 의자의 모델링

3차원 인체 모델링 도구(SAFEWORK[®])를 이용하여 신개념 VDT 작업용 의자를 모델링 하였다. 의자의 작업 허용 범위를 극대화하기 위해서 한국인 여자 5percentile 외배엽형(ectomorphic)과 남자 95percentile 내배엽형(endomorphic)의 두 가지 인체 측정치를 이용한 극단 설계 방식을 채택하였다(GENICON, 1998). 다음으로, 이러한 체형 모두에 적합하고 VDT 작업을 하는 동안의 동적 인체측정치를 만족시키기 위하여 앞서 설정된 의자의 주요 설계항목들과 기타 설계 항목들이 기존의 전통적 인간공학 가이드라인을 기초로 설정되었다. 또한 키보드/마우스 받침대를 고안하여, 이것을 의자에 부착시켰다. 의자의 dimension과 키보드/마우스 받침대의 수직 및 수평 이동 범위가 3차원 인체 모델링 도구를 이용한 모의 실험을 통하여 설정<그림 2>되었고, 설정된 받침대의 범위는 각각 좌판-받침대가 25~32cm, 등받이-받침대가 21~46cm, 그리고 바닥-좌판이 33~39cm로 도출되었다. 키보드 받침대의 최소 및 최대 조절 범위를 구하기 위해 몸통 경사각이 100° 인 한국인 여자 5percentile

그림 6. mock-up 의자.

표 2. 근육별 normalized MPF difference의 분산분석 결과

Muscle	Source	DF	F	Pr>F
ED	Workstation Type	1	4.93	0.0770*
	Work Posture	2	3.45	0.0726*
	Workstation Type × Work Posture	2	1.58	0.2536
FD	Workstation Type	1	4.11	0.0983*
	Work Posture	2	0.78	0.4837
	Workstation Type × Work Posture	2	0.08	0.9267
MD	Workstation Type	1	3.92	0.1044
	Work Posture	2	0.13	0.8836
	Workstation Type × Work Posture	2	0.65	0.5442
TR	Workstation Type	1	2.00	0.2160
	Work Posture	2	0.27	0.7682
	Workstation Type × Work Posture	2	1.57	0.2551
ES	Workstation Type	1	5.84	0.0603*
	Work Posture	2	4.43	0.0420**
	Workstation Type × Work Posture	2	0.22	0.8029

(*: $p < 0.10$ 수준에서 유의함, **: $p < 0.05$ 수준에서 유의함,

***: $p < 0.01$ 수준에서 유의함)

외배엽형과 몸통경사각이 90° 인 한국인 남자 95percentile 내배엽형을 바탕으로 모델링한 결과를 <그림 4>와 <그림 5>에 나타내었다.

3.4 Mock-up 의자 제작

신개념 VDT 작업용 의자의 모델링과 예비 실험을 통해 도출된 의자의 주요 개선 항목을 통하여 mock-up 의자를 제작하였다. 제작된 mock-up 의자를 <그림 6>에 나타내었다.

3.5 Normalized EMG 분석 결과

3.5.1 RMS difference

표 3. 작업 자세별 Wilcoxon 부호 순위 검정 결과

신체 부위	forward-bent posture	upright posture	back-slumped posture
	Pr> S	Pr> S	Pr> S
목	0.5000	0.0313*	0.0313*
어깨	0.5000	1.0000	0.0313*
위팔	0.3750	0.5000	0.0313*
아래팔	0.0313*	1.0000	1.0000
위등	0.2500	0.2500	0.0313*
중간등	1.0000	0.0313*	0.5000
아래등	0.4375	0.0313*	0.0313*
엉덩이	1.0000	1.0000	0.0313*
넓적다리	1.0000	0.2500	0.2500
다리	0.0313*	0.1250	0.0313*
눈	1.0000	0.5000	0.5000

(*: $p < 0.05$ 수준에서 유의함, **: $p < 0.01$ 수준에서 유의함)

2가지 독립변수(Workstation type, Work posture)에 대하여 종속변수인 RMS의 영향을 알아보기 위해서 SAS(Statistic Analysis System)를 이용한 분산분석(ANOVA)의 결과를 근육별로 <표 2>에 요약하여 나타내었다. VDT 작업장 형태에 관해 normalized RMS difference의 경우는, ED와 FD가 유의수준 5%에서, TR이 유의수준 10%에서 각각 유의한 차이가 발견되었다. 즉, 전통적 VDT 작업장과 신형 VDT 작업장간의 RMS difference 값의 차이가 있음을 보였으므로, 앞에서 언급한 세 근육군에서 힘 발생정도가 작업장의 종류에 따라 차이가 있음을 나타낸다.

3.5.2 MPF difference

전통적 VDT 작업장과 신형 VDT 작업장 간, 그리고 작업 자세별 근 피로도에 대한 결과가 표 3에 제시되었다. Normalized MPF difference의 경우는 ED, FD, 그리고 ES가 각각 유의수준

10%에서 유의한 차이를 보였다. 작업 자세에 대하여 normalized MPF의 경우 ED가 유의수준 10%에서, ES가 유의수준 5%에서 각각 유의한 차이가 발견되었다. 여기서 수준수가 3 이상이므로 추후분석을 통하여 나타난 결과를 <그림 7>과 <그림 8>에 요약하였다. <그림 7>과 <그림 8>에서, 각 작업자세의 평균값에 대해 서로 같은 문자는 유의 수준 10%와 5%에서 각각 통계적으로 유의한 차가 없음을 의미한다. 3가지 작업자세들 중 upright posture에서 신개념 VDT 작업용 의자가 ED의 피로도를 가장 많이 감소시킨 것으로 나타났다. 다른 작업자세들에 비해 forward-bent posture는 신개념 VDT 작업용 의자에서 ES의 피로도를 더 많이 감소시킨 것으로 나타났다.

3.6 주관적평가 결과

11개 신체 부위에 대한 분석 결과를 각 작업 자세별로 <표 4>에 나타내었다. Wilcoxon 부호 순위 검정을 통하여 피실험자들은 보통 신개념 VDT 작업용 의자에서 더 편안하게 느끼는 것으로 나타났다. 특히, 아래팔과 다리의 경우에 forward bent posture에서 더 편안하게 느낀다는 것이 유의수준 5%에서 검증되었다. 그리고 upright posture의 경우에는 목, 중간등, 아래등의 3개 신체부위에서 그리고 back-slumped posture에서는 목, 어깨, 위팔, 위등, 아래등, 엉덩이, 다리의 7개 신체 부위에서 피실험자가 더 편안하게 느낀다는 것이 유의수준 5%에서 각각 검증되었다.

4. 토 론

1시간 동안 문서편집 작업을 통해 측정된 normalized MPF difference에 대해 ED, FD, 그리고 ES가 유의수준 10%에서 유의한 결과를 보였지만, 의미 있는 결과가 되기 위해서는 최소한 유의수준 5%에서 유의한 결과를 얻어야 한다. 그러나 이러한 근육

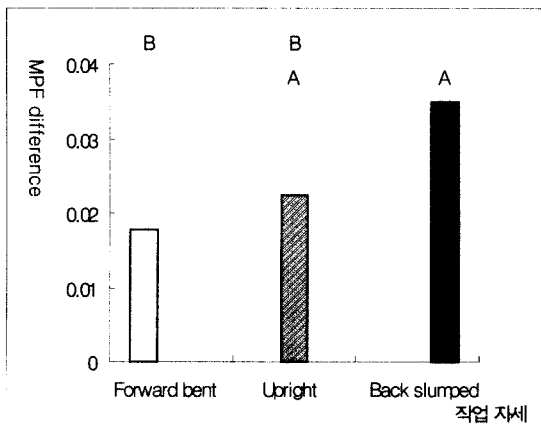


그림 7. 작업 자세에 대한 ED의 추후분석 결과.

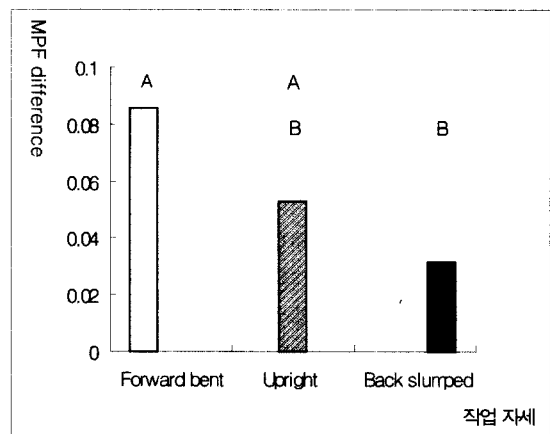


그림 8. 작업 자세에 대한 ES의 추후분석 결과.

들의 normalized MPF difference의 값에 대한 표준편차가 최대 0.7 이하였으므로 피실험자의 수를 증가시킨다면 더 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 1시간이라는 작업 시간 때문에 유의 수준 10%에서 유의한 결과가 나타날 수도 있는데, 만약 계속해서 몇 시간 동안 타이핑이나 마우스 작업을 할 경우에는 실제로 팔이나 어깨, 목과 같은 상지 부분에 심각한 영향을 줄 것으로 예상된다.

측정기법에 따라 유의수준 10% 또는 5%에서 상이한 작업장의 형태가 실질적으로 ED, FD, 그리고 ES의 근피로도에 영향을 주었다. 이것은 약간의 관절각이 증가/감소하더라도 장시간 VDT 작업후의 피로도에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 그러므로, 중립적으로 관절각을 유지하기 위해 인간공학적 조치가 필요하다는 것은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 특별히, upright posture에서 비록 손목 굽힘 각도가 작더라도 키보드/마우스 받침대에 의해 그 각도가 감소되므로 ED가 가장 큰 도움을 얻었다. 또한 결과를 통하여 새로운 키보드/마우스 받침대의 개념이 컴퓨터 작업자가 ES의 피로를 경감시키기 위하여 과도하게 앞으로 구부리는 것을 막을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러므로, 이러한 결과를 통하여 새로운 VDT 작업환경이 사용자의 작업 자세를 구두 지시도 없이 변경시킬 수 있고, 또한 피로도를 감소시킬 뿐만 아니라 결과적으로 누적외상성질환의 위험을 최소화할 수 있도록 근육과 인대에 부하를 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

주관적 평가 결과, VDT 작업자들은 전통적 VDT 작업 환경보다 새로운 VDT 작업장을 훨씬 더 선호하는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 새로운 제품에 대한 선호도뿐만 아니라 자세의 불편도와 같은 생리학적 혼동 요인들 때문인 것으로 생각된다. 또한 전반적으로 신형 VDT 작업장이 전통적 VDT 작업장에 비해 피로도 측면에서 더 우수한 수행결과를 객관적 평가와 주관적 평가에서 모두 보였는데 특히, 이러한 결과는 주관적 평가에서 훨씬 더 뚜렷하게 나타났다. 예를 들어, 객관적 결과에서는 주로 팔과 어깨 및 허리 부위에서 작업자의 피로도에 유의한 차이를 보였는데, 이러한 현상은 주관적 결과에서 아래팔, 위팔, 중간등, 아래등, 그리고 위팔에서 보였던 것처럼 보다 더 구체적인 유의성을 나타내었다. 그러므로, 본 연구에서의 주관적 평가가 객관적 평가 결과를 검증하기 위한 비교 목적으로 사용될 수 있을 것이다.

5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 키보드/마우스 받침대가 부착된 VDT 작업용 의자가 제안되었고, 정적 자세를 기초로 설계된 전통적 VDT 작업용 의자에 비해 더 안전하고 편안하다는 것이 검증되었다. 잠재적 수요자들을 끌어들이기 위해서는 디자인에서의 더 많은 개선과 전자동 조절 장치의 개발이 필요할 것으로 생각되며, 또한 이러한 작업 환경은 무선 키보드/마우스와 같은 원격 입력 장치와 조화가 잘 될 것으로 여겨진다. 그리고 앞으로 VDT 작업장 일부분을 설계하는 부분적인 개발이 아니라 VDT 작업장 전체를 고려한 조화된 개발이 필요할 것으로 생각되며, 이를 위한 컴퓨터 제품의 하드웨어적인 뒷받침도 병행되어야 할 것으로 여겨진다. 결론적으로, 본 연구에서 제안된 신개념 VDT 작업장은 누적외상성질환의 위험에 노출되어 있는 VDT 작업자들에게 훌륭한 인간공학적 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김정룡, 박지수, 박창순, 편홍국(1998), 어깨의 작업자세에 따른 근육의 작업부하에 관한 연구, 1998년 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 203-209.
- 변승남, 이동훈(1994), 사무 좌식 작업자의 골격근육계 불편함 분석 및 의자 설계에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 13(2), 13-24.
- 임상혁, 이윤근, 박희석, 박시복, 박민용, 김영호(1997), 누적외상성질환(CIDs)에 관한 조사연구, *데이콤(주) 누적외상성질환(CID)에 관한 조사연구 최종보고서*, (주)데이콤 누적외상성질환 연구용역팀.
- 전자신문(1997), 유니텍전자 멀티미디어 프레젠테이션용 무선마우스 개발.
- 한국산업안전공단/근로복지공단(1996), VDT 및 단순반복작업근로자 건강장해 대책 세미나.
- Branton, P. (1969), Behavior, body mechanics and discomfort, *Ergonomics*, 12(2), 316-327.
- Corlett, E. N. and Bishop, R. P. (1995), A technique for assessing postural discomfort, *Ergonomics*, 19(2), 175-182.
- CTD.News (1995), 4(6).
- GENICOM (1998), *SAFEWORK User's Manual*.
- Grandjean, E., Hünting, W., and Nishiyama, K. (1984), Preferred VDT workstation settings, body posture and physical impairments, *Applied Ergonomics*, 15(2), 99-104.
- Kroemer, K. H. E. (1989), Cumulative trauma disorders: their recognition and ergonomics measures to avoid them, *Applied Ergonomics*, 20(3), 274-280.
- Starr, S. J., Shute, S. J. and Thompson, C. R. (1985), Relating postures to discomfort in VDT Use, *Journal of Occupational Medicine*, 27(4), 269-271.
- Tougas, G. and Nordin, M. C. (1987), Seat features recommendations for workstations, *Applied Ergonomics*, 18(3), 207-210.