

표면근전도의 근육 긴장도를 이용한 컴퓨터 단말기 작업자세 평가

원진녹색병원 산업의학과, 홍익대학교 정보산업공학과¹⁾, 가톨릭대학교 산업보건대학원²⁾

임상혁 · 박희석¹⁾ · 김현욱²⁾

— Abstract —

Assessing Muscle Tensions During VDT Works with Surface Electromyography

Sanghyuk Yim, Heesok Park¹⁾, Hyunwook Kim²⁾

*Department of Occupational & Environmental Medicine, Wonjin Hospital
Department of Industrial Engineering, Hongik University¹⁾
Graduate School of Occupational Health, The Catholic University²⁾*

Objects : This study was designed to assess muscle tensions while working at a VDT workstation with surface electromyography (sEMG).

Methods : Variables tested were desk height, monitor position on the desk, distance from edge of the desk to the keyboard. Eleven female volunteers working in the tele-communication company were seated at an ergonomically adjusted workstation. They were assigned to a task of typing for 5 minutes and were given a 10 minutes resting with hands in their lap. For the initial experiment, the desk height was fixed to standard desk height (65.0 cm) recommended by ANSI and latter adjusted to a higher desk height (72.8 cm) for this study such that the subjects experienced slight elevation of shoulders. The monitor position initially at the center on the desk and latter left site of the desk(45o from monitor-neck axis). The keyboard was positioned to an optimal distance(15 cm from the desk edge) and an abnormal distance(30 cm). Five muscle groups(paraspinal muscles, upper trapezius muscle, supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, and rhomboid muscle) were selected for the study. The data of sEMG were analyzed by 2×2×2×5 mixed factorial design.

Results : The results were as follows:

1. sEMG activity recorded from the paraspinal muscles were significantly higher when the angle of the monitor adjusted to 45 degree from the center of the desk.
2. sEMG activity recorded from the upper trapezius/supraspinatus/infraspinatus muscles were significantly higher when the hight of the desk was elevated from the recommended height.
3. sEMG activity from the rhomboid muscle showed no significant difference in all test conditions.

Conclusions : The results of this study confirm that the height of a VDT workstation and the angle of the monitor are risk factors of upper extremity cumulative trauma disorders. Also sEMG would be useful for measuring muscle activities during workstation assessment.

Key Words : Surface electromyography, VDT worker, Desk height, Monitor position, Keyboard distance.

〈접수일 : 2000년 10월 4일, 채택일 : 2000년 12월 23일〉

교신저자 : 임 상 혁(Tel : 031-550-1067) E-mail : shim@gneen.hospital.co.kr

서 론

최근 들어 우리 나라에서도 컴퓨터 영상단말기(VDT, Video Display Terminal)를 직업적으로 다루는 사람들이 많아지게 되고 또한 자동차, 금속, 전자 등 제조업분야에서 단순반복작업이 많아지면서 이로 인한 건강장해로 누적외상성질환(Cumulative Trauma Disorders, CTDs)이 새로운 직업병으로 대두되고 있다.

이와 같은 누적외상성질환은 장시간에 걸친 반복 동작에 의하여 근육이나 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생하고 이것이 누적되어 목, 어깨, 팔, 손목 및 손가락 등에 만성적인 동통과 감각 이상으로 발전되는 대표적인 직업성질환으로 알려져 있으며(Raffle 등, 1994), 우리 나라에서는 산업재해보상보험법 시행규칙 제39조 업무상재해인정기준(노동부, 1995)에 '경견완증후군'이란 이름으로 현재 직업병으로서의 치료와 보상이 이루어지고 있다.

선진국에서는 이러한 누적외상성질환이 많은 직종으로 더욱 확산되고 있어 이미 직업병의 상위를 차지하고 있고 이로 인해 작업자의 건강문제와 더불어 장기 결근에 의한 생산손실과 요양비 지출로 인한 재정문제 등이 점차 심화되고 있다(HHS, 1992). 따라서 선진국에서는 이에 대한 관심을 갖고 환자관리는 물론 작업자들의 작업조건 및 각종 인간공학적 인 관리기준 등을 포함한 구체적인 지침들이(ANSI, 1996 ; OSHA, 1996) 마련되어 작업현장에서 많이 활용되고 있다.

우리 나라에서는 최근 들어 누적외상성질환의 의학적인 진단 문제(송동빈 등, 1997)와 위험요인 평가 및 개선을 위한 인간공학적인 연구(박희석 등, 1997)들이 조금씩 진행되고 있고 정부에서는 '영상표시단말기(VDT)취급근로자 작업관리 지침'을 제정하여(노동부, 1997) VDT 작업현장에서 지침으로 사용할 것을 권고하고 있다. 그러나 아직 이 문제에 대한 연구가 미비하여 전체 현황 및 문제점들을 파악하는 데 많은 한계가 있으며 특히 사업주, 정부, 근로자 등의 관심이 많지 않아 전체 산업재해 예방정책에 많은 손실을 초래할 위험마저 있는 게 사실이다.

반복 작업에 의한 누적외상성질환의 발병요인으로 는 주로 연령, 신체조건, 작업습관, 과거병력 등의

작업자 요인, 작업자세, 작업강도, 작업에 드는 힘, 휴식시간 등의 작업요인, 작업대 조건, 작업에 사용되는 도구, 기타 작업공간 등의 작업장 요인과 그리고 진동 및 저온 등의 환경요인 등이 지적되고 있다(OSHA, 1996 ; 박희석 등, 1997). 따라서 이 질환에 대한 예방관리를 위해서는 질병 발생의 위험요인(Risk factors)에 대한 인간공학적인 평가가 필수적이라 할 수 있으나 지금까지 국내에서의 연구내용들은 대부분이 의학적인 진단 방법 및 기준개발에 치우쳐 있어 앞으로 이 부분에 대한 많은 관심과 연구들이 필요한 실정이다.

최근의 외국연구 동향을 보면 위험요인에 대한 정량적 반응 관계(dose-response relationships)의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구의 일환으로 산업 현장의 작업 설계를 위해, 물리적 스트레스(physical stress)에 대응하는 심리육체적(psychophysical)반응을 연구하고, 이러한 심리육체적 접근 방법은 다시 생리학적(physiological) 측정으로 연구되기도 하였다(Dahalan 과 Fernandez, 1993; Kim과 Fernandez, 1993). 또한 생리학적 접근 방법은 특히 상지(upper extremity)에 부하를 가중하는 작업장 설계에 대한 지침 작성에 유용한 효과를 보이기도 하였다(Krawczyk와 Armstrong, 1991; Snook 등, 1995).

이러한 정량적 반응 관계를 보고자 하는 연구에서 누적외상성질환의 유발요인인 사용근육의 힘(force), 근육 피로도(muscle fatigue)와, 근육 긴장도(muscle tension)를 표면근전도를 이용하여 측정하여 누적외상성질환의 발생과의 관계가 있음을 보여주는 연구가 발표되고 있다(Hagberg 등, 1981; Harvey과 Paper, 1997).

따라서 본 연구에서는 우리 나라의 누적외상성질환에서 최근 문제가 되고 있는 VDT 작업의 위험요인(Risk factors)에 대한 인간공학적인 평가를 하기 위해 표면근전도를 이용하여 질병발생 요인중 하나인 작업 조건(책상 높이, 키보드의 위치, 모니터의 위치)이 변함에 따라 발생하는 작업자의 근육 긴장도를 조사하여, VDT 작업에의 알맞은 작업 조건을 선별하고자 하였으며 또한 인간공학적으로 적합한 VDT 작업장 평가에서 표면근전도의 유용성을 알아보고자 하였다.

Table 1. Function of superficial neck & shoulder muscles.

Name	Fuction
Paraspinal muscles	Bending & rotating of cervical vertebral column
Upper trapezius muscle	Scapula elevation
Supraspinatus muscle	Abduction of humerus, deltoid musle assistants
Infraspinatus muscle	Lateral rotation of humerus
Rhomboid muscle	Scapula adduction

(Ferner와 Staubesand 1986)

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 1998년 7월 28일 전화교환 및 고객상담 업무를 담당하고 있는 ○○○통신회사의 여성 작업자 112명을 신체 계측을 하였으며, 신체 계측에서 측정된 신장의 평균값과 비슷한 11명을 임의로 선택하여 1998년 11월 2일부터 4일까지 본 연구를 수행하였다.

2. 방법

1) 연구 장비 및 조건

실험실은 실외온도의 영향을 피하기 위해 항온(200°C), 항습(50%)이 유지되게 하였고, 근전도 기기를 이용하여 근력이 발생할 때의 전기적 신호를 측정하였으며 10채널의 표면 전극을 사용하였다(Muscle tester ME3000, MEGA electronics Ltd, Finland). 근전도 측정에서 불필요한 방해파(noise)를 제거시키기 위해 표면전극을 피부에 부착시키기 전에 부착할 부위를 재활의학 전문의의 촉진을 통해 미리 선정하였고, 샌드페이퍼로 가볍게 문지르고 알코올로 닦아낸 후 표면 전극을 부착하였으며, 피부의 온도보상을 위하여 30분 후에 실험을 시작하였다(NIOSH, 1992). 사용되어진 근전도의 전극은 Al-AgCl합금으로 10 mm 디스크 모양의 bipolar 전극을 사용하였으며 근육의 방향과 가능한 한 수직으로 부착하였다.

특히 작업 조건을 실제 상황과 맞추기 위해 현재 작업장에서 사용되고 있는 책상과 컴퓨터 장비를 실험실에 준비하였으며 높은 책상은 현재 작업장에서 사용되고 있는 책상으로 하였고 비교한 책상은 미국 국립표준원(American National Standard

Institutes, ANSI)에서 발표한 표준책상의 조건에 맞추어 실험하였다(ANSI, 1988). 미국 국립표준원의 표준 책상 조건을 사용한 이유는 먼저 국내의 표준 책상 조건은 아직 만들어지지 않았고, 표준 책상이 사업장에서 사용하였던 책상보다 높이가 낮았고, 미국 여성의 앉은 키 계측치와 한국 여성의 앉은 키 계측치가 비슷하기 때문이다(Bhattacharya와 McGlothlin, 1996, 이영숙, 1999).

연구는 하루를 오전, 오후로 나누어 2명씩 실시하였으며 오후 실험에 참여한 작업자는 오전 작업을 하지 않게 하여 앞선 VDT작업으로 인한 근육의 영향을 최소화하였다.

2) 실험 절차, 실험 근육 조사, 실험장 설계

본 실험은 ① ANSI의 표준 책상(이하 표준 책상)/목 정상/키보드 정상, ② 높은 책상/목 정상/키보드 정상, ③ 표준 책상/목 경사/키보드 정상, ④ 높은 책상/목 경사/키보드 정상, ⑤ 표준 책상/목 경사/키보드 멀리, ⑥ 높은 책상/목 경사/키보드 멀리, ⑦ 표준 책상/목 정상/키보드 멀리, ⑧ 표준 책상/목 정상/키보드 멀리 등 총 8개의 조건으로 시행되었다(Table 1). 특히 실험 순서는 난수표를 사용하여 순서에 따른 오차를 없애도록 하였으며 하나의 조건에 대해 각각 5분씩 수행하였다. 실험 중의 작업 내용은 전화 상담임을 감안해 숫자와 한글이 섞여진 텍스트를 5분 동안 한글 프로그램을 사용하여 입력하도록 하였다. 하나의 조건이 끝난 후 근전도 상에서 근육의 긴장도가 없어질 때까지 손을 다리 위에 올려놓고 충분한 휴식시간을 주었으며 이 시간은 일반적으로 10분이 되었다(Fig. 1).

실험에서 근육 긴장도의 측정을 위해 사용된 근육은 일반적으로 정적 운동에서 누적의상성질환이 잘 침범한다고 알려진(Chaffin과 Anderson, 1991) 척

추 주위근(paraspinal muscles), 상부 승모근(upper trapezius muscle), 극상근(supraspinatus muscle), 극하근(infraspinatus muscle), 능형근(rhomboid muscle)의 좌우 총 10개의 근육을 측정하였으며 분석에 이용한 값은 근육의 좌, 우 값을 평균하여 구하였다. 각각의 근육에 대한 접촉 부위는 재활의학 전문의 1인이 각 근육의 측진을 통해 부착점을 선정하였다. 각 근육의 기능은 Table 1과 같다.

실험장(workstation) 설계에서 높은 책상은 대상자가 속한 사업장의 책상으로 하였으며 책상의 높이는 72.8 cm이었고, 미국 국립표준원의 기준(ANSI, 1988)에 맞게 제작한 표준 책상의 높이는 65.0 cm이었다. 모니터의 위치는 목을 비틀지 않고 모니터를 주시하고 있는 경우(목 정상)와 약 45도 비틀면서 주시하는 경우(목 경사)로 나누어서 실험하였다. 키보드의 거리는 미국 국립표준원에서 권고한 책상의 끝에서 15 cm 떨어진 것과 책상 끝에서 키보드가 30 cm 멀리 떨어진 경우로 나누어서 실험하였다. 실험장 설계에서의 구체적인 수치는 Table 2와 같다.

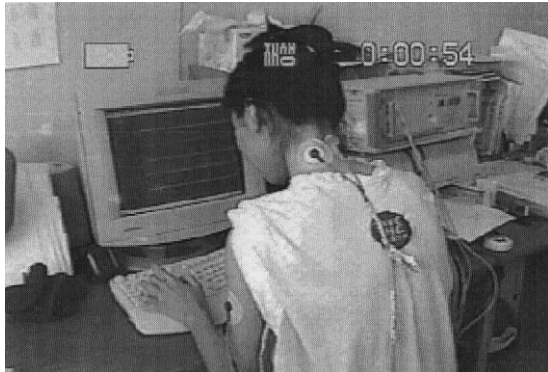


Fig. 1. VDT worker with electrodes of sEMG.

3) 분석 방법

표면근전도의 데이터 분석은 책상의 높이 2변수, 모니터의 각도의 2변수, 키보드의 거리의 2변수, 어깨 근육의 5변수를 순열로 하여 구하였다.

분석 값은 근수축(muscle contraction)이 일어난 부분에서 baseline으로부터의 변위(Fig. 2)를 적분하여 절대값을 취한 면적(area: 단위 $\mu V \cdot sec$)을 구하여 분석에 이용하였다.

통계분석은 표본수가 11명에 지나지 않지만 정규분포를 한다는 가정 하에 모수 검정의 paired t test를 사용하였으며, 표면근전도의 데이터 분석은 Noraxon사의 myosoft를 이용하였고, 통계분석은 SPSS를 이용하였다.

결 과

1. 실험대상자의 특성

신체계측에 참여한 112명의 평균 신장은 160.55 cm 이었고, 이와 비슷한 11명을 임의로 선택하여 본 연구를 수행하였다.

대상자 11명은 현재 VDT 작업을 하는 사람으로 신경 및 근육에 대한 질병력이 없고, 모두 오른손잡이였으며, 컴퓨터 단말기 작업에는 모두 양손을 사용하였다. 대상자는 모두 여자로 평균 연령은 24.2 ± 1.5 세, 현 부서 경력은 25.3 ± 4.7 개월, VDT 작업 경력은 28.2 ± 11.0 개월, 신장은 160.5 ± 1.0 cm이었다(Table 3).

2. 각 근육에 따른 표면근전도 분석 결과

본 실험은 목적에서 밝힌 바와 같이 VDT 증후군에 가장 유의한 영향을 미칠 것으로 예상되는 작업

Table 2. Experimental Workstation Design

Contents	Standard workstation	Abnormal workstation
Desk height	65.0 cm	72.8 cm
Seat height	44.5 cm	44.5 cm
Monitor height	38.0 cm	38.0 cm
Keyboard height(home key)	3.1 cm	3.1 cm
Keyboard angle	10.0°	10.0°
Monitor position	0°	45°
Keyboard distance from the desk edge	15 cm	30 cm

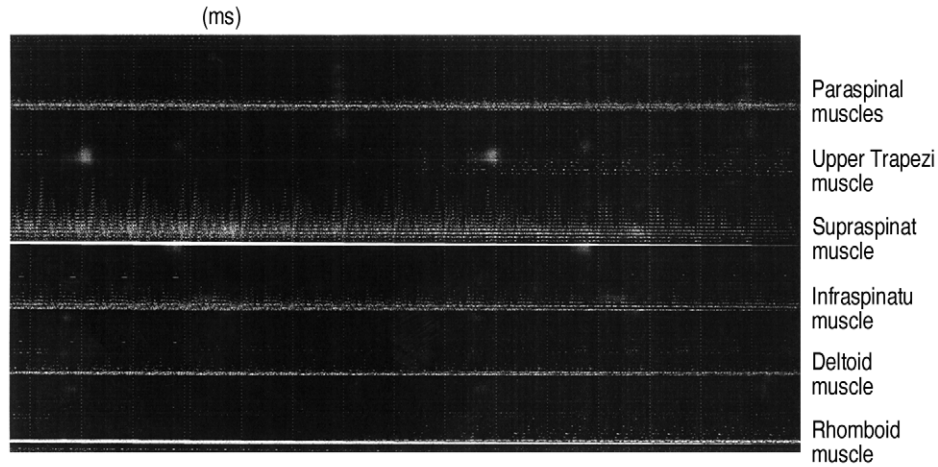


Fig. 2. Raw sEMG signal activity in 5 muscle groups with abnormal desk, normal monitor, and normal keyboard workstations.

Table 3. General characteristics of the subjects

Contents	Sub1	Sub2	Sub3	Sub4	Sub5	Sub6	Sub7	Sub8	Sub9	Sub10	Sub11	Means±SD*
Age (yrs)	22	26	25	23	23	25	22	2	25	24	25	24.2±1.5
Employment duration (months)	20	27	36	20	22	27	20	27	25	27	27	25.3±4.7
Present work duration (months)	20	27	36	20	22	27	20	27	25	27	27	25.3±4.7
VDT use (months)	20	27	60	28	2	27	20	27	2	27	27	28.2±11.0
Standing height (cm)	160.2	162.4	161.0	160.5	159.5	160.8	160.1	160.	159.4	161.8	159.2	160.5±1.0
Sitting height (cm)	84.0	84.3	84.2	85.0	85.1	83.2	84.0	81.9	82.3	85.8	84.7	84.1±1.2
Popliteal height, sitting (cm)	42.5	43.2	42.5	40.5	41.0	41.0	45.0	44.1	42.6	40.4	40.9	42.2±1.5
Eye height, sitting (cm)	73.2	75.0	74.5	74.0	73.8	74.9	73.4	74.2	74.9	75.0	73.2	74.2±0.7
Elbow height, sitting (cm)	26.2	27.2	28.9	28.5	26.1	26.8	26.4	27.0	27.8	28.0	26.9	27.3±0.9

*:standard deviation

조건(책상 높이, 키보드 위치, 모니터 각도)과 5개의 어깨근육을 중심으로 수행되었다. 그 결과는 Table 4와 같다.

이 높은 책상/목 정상/키보드 멀리 군은 높은 책상/목 경사/키보드 정상 군, 높은 책상/목 경사/키보드 멀리 군보다 통계적으로 의미 있게 낮았다(Table 5).

1) Paraspinal muscles

Paraspinal muscles의 표면근전도 값은 실험조건

2) Upper trapezius muscle

Upper trapezius muscle의 표면근전도 값은 낮

Table 4. Means and standard deviations in μV for sEMG levels of five shoulder muscles in video display terminal workstations (n=11)

Work stations	Muscles	Paraspinal	Trapezius	Supraspinatus	Infraspinatus	Rhomboideus
N-D ¹⁾						
N-M ³⁾		6.028±1.785	4.791±1.542	7.095±3.208	4.274±1.755	6.454±3.000
N-K ⁵⁾						
A-D ²⁾						
N-M		6.899±4.738	8.466±3.171	10.643±4.325	4.802±2.061	7.326±3.591
N-K						
N-D						
A-M ⁴⁾		6.801±4.602	4.987±1.543	7.737±4.027	4.251±1.652	5.963±3.215
N-K						
A-D						
A-M		6.706±2.895	8.365±3.147	11.404±7.496	5.461±2.476	6.957±2.964
N-K						
N-D						
A-M		7.954±3.315	5.385±1.729	7.591±3.472	4.516±1.996	6.809±3.064
A-K ⁶⁾						
A-D						
A-M		6.754±3.049	7.573±3.667	9.678±5.107	4.610±1.510	8.969±4.058
A-K						
N-D						
N-M		6.154±2.878	6.278±3.479	8.204±3.756	4.163±1.263	6.373±2.027
A-K						
A-D						
N-M		5.493±1.586	7.272±3.146	9.898±4.399	4.667±1.649	7.339±4.085
A-K						

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm
- 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm
- 3) Normal monitor : Center on the desk(0°)
- 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45° from monitor-neck axis)
- 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm
- 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm

은 책상이 포함된 실험조건이 높은 책상이 포함된 실험조건보다 모두 통계적으로 의미 있게 낮아서 upper trapezius muscle의 근육의 긴장도는 책상의 높낮이에 의해 변화됨을 알 수 있었다(Table 6).

3) Supraspinatus muscle

Supraspinatus muscle의 표면근전도 값은 실험조건이 낮은 책상/목 정상/키보드 정상 군이 높은 책상/목 정상/키보드 정상 군보다 낮은 책상/목 경사/키보드 정상 군이 높은 책상/목 정상/키보드 정상 군, 높은 책상/목 정상/키보드 멀리 군보다, 낮은 책

상/목 경사/키보드 경사 군이 높은 책상/목 정상/키보드 정상 군, 높은 책상/목 정상/키보드 멀리 군보다, 낮은 책상/목 정상/키보드 멀리 군이 높은 책상/목 정상/키보드 정상 군보다 통계적으로 의미 있게 낮았다(Table 7).

4) Infraspinatus muscle

Infraspinatus muscle의 표면 근전도 값은 낮은 책상/목 정상/키보드 정상 군, 낮은 책상/목 경사/키보드 정상 군, 낮은 책상/목 정상/키보드 멀리 군이 높은 책상/목 경사/키보드 정상 군보다 통계적으로

Table 5. P Values for sEMG levels by paraspinal muscles in video display terminal workstations

Work stations	N-D ¹⁾	A-D ²⁾	N-D	A-D	N-D	A-D	N-D	A-D
	N-M ³⁾	N-M	A-M ⁴⁾	A-M	A-M	A-M	N-M	N-M
	N-K ⁵⁾	N-K	N-K	N-K	A-K ⁶⁾	A-K	A-K	A-K
N-D ¹⁾								
N-M ³⁾	-	.595	.542	.321	.111	.404	.874	.229
N-K ⁵⁾								
A-D ²⁾								
N-M		-	.959	.916	.369	.935	.168	.161
N-K								
N-D								
A-M ⁴⁾			-	.933	.341	.976	.476	.306
N-K								
A-D								
A-M				-	.325	.957	.526	.102
N-K								
N-D								
A-M					-	.349	.145	.032**
A-K ⁶⁾								
A-D								
A-M						-	.529	.047**
A-K								
N-D								
N-M							-	.287
A-K								
A-D								
N-M								-
A-K								

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm.
 - 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm.
 - 3) Normal monitor : Center on the desk(0°).
 - 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45o from monitor-neck axis).
 - 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm.
 - 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm.
- *:p<0.1, **:p<0.05

의미 있게 낮았다(Table 8).

5) Rhomboid muscle

모니터의 위치와 키보드의 거리가 같은 조건에서 책상의 높이에 따라 표면근전도 값이 차이가 있었으나 통계적 의미는 없었다(Table 9).

고 찰

근육의 피로도(muscle fatigue)는 일반적으로 분

인이 느끼는 자각적인 증상 또는 근수축(muscle contraction)에 의한 허혈성 장애(vascular constriction)로 인한 대사물(metabolites)의 축적으로 정의되어 진다(Chaffin & Andersson, 1991). 근육의 피로도를 자각증상으로 나타낸다면 이는 객관적인 기준이 될 수 없고, 근육의 대사산물 축적을 직접 측정할 수 있는 도구가 아직은 없기 때문에 표면근전도를 이용한 근육의 전기적 신호를 통해 근육의 피로도를 간접적으로 평가할 수 있다(HHS, 1992). 표면근전도는 원하는 근육에 침을 삽입하여 행하

Table 6. P Values for sEMG levels by upper trapezius muscle in video display terminal workstations

Work stations	N-D ¹⁾	A-D ²⁾	N-D	A-D	N-D	A-D	N-D	A-D
	N-M ³⁾	N-M	A-M ⁴⁾	A-M	A-M	A-M	N-M	N-M
	N-K ⁵⁾	N-K	N-K	N-K	A-K ⁶⁾	A-K	A-K	A-K
N-D ¹⁾								
N-M ³⁾	-	.001*	.780	.001*	.164	.022**	.126	.022**
N-K ⁵⁾								
A-D ²⁾								
N-M		-	.001*	.894	.001*	.388	.025**	.206
N-K								
N-D								
A-M ⁴⁾			-	.006*	.428	.022**	.193	.007**
N-K								
A-D								
A-M				-	.001*	.436	.049**	.206
N-K								
N-D								
A-M					-	.028**	.285	.043**
A-K ⁶⁾								
A-D								
A-M						-	.025**	.680
A-K								
N-D								
N-M							-	.129
A-K								
A-D								
N-M								-
A-K								

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm
 - 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm
 - 3) Normal monitor : Center on the desk(0°)
 - 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45° from monitor-neck axis)
 - 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm
 - 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm
- *:p<0.1, **:p<0.05

는 침상근전도(needle EMG)와는 달리 피부표면에 원형의 패치(patch)를 부착하여 시행하므로 피부에 가까운 근육만 검사하고, 주위의 근육이나 심부의 근육이 결과에 영향을 미치는 단점이 있으나 그럼에도 불구하고, 피검자의 호응도가 높다는 점, 의사가 아닌 다른 전문가가 이용할 수 있다는 점 등으로 많이 사용되고 있다(Gradjean, 1980).

일반적으로 표면근전도를 이용한 근육 피로도의 측정은 최대 근력치(Maximal Voluntary Contraction, MVC)를 측정하고 작업에서의 근력치를 구해

그 비로 나타내거나(Hagberg, 1981), 근력치의 변화되는 양상을 보거나(Harvey & Peper, 1997), 근전도의 중간 주파수(median frequency)의 수치를 통하여 측정하는 방법들이(한정수 등, 1996) 통용되어 왔다. 본 연구에서는 근력치의 변화되는 양상을 보았고 근육의 긴장도를 작업조건을 달리하여 측정, 비교하였다.

본 연구에서의 각 작업조건당 작업시간 5분은 연구자 임의로 정했으며 다른 연구(Hagberg, 1981; 한정수 등, 1996; Harvey & Peper, 1997)에서도

Table 7. P Values for sEMG levels by levator scapularis muscle in video display terminal workstations

Work stations	N-D ¹⁾ N-M ³⁾ N-K ⁵⁾	A-D ²⁾ N-M N-K	N-D A-M ⁴⁾ N-K	A-D A-M N-K	N-D A-M A-K ⁶⁾	A-D A-M A-K	N-D N-M A-K	A-D N-M A-K
N-D ¹⁾								
N-M ³⁾	-	.022**	.467	.086	.579	.157	.287	.062
N-K ⁵⁾								
A-D ²⁾								
N-M		-	.009*	.552	.011**	.180	.018**	.276
N-K								
N-D								
A-M ⁴⁾			-	.052	.832	.178	.541	.043**
N-K								
A-D								
A-M				-	.073	.130	.097	.271
N-K								
N-D								
A-M					-	.157	.436	.018**
A-K ⁶⁾								
A-D								
A-M						-	.233	.828
A-K								
N-D								
N-M							-	.122
A-K								
A-D								
N-M								-
A-K								

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm
 - 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm
 - 3) Normal monitor : Center on the desk(0°)
 - 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45° from monitor-neck axis)
 - 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm
 - 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm
- *:p<0.1, **:p<0.05

작업조건당 작업시간을 1분에서 50분까지 임의로 정하였다. 또한 본 연구에서의 회복시간(recovery time)을 10분 동안 둔 것은 근육의 피로도는 작업이 끝난 후에도 남아있을 수 있어서(ANSI, 1996) 충분한 회복시간을 주어 다음 실험의 근전도 값이 baseline과 일치하도록 하기 위함이었다. 또한 회복 시간 후에도 남아있을지 모를 근육의 긴장도에 대한 오차를 배제하기 위해 8가지의 작업조건의 순서를 무작위 추출(random sampling)하였다.

본 연구에서 검사한 근육들은 정적인 작업에서 주

로 침범하는 근육들로(Hagberg, 1981; Kilbom, 1994; 송동빈 등, 1997) paraspinal muscles을 제외한 다른 근육들은 주로 어깨를 거상(elevation)시키는 기능을 한다고 알려져 있다(Clement, 1986). Paraspinal muscles은 주로 경추의 신굴전, 회전 등 경추의 모든 운동기능을 담당하며 여러 근육들이 경추에 붙어있어 표면근전도로는 특정한 한 근육을 정할 수 없어 복수의 개념을 사용하였다.

Hagberg(1981)는 책상의 높고 낮음과 높은 책상의 어깨 외전 및 정상과의 근력치 비교 연구에서 책

Table 8. P Values for sEMG levels by infraspinatus muscle in video display terminal workstations

Work stations	N-D ¹⁾	A-D ²⁾	N-D	A-D	N-D	A-D	N-D	A-D
	N-M ³⁾	N-M	A-M ⁴⁾	A-M	A-M	A-M	N-M	N-M
	N-K ⁵⁾	N-K	N-K	N-K	A-K ⁶⁾	A-K	A-K	A-K
N-D ¹⁾								
N-M ³⁾	-	.207	.929	.028**	.586	.430	.661	.453
N-K ⁵⁾								
A-D ²⁾								
N-M		-	.282	.059	.646	.726	.135	.752
N-K								
N-D								
A-M ⁴⁾			-	.049**	.270	.215	.708	.339
N-K								
A-D								
A-M				-	.145	.143	.021**	.117
N-K								
N-D								
A-M					-	.723	.343	.739
A-K ⁶⁾								
A-D								
A-M						-	.080	.868
A-K								
N-D								
N-M							-	.196
A-K								
A-D								
N-M								-
A-K								

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm
- 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm
- 3) Normal monitor : Center on the desk(0°)
- 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45° from monitor-neck axis)
- 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm
- 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm

상의 높고 낮음에서는 책상이 높았을 때 upper trapezius muscle이, 높은 책상에서의 어깨 외전과 정상에서는 어깨가 외전되었을 때 mid deltoideus muscle의 근전도 값이 의미 있게 높았다고 보고하였다. 이는 upper trapezius muscle의 주요 기능이 견갑골 거상(scapular elevation)이므로 어깨가 거상될 때 근전도 값이 올라가며, mid deltoideus muscle의 주요 기능이 어깨의 외전으로, 팔을 옆으로 벌려 단말기 작업을 할 때 근전도의 값이 올라가는 것은 당연하다고 하겠다. Kilbom(1994)은 단순 조립작업의 작업자에 대한 근전도 조사와 검진에서

가장 많은 질병이 어깨의 근막통 증후군(myofascial pain syndrome, tension neck syndrome)이라고 보고하였고 가장 많이 침범하는 근육은 upper trapezius muscle이라고 하였으며 힘과 반복작업이 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였다. Harvey와 Peper(1997)의 마우스 위치에 대한 표면근전도 변화에 대한 연구에서는 침범하는 근육이 posterior deltoid muscle, upper trapezius muscle, rhomboid muscle이라고 보고하였으며, 송동빈 등(1997)의 연구에서는 누적외상성질환의 위험성이 있는 작업자의 집단 검진을 통해 근막통 증후군이 가장

Table 9. P Values for sEMG levels by Rhomboid muscle in video display terminal workstations

Work stations	N-D ¹⁾ N-M ³⁾ N-K ⁵⁾	A-D ²⁾ N-M N-K	N-D A-M ⁴⁾ N-K	A-D A-M N-K	N-D A-M A-K ⁶⁾	A-D A-M A-K	N-D N-M A-K	A-D N-M A-K
N-D ¹⁾								
N-M ³⁾	-	.125	.475	.506	.630	.113	.894	.304
N-K ⁵⁾								
A-D ²⁾								
N-M		-	.199	.499	.613	.297	.250	.991
N-K								
N-D								
A-M ⁴⁾			-	.388	.094	.111	.551	.055
N-K								
A-D								
A-M				-	.882	.224	.368	.770
N-K								
N-D								
A-M					-	.266	.389	.604
A-K ⁶⁾								
A-D								
A-M						-	.136	.348
A-K								
N-D								
N-M							-	.385
A-K								
A-D								
N-M								-
A-K								

- 1) Normal desk : Desk height is 65.0 cm
- 2) Abnormal desk : Desk height is 72.8 cm
- 3) Normal monitor : Center on the desk(0°)
- 4) Abnormal monitor : Left site on the desk(45o from monitor-neck axis)
- 5) Normal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 15 cm
- 6) Abnormal keyboard : Keyboard distance from the desk edge is 30 cm

높은 빈도를 나타내는 질병이며 upper trapezius muscle이 가장 잘 침범된다고 보고하였다.

본 연구에서는 upper trapezius muscle의 경우, 15가지의 서로 다른 비교조건에서 통계적으로 의미 있는 근전도 값이 나왔으며 이 조건 모두에서 책상의 높낮이 차이가 공통적으로 포함되었다. 따라서 책상의 높낮이가 upper trapezius muscle의 근육긴장도에 영향을 미치는 중요한 변수라고 사료되었다.

Paraspinal muscles에서는 2가지의 서로 다른 비교조건에서 통계적으로 의미 있는 근전도 값이 나왔으며 이 조건 모두에서 모니터 위치의 차이가 공

통적으로 포함되었다. 따라서 모니터 위치의 차이가 paraspinal muscles의 근육긴장도에 영향을 미치는 중요한 변수라고 생각되었다.

Supraspinatus muscle과 infraspinatus muscle에서는 6가지와 3가지의 서로 다른 실험조건 비교에서 통계적으로 의미 있는 근전도 값이 나왔으며 이 실험조건 모두 책상의 높낮이 차이에 따라 근전도 값이 의미 있게 변화하여서 supraspinatus muscle과 infraspinatus muscle 역시 책상의 높낮이가 근육긴장도에 영향을 미치는 중요한 변수라고 사료되었다.

그러나 rhomboid muscle은 선행 연구(Ohlsson

등, 1995; Jonsson 등, 1988)에서 작업대의 높낮이에 따라 차이를 보이고 있었으나 본 연구에서는 책상의 높이에 따라 표면근전도 값이 다소 차이가 있었지만 통계적 의미는 없었다. 이는 실험대상자가 11명으로 표본의 크기가 작아서 오는 것으로 생각된다.

본 연구에서의 가장 큰 제한점으로는 위에서 언급한 것처럼 표본의 크기가 작다는 것으로 실제로 현직에 종사하는 작업자를 하루종일 원하는 표본 수만큼 실험에 참여시키기는 현실적인 어려움이 있었다. 앞으로 비슷한 작업조건의 작업자들에 대한 실험을 계속하여 표본 수를 키워야 할 것으로 생각된다. 외국의 논문에서는 표본의 크기가 17명(Harvey와 Peper, 1997), 30명(Rempel 등, 1999)부터 106명(Kilbom, 1994), 148명(Ohlsson 등, 1995) 등 다양했으며 본 연구보다 표본 수가 컸고, 정규분포를 하고 있었다. 본 연구에서도 앞선 연구를 참고로 대상자 집단이 정규분포를 한다는 가정 하에 모수 검정을 사용하였다.

Harvey와 Peper(1997)는 표면근전도가 근육 긴장도 조사(muscle tension monitoring)에 유용하다고 제안하였다. 본 연구자도 표면근전도가 작업장 환경(workstation)과 관련된 근육군을 동정하고, 작업장 환경의 개선 효과를 평가하는 데 유용한 방법으로 이용될 수 있으며, 또한 컴퓨터 장비(마우스, 트랙볼 등)의 적합한 위치 선정과 단말기 작업동안 일어날 수 있는 작업자의 근육 피로도를 조기에 발견하고, 작업자의 적절한 작업시간 및 작업지침을 만드는 데 유용할 것으로 생각된다.

요 약

목 적 : 본 연구는 VDT 작업에서 작업동안 영향을 받는다고 알려진 5개의 근육을 표면근전도를 이용하여 근육의 긴장도를 측정, 평가하고자 하였다.

방 법 : 전화교환 및 고객상담 업무를 담당하고 있는 여성 작업자 11명을 대상으로, 책상의 높이, 모니터의 위치, 키보드의 거리를 달리하여 근육의 긴장도를 측정하였다.

실험장(workstation) 설계에서 높은 책상은 대상자가 속한 사업장의 책상으로 하였으며 높이는 72.8 cm 이었고, 미국 국립표준원의 기준에 맞게 제작한 표준 책상의 높이는 65.0 cm이었다. 모니터의 위치는 목을

비틀지 않고 모니터를 주시하고 있는 경우와 약 45도 비틀면서 주시하는 경우로 나누어서 실험하였고, 키보드의 거리는 책상의 끝에서 15 cm 떨어진 것과 30 cm 떨어진 경우로 실험하였다.

실험에 사용된 근육은 paraspinal muscles, upper trapezius muscle, supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, rhomboid muscle이었으며, 실험은 하나의 조건에 대해 각각 5분씩 수행하였고, 각 실험후 10분간 손을 다리 위에 올려놓고 쉬게 하였다.

결 과 : Paraspinal muscles의 표면근전도 값은 모니터가 작업자로부터 45° 측면에 위치할 때가 작업자 중앙에 위치할 때보다 유의하게 높게 나타났다. Upper trapezius muscle, supraspinatus muscle, infraspinatus muscle의 표면근전도 값은 높은 책상에서 미국 국립표준연구원이 제시한 표준책상보다 유의하게 높게 나타났다. Rhomboid muscle은 책상의 높낮이에 따라 표면근전도 값이 차이가 있었으나 통계적인 의미는 없었다.

결 론 : 이러한 결과로 볼 때 책상의 높낮이가 VDT 작업에서의 어깨 근육 긴장도에 중요한 영향을 미친다고 생각되며, 또한 표면근전도를 이용한 근육 긴장도의 평가가 인간공학적으로 적합한 VDT 작업장 설계에 유용할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 노동부. 산업재해보상보험법 시행규칙, 1995.
- 노동부. 영상표시단말기(VDT) 취급 근로자 작업관리 지침, 노동부고시 제97-8, 1997.
- 박희석, 이윤근, 임상혁. 단순반복작업에 관한 인간공학적 인 연구-제조업에서 발생하는 누적외상성질환의 인간공학적 요인 파악 및 예방대책 개발-, 직업병 예방을 위한 연구용역 보고서: 한국산업안전공단 1997.
- 송동빈, 김대성, 문종국 등. 누적외상성질환의 발생실태와 발생특성 파악 및 의학적 평가방법 개발, 직업병 예방을 위한 연구용역 보고서: 한국산업안전공단 1997.
- 이영숙. 제품설계를 위한 한국 여성의 인체치수 데이터. 서울: 신선사, 1999.
- 한정수, 이남식, 안재용. VDT관련 근로자의 상지에 대한 직업성 누적적 질환의 예방 및 작업 환경 개선, 직업병 예방을 위한 연구용역 보고서: 한국산업안전공단 1996.
- American National Standards Institute. Control of work-related cumulative trauma disorders, Part 1, Upper extremities(working draft), ANSI N-365,

- 1996.
- ANSI/HFS 100-1988. American National Standard for human factors engineering of visual display terminal workstations: The Human Factors Society Inc, 1988.
- Chaffin DB, Andersson GBJ. Occupational biomechanics. 2nd Ed: Wiley interscience, 1991.
- Clement CD. Gray's Anatomy. 30th Ed: LEA & FEBIGER, Philadelphia, 1986.
- Dahalan JB, Fernandez JE. Psychophysical frequency for a gripping task. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1993;12:219-230.
- Ferner H, Staubesand. Sobotta Atlas of Human Anatomy 1 10th Ed: 1986.
- Bhattacharya A, McGlothlin JD. Occupational Grandjean E. Fitting the task to the man. NewYork: International Publications Service, 1980.
- Hagberg M. Eletromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm position. *Am J Phy Med* 1981;60(3):111-121.
- Harvey R, Peper E. Surface electromyography and mouse use position. *Ergonomics* 1997;40(8):781-789.
- Jonsson BG, Persson J, Kilbom A. Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry: a two-year follow up. *Int J Ind Ergo* 1988;3(1):1-12.
- Kilbom A. Repetitive work of the upper extremity, Part 1, Guidelines for the practitioner. *Int J Industrial Ergonomics* 1994;14:51-57.
- Kim CH, Fernandez JE. Psychophysical frequency for a drilling task. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1994;12:209-218.
- Krawczyk S, Armstrong, TJ. Perceived exertion over time of hand transfer tasks: weight, frequency, and distance. *Designing for Everyone-Proceedings of the 11th: Congress of the IEA, 1991:167-169.* Occupational Safety and Health Administration. OSHA Draft Ergonomic Standard, 1996.
- Occupational Safety and Health Administration. Nonfatal occupational illnesses by category of illness, private industry(92-95), U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, March 1997.
- Ohlsson K, Attewell R, Paison B, Karlsson B, Balogh I, Johnsson B. Repetitive industrial work and neck and upper limb disorders in females. *Am J Ind Med* 1995;27(5):731-747.
- Raffle PAB, Adams PH, Baxitet PJ, Lee WR. Hunter's diseases of Occupations, 8th Ed: Edward Arnold 1994:515-529.
- Rempel D, Tittiranonda P, Burastero S, Hudes M et al. Effect of Keyboard Keyswitch Design on Hand Pain. *J Occup Environ Med*:41(2):111-119.
- Snook SH, Vaillancourt DR, Ciriello VM, Webster BS. Psychophysical studies of repetitive wrist flexion and extension, *Ergonomics* 1995;38:1488-1507.
- U. S. Department of Health and Human Services. Selected topics in sEMG for use in the occupational setting: expert perspectives, March 1992.