

VDT 작업장에서 작업시, 시간별 근피로도의 측정 및 정량화

민기식, 한정수, 이남식, 안재용*

한성대학교 산업시스템 공학부
삼성제일병원 정형외과 근피로 연구실*

I. 서론

인간공학 및 생체공학을 근거한 종합적인 연구 모델 제시로, 산업체에 산재해있는 작업 중에 VDT Workstation과 관련된 근로자의 상지에 대한 직업성 누적적 질환의 연구로, 상지의 외상성 누적적 질환을 일으킬 수 있는 ergonomic stressor의 감지, 진단, 및 공학적 control를 이용 직업성 누적적 질환 예방을 궁극적 목적으로 하여, 근무 교대 및 일시적 보직 변경 등 근무 순환의 적절한 인사관리 및 누적적 피로를 극소화 할 수 있는 근무/휴식의 적절한 시간 안배를 제시하며, VDT 주변 환경과 근로자 사이의 적절한 운용에 대한 교육 program을 개발, 또한 휴식 시 stretch exercise (근육의 피로 이완을 목적) 방법 등을 제시하며, 누적적 질환의 조기 증상을 감지하여 업무의 적절한 순환을 통하여 직업성 질환으로서의 발전을 방지하고자 하는것을 취지로 기초연구를 수행하고자 하였다.

I. 실험배경

본 실험에 있어서는, VDT 작업자의 근육에 대한 작업시 시간별 피로도의 고찰로서, 근육의 반복적인 수축/이완 운동(Concentric & Eccentric Contraction) 시에 있어서, 근육 피로시 근전도 신호, 즉 중간 주파수, power spectrum, RMS (root mean square)등의 수치의 일률적인 (높은 수치로 혹은 낮은 수치로) 이동 성향을 이용 피로도를 측정하였다. 작업자의 시간별 피로도를 측정하여, 작업 시작 후 어느 시간대의, 어떤 근육의 피로도가 발달 되는지를 관찰하였다. 본 연구 실험 결과

를 토대로, 작업자의 시간대별 작업 시간의 재조정 및 전체 작업 시간의 할당에 이용되며, 또한 피로도가 가장 크게 나타나는 특정한 근육을 확인하여, Stretching Exercise Program 에서 특히 강조 되어야 Task 에 대한 선정에 크게 이용 될 것이다. 근육의 피로도의 정량화를 위해 사용되어진 Median frequency, Power spectrum, RMS 의 수치들은 휴식 후 나타나는 이러한 수치들과의 통계학적 분석으로, 수치들 상호간에 얼마나 차이가 있는 지를, 통계학적 Tool (ANOVA Test) 을 이용하여 분석 하였다.

II. 실험 방법 및 내용

가. 피실험자 및 실험 군 : 근육 및 신경계통의 질병을 앓은 적이 없는 신체 건강한 여자 2 인을 대상으로 하였으며, 관찰 되어진 근육은 VDT 작업자가, 작업 시 주요하게 사용 되어지는 전박부 굴곡근(Forearm Flexor) 과 전박부 신전근 (Forearm Extensor), 또한 상위 승모근 (Trapezius Upper)과 중위 승모근 (Trapezius Middle)으로 정하였으며, 위에서 설명 한 바와 같이 이러한 근육들의 Computer Keyboard Typing 의 요구되어지는 반복 수축/이완 운동 시의 근전도를 측정하도록 하였고 , Typing 시 피실험자의 자세는 등과 의자 사이의 15° 각도를 유지하며, Elbow Joint 의 각도는 각각 75°, 90°, 105° 로 정하여, Elbow joint 의 위치 변화에 따른 피로도 지수들의 변화를 관찰 하였으며. 또한 VDT 작업장에서 행하여 지는 활동의 모사 실험을 위하여 한글과 컴퓨터에서 제공하는 한피 타자 2.0 Software 을 사용하였으며, 근전도 시험에 앞서서 피실험자에게 근육 수축 운동에 대한 내용과 본 연구의 실험 목적, 필요성, 기기 및 측정 순서, 방법 등을 설명하여 본 연구에 대한 이해를 높이고 심리적 부담을 덜어 주도록 노력하였다.

나. 실험 절차 와 해석 방법 : 표본 주파수 (Sampling frequency)를 1024 Hz로 하였으며, Recording Channel 을 4 개 즉, Raw 와 Integrated types 로 하고 scale 은 1000 μ V로, 실험 시간은 VDT 작업자의 근무 시간을 모사하기 위하여 실험은 오전 8시부터 시작하여, 50분 근무하고 10분 휴식하는 과정을 통하여, 오후 12시 부터 오후 1시 까지 점심, 식사 후 오후 1시 부터 5시까지 작업을 하면서 실시하였다. 매 실험마다 피실험자에게 개인이 느끼는 피로의 정도를 설

문지를 통하여 작성하였으며, 이러한 정성적 data 는, 후에 구하여 지는 정량적 결과와 비교 분석에 사용 되었다.

실험에서 얻어지는 각각 다른 근육들로부터의 근전도로부터, 근육 수축의 전체 수축 시간, 최대 수축 정도(μV), 중간 주파수와 Median Power, RMS 로 피실험자 마다 시간별 근육 수축이 어떻게 변화하는가를 해석하였다. 중간 주파수 해석에 있어서 효과적인 Power spectrum 해석 은 다음과 같다. Sampling Frequency 를 1024 Hz 로 사용하였으므로 FFT Length 을 1024Hz 로 하여 Resolution=1Hz 를 얻을 수 있었다..

Test 1 & 2 : VDT 작업장에서 작업자가 정상적인 근무를 실험실 모사 실험을 통하여 재현하였다. 즉 VDT 작업을 오전 8시 부터 시작하여 오후 5시에 종료하며, 매시간 30분 후와 50분 후, 10분 휴식 후 정시에 10초 동안 근전도를 측정하였다.

Test 1에서의 근전도 측정 시에는 작업자가 작업의 중단없이, 계속하여 Keyboard Typing 을 실시하였으며, Elbow Joint 의 각도는 90°로 유지하였다. Test 2에서의 근전도 측정은 근전도 측정 시 Keyboard Typing 을 멈추고, 상지와 어깨 부분을 자체 수축함으로써 Maximum Voluntarily Contraction 을 유지하면서 근전도를 측정하였다. Elbow Joint 의 각도는 75° 와 105°를 유지하였다.

III. 실험 결과

가. Test 1 : Keyboard Typing 작업 중의 (작업 시작 후 매 30분과 50분) 근육의 활동과, 매시간 주어지는 휴식 후의 Keyboard Typing 시의 근육의 활동을 비교하였다. Median Frequency 의 평균과 분산 수치는 신전근(64.0 ± 4.0 Hz, Range: 46.8~72Hz), 굴곡근(65.7 ± 6.0 Hz, Range: 56.9~78.7Hz), 중위 승모근(43.6 ± 3.2 Hz, Range: 39~52Hz), 상위 승모근(40.4 ± 5.4 Hz, Range: 32~52.5Hz)으로 나타났으며, 근육들 상호간의 통계학적 차이는 신전근과 굴곡근의 관계만을 제외한 모든 근육간의 사이에서 나타났다.

그림 1에서 근육의 Median Frequency 의 변화가 나타나 있다. 굴곡근은 작업 개시 후 1시간 30분 후인 오전 9시 30분부터 오전, 오후 작업 종료 까지 피로양상을 꾸준히 보여주고 있다 (그림 1.b).

중위 승모근 역시 오전 9시 30 분부터 오전 작업 종료까지 피로의 양상을 보이고 있으나, 오후 근무 시간에서는 특히 할만한 피로도의 증가를 보이지 않고 있다 (그림 1.c). 이와 반면에 상위 승모근은 오후 근무 시작 30 분 후인, 1시 30 분부터 작업 종료 시까지 피로도의 증가 현상을 보이고 있다 (그림 1.d).

나. Test 2 : Test 2 에서의 근전도 측정은, Test 1 과는 달리 근전도 측정 시, 계속 되어진 Keyboard Typing 을 멈추고, 상지와 어깨 부분을 자체 수축함으로써 Maximum Voluntarily Contraction 을 유지하면서 근전도를 측정하였다. 이때, Elbow Joint 의 각도는 75° 와 105° 를 유지하여, Elbow Joint 의 위치에 따른 피로도 지수의 변화 과정과, 이러한 작업중 시간별 피로도 지수 (매시 작업 시작 50 분 후) 와, 휴식을 취한 후의 피로도 지수들 (매시 10 분 휴식 후) 과 비교하여 어느 시간대에, 근육의 피로 정도가 가장 강하게 나타나는 지를 알아 보았다.

작업 시작 50 분 후, 매시간 측정되어진 Median Frequency 의 평균과 분산 수치는 75° 의 경우 신전근(83.0±26.0 Hz, Range: 57.0~128.5Hz), 굴곡근(50.6±6.5 Hz, Range: 43.0~60.6Hz), 중위 승모근(66.4±3.3 Hz, Range: 64.0~73.0Hz), 상위 승모근(48.1±6.1 Hz, Range: 39.0~56.0Hz)으로 나타났으며, 105° 의 경우 신전근(90.2±16.9Hz, Range: 56.0~111.3Hz), 굴곡근(51.8±6.4Hz, Range: 44.8~63.5Hz), 중위 승모근(61.7±4.3Hz, Range: 60.5~66.7Hz), 상위 승모근(52.2±11.1 Hz, Range: 33.0~60.0Hz)으로 나타났다. 또한 매시간 10 분 휴식 후 측정되어진 Median Frequency 의 평균과 분산 수치는 75° 의 경우 신전근(74.6±16.3 Hz, Range: 51.0~94.3Hz), 굴곡근(50.5±6.2 Hz, Range: 43.0~61.5Hz), 중위 승모근(65.6±11.3 Hz, Range: 53.0~87.0Hz), 상위 승모근(49.2±8.4 Hz, Range: 39.0~59.0Hz)으로 나타났으며, 105° 의 경우 신전근(77.9±10.5Hz, Range: 64.3~92.0Hz), 굴곡근(53.0±7.4Hz, Range: 44.0~64.0Hz), 중위 승모근(56.7±6.6Hz, Range: 50.0~62.5Hz), 상위 승모근(51.1±8.5 Hz, Range: 41.0~60.0Hz)으로 나타났다.

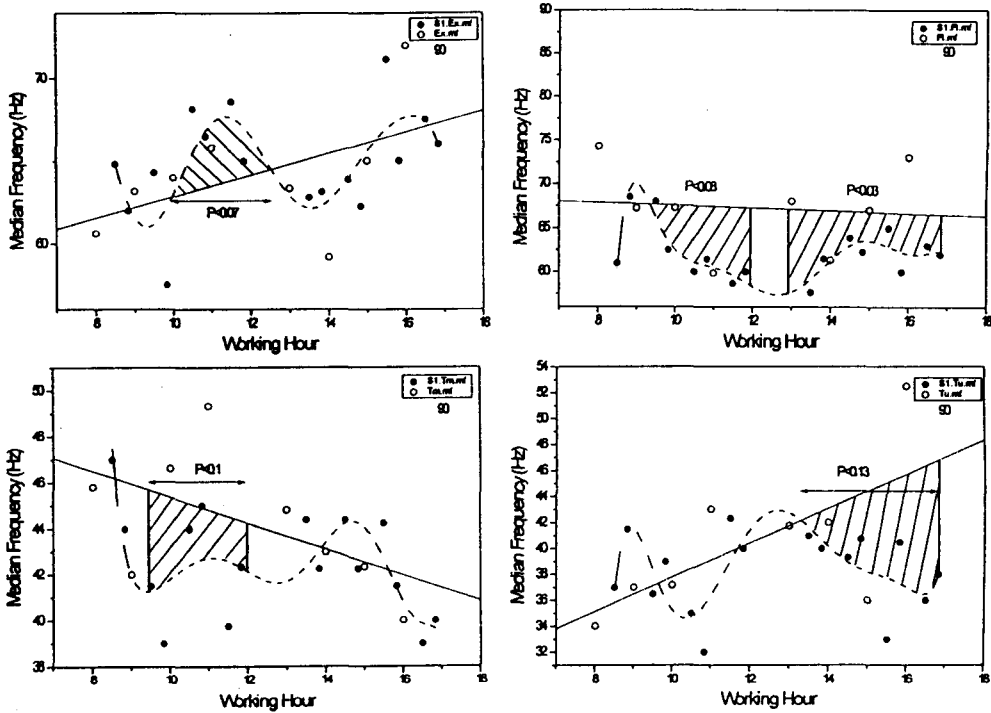


Fig 1 : Statistically Significant Difference in Median Frequency
between Resting and Working

IV. 논의 및 결론

VDT 작업장에서의 시간별 근피로도의 측정이란 여러 가지 요인, 즉 개인별 신체능력, 작업 습관, 근육의 발달 정도, 작업량, 등등으로 인하여, 근전도의 측정 및 해석만으로는 판단하기란 쉬운 일이 아니다. 그러나 본 연구에서는 객관적이며 정량적인 수치인 근피로도의 지수를 제공함으로써 근피로도의 양상을 밝힐 수는 있었다. 본 연구의 특성으로 작업 시간대별 근피로도 지수들의 발달 양상을 정량적으로 나타낼 수 있었다는 데에 그 특징과 의미를 부여할 수 있겠다.

본 연구의 결과로서 작업 시간대별 근육의 피로도는 오전 작업 시작 후 2시간이 경과한 10시경부터 오전 작업 종료 시간인 오후 12까지 근육의 피로도가 발달 되었으며, 오후 작업 시간대론 주로 1시 이후 작업 시간에 피로도가 전반적으로 발달하는 모습을 보이나, 2시 이후의 작업 시간에 더욱 집중적으로 나타나는 것을 보여 주고 있다. 그러므로 오전 오후 작업 시간을 통하여 작업 개시 후 2시간 이후 부터는 작업자가 근육 피로에 의한 근골격계의 질환을 일으킬 수 있는 위험 요소에 노출 되어 있다고 할 수 있겠다. 그러므로 50분 근무, 10분 휴식 등의 작업 Cycle의 재조정 및 오후 시간의 작업 시간 할당에 대한 작업 시간 재설계가 다시 한번 깊이 고려 되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 1996년도 산업보건연구원 용역과제 지원에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

- 1) Armstrong, T.J., Fine, L.J., Goldstein, S.A., Liftshitz, Y.R., and Silverstein, B.A. (1987) "Ergonomics Consideration in Hand and Wrist Tendonitis," J. Hand Surg. 12:830-837.
- 2) Basmajian, J.V., and Luca, C.D. (1985) "Their Functions Revealed by Electromyograph" Muscles Alive, Fifth Edition.
- 3) Habes, D.J., and Putz-Anderson, V. (1985) "The NIOSH Program for Evaluating Biomechanical Hazards in the Work Place," J. Safety Res., 16:49-60.
- 4) Frederick, L.J. (1992) "Cumulative Trauma Disorder," AAOHN J., 40:113-116.
- 5) Jensen, R.C., Klein, B.P. and Sanderson, L.M. (1983) "Motion-related Wrist Disorders Traced to Industries, Occupational Groups," Monthly Labor Review, 106:13-16.
- 6) Myers, M.I., Withers, P.C., and Johnson, J.A. (1984) "Program of the National Institute for Occupational Safety and Health," (DHHS Publication No. 84-107), Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office.
- 7) Tanaka, S., Seligman, P., Halperin, W., Thun, M., Timbrook, C.L., and Wasil, J.J. (1988) "Use of Workers' Compensation Claims Data for Surveillance of Cumulative Trauma Disorders," J. Occup. Medical, 30:6:488-492.