

## 일부 서비스업 종사 여성근로자의 근육피로에 대한 EMG 분석 Application of EMG Analysis for Department Store Female Workers

권영국\* · 김순례\*\* · 지주옥\*\*\*

### I. 서 론

산업의 발달로 근로자의 35-60%가 젊은 시절에 요통을 경험하여 노동력 상실을 초래하는 중요한 원인이 되고 있다(임현술, 1999). 구미 선진국에서도 직업적 요통은 전체 산업재해의 약 20-40%를 차지하며 (Bigos, et al., 1986), 노동력 상실과 경제적 손실을 초래하는 가장 큰 요인으로 알려지고 있다(Kelsey et al., 1980).

근래에 들어 산업재해 유형도 선진국 재해 유형을 따라(정병용, 1997; 현수돈과 김정룡, 1998) 경견완 장애, 경견완 증후군, 누적외상성 장애, VDT 증후군, 손목관 증후군 등 단순한 작업 동작으로 인한 미세한 손상이 누적되어 나타나는 근골격계의 기능적 장애성 재해가 점차 문제가 되고 있다.

이러한 일련의 근골격계 건강문제들은 작업 자세로 인한 피로의 누적이 잇달아 신체부위 특히 어깨, 목, 허리부위의 손상을 가져오고, 특히, 배근력이 약한 근로자가 허리 손상을 받기 쉽다(Brown, 1973).

따라서 작업자가 작업시 느끼는 피로와 부하(load)량을 생체역학적으로 분석하는 연구가 이루어지고 있으며 부하(load)로 인해 작업자들이 느끼는 피로를 정량적으로 나타내기 위해 근전도(Electromyography;

EMG)를 이용한 근피로도를 측정함으로써 이를 문제해결에 응용하려는 노력이 시도되고 있다.

장시간의 반복자극에 의해 근육의 수축력이 약해지는 현상을 근육의 피로(임현술, 1999)로 정의 내리고 있다.

Piper(1912)는 근육 피로시 주파수 천이(Frequency Shift)가 나타남을 발견하였으며, 이후 주파수 분석연구가 이루어지고 있다. 즉 근육의 피로 정도에 따라 MPF(Mean Power Frequency)와 MF (Median Frequency)가 감소하는 사실을 알아냈고, Cobb와 Forbes가 근전도의 진폭이 증가됨을 생리적 요인들과 결부시켜 RMS(Root Mean Square), ZCR(Zero Crossing Rate), 시계열 모델(Time Series Model) 등을 발견, 근육 피로분석 시 이들을 매개변수(Parameter)로 이용하고 있다(정병철과 김정룡, 1997).

연구자들은 서울 시내 모 백화점에 근무하는 여성 판매 사원들에게 경사진 발판사용과 다리 근육의 스트레칭체조후 하지 근육의 피로를 줄일 수 있는지 알아보기 위해 EMG를 이용한 연구를 시도하였다.

### II. 연구 대상 및 방법

#### 1. 대 상

\* 관동대학교 이공대학 산업시스템공학과  
\*\* 가톨릭대학교 간호대학  
\*\*\* 롯데백화점 보건관리자

연구 대상은 백화점에 근무하는 판매직 여성 근로자 중 12명을 무작위 추출하였으며, 대상자들의 인체계측 자료는 <표 1>과 같다.

<표 1> 대상자의 인체측정학적 자료

일련번호	연령	신장(cm)	몸무게(kg)
01	47	157	60
02	40	158	52
03	35	158	46
04	31	162	51
05	25	161	60
06	25	163	50
07	23	168	59
08	35	162	48
09	20	165	58
10	25	164	46
11	31	157	58
12	47	157	53
평균±표준편차	32±9.08	161±3.64	53.4±5.38

대상자의 연령별 분포는 20대 5명, 30대 4명, 40대 3명이었으며 평균 연령은 32세, 평균 신장은 161cm, 평균 체중은 53.5kg이었다.

## 2. 연구방법

### 1) 연구설계

본 연구는 장시간 서서 근무하는 여성 근로자의 하지 근 피로를 줄이기 위해 스트레칭 효과를 주기 위한 특수 제작 경사 발판의 각도 수준을 20°, 25°, 30°, 35°의 4종류로 제작 사용하였으며, 비교군으로 하지 스트레칭 제조로 근육을 풀어주는 체조군의 두군을 비교한 실험연구이다. 실험 전 피실험자에게 실험의 목적을 설명하고 동의를 얻은 후 간단한 설문지로서 피실험자에 관한 정보를 수집하였다.

### 2) EMG 측정

근전도 측정(EMG Signal)은 EMG 스펙트럼 분석을 통한 정량적 분석을 하였으며, EMG 스펙트럼 분석은 장시간 서 있는 작업에서 다리 및 허리 근육의 피로도를 측정하는데 사용된다(Kim, 1994). 특히 MPF(Mean Power Frequency)의 천이(Shifting) 정도는 근육 피로를 측정하는 방법으로 빈번하게 이용되고 있다(현수돈과 김정룡, 1998).

대상자들의 장딴지근(gastrocnemius muscle)에 양극 표면전극(bipolar surface electrode)을 부착하

였으며, 가자미근(Soleus muscle)에 그라운드 전극(ground surface electrode)을 부착하여 전기적 신호를 측정하였다.

측정 절차는 일차 조사로 근무전 조사 대상자 전원에게 1분간 EMG를 측정하였으며, 이차 조사는 작업 후 피곤한 상태에서 다시 측정하였고, 삼차 조사로 스트레칭 체조군 4명과 발판 사용군 6명에 대한 근무후의 체조 및 발판 사용후의 근전도를 재측정 하였다.

피실험자를 두 군으로 나누어 스트레칭 체조군(요통 예방 체조 중 다리 근육을 풀어주는 체조 중심)은 5분간 체조 후 EMG를 측정하였고, 발판 군은 할당된 각도의 발판에 5분간 서 있도록 한 후, EMG를 측정하였다.

### 3) 연구 도구

발판군에게 사용한 발판은 20°, 25°, 30°, 35°, 40° 각도의 발판을 사용하여 근전도를 측정하였다. 그러나 40° 발판은 적용이 부적절하여 실험에서 제외시켰다.

근전도 측정기기는 근육의 Raw EMG Signal을 수집하기 위해 표면전극(Surface Electrode)을 사용하는 ME 3000P(Professional System) 1대, 표면전극, 데이터 수집을 위한 노트북 컴퓨터(Pentium-133Hz) 1대, 소독용 알코올이 사용되었다. ME 3000P를 사용하여 raw data의 on-line 상태에서 1000Hz의 샘플링 빈도(Sampling Frequency)로 측정하였다.

## 3. 자료의 분석

장시간 서서 일하는 작업에서 다리 근육의 피로도 측정은 MF(Median Frequency)를 선택하여 1분간 수집된 데이터의 앞부분인 10-30초 부분을 사용하였으며, 작업 전 측정치를 기준으로 MFS (Median Frequency Shift)를 시점에 따라 산출, 비교하였다.

## III. 연구 결과

스트레칭 체조군의 근무 전, 근무 후, 근무 후 체조 후의 근전도 측정결과는 <표 2>와 같다.

스트레칭 체조 및 발판 사용 후의 Median Frequency 변화(shift) 양상을 살펴보면, 스트레칭 체조와 발판의 사용으로 하지 근육의 피로회복에 효과가 있음을 알 수 있었다.

1. 스트레칭 체조군의 EMG 결과

〈표 2〉 스트레칭 체조군의 EMG 측정결과

일련 번호	내 용	MF (Hz)		MF Shift (Hz)
		Mean	SD	
1	근무 전	103	11	기준
	근무 후	74	12	29
	체조 후	91	16	12
2	근무 전	140	9	기준
	근무 후	131	7	9
	체조 후	147	9	7
3	근무 전	98	9	기준
	근무 후	60	0	38
	체조 후	118	12	20
4	근무 전	125	10	기준
	근무 후	79	23	46
	체조 후	108	7	17

계획된 스트레칭 체조를 5분간 실시하도록 한 후 측정된 MF치는 대상자 모두에서 체조 전 즉, 근무 후에 비해 증가하는 경향을 나타내어 체조가 피로회복에 어느 정도 효과가 있음을 알 수 있었다.

2. 발판 사용군의 EMG 결과

발판 사용군의 근무 전, 근무 후, 근무 후 발판 사용 후의 근전도 측정 결과는 표 3과 같다. 측정 대상자 모두에서 근무 후 발판을 사용함으로써 근무 전과 근무 후 발판사용 전에 비해 MF값이 현저하게 증가하는 경향을 보여 하지의 근 피로도가 줄어들음을 알 수 있었다.

〈표 3〉 발판 사용군의 EMG 측정결과

일련 번호	내 용	MF (Hz)		MF Shift (Hz)
		Mean	SD	
1	근무 전	78	22	기준
	근무 후	63	9	15
	발판(20°)	103	19	25
2	근무 전	64	14	기준
	근무 후	60	0	4
	발판(25°)	113	30	49
3	근무 전	75	21	기준
	근무 후	60	0	15
	발판(30°)	130	15	55
4	근무 전	128	9	기준
	근무 후	79	15	49
	발판(30°)	118	9	10

〈표 3〉 (계속)

일련번 호	내 용	MF (Hz)		MF Shift (Hz)
		Mean	SD	
5	근무 전	60	2	기준
	근무 후	59	1	1
	발판(30°)후	77	5	17
6	근무 전	106	8	기준
	근무 후	60	1	46
	발판(35°)후	118	12	12

3. 체조군과 발판군의 EMG 비교

체조군과 발판군의 발판 각도에 따른 중재 후 MF 값은 〈표 4〉와 같으며, 근무 후 발판 사용 전과 발판 사용 후 발판 각도에 따른 MF Shift 값은 〈표 5〉에 나타난 바와 같다.

체조군과 발판군의 중재 후 평균 MF치에는 큰 차이는 없었으나, 중재 전·후의 MF Shift 값은 발판군이 체조군에 비해 다소 큰 경향을 보여 발판이 스트레칭 체조에 비해 피로회복 효과가 큼을 엿볼 수 있었다(표 5).

〈표 4〉 체조군과 발판군의 중재 후 MF (단위 : Hz)

No.	구분		
	체조군	각도	발판군
1	91	20°	103
2	147	25°	113
3	118	30°	124
4	108	35°	118
평균	116		114.5

〈표 5〉 발판군과 체조군의 중재 전·후 MF 변화 (단위 : Hz)

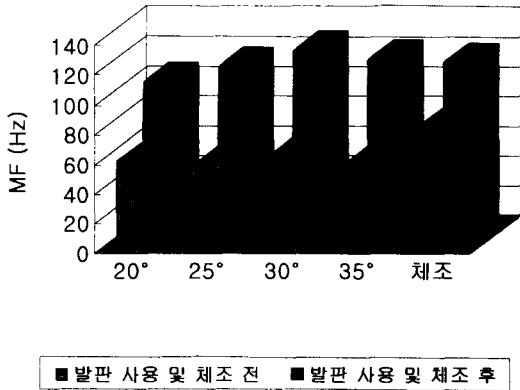
내 용	MF Shift			
	전	후	MF Shift	
발판군	20°	63	103	40
	25°	60	113	53
	30°	70	124	54*
	35°	60	118	58
체조군	86	116	30	

\* 발판군 5번 자료 제외값임

발판 각도에 따라서는 30°, 35° 발판을 사용할 때 근육 피로의 회복율이 큼을 알 수 있었으며, 그 다음으로 25°, 20° 순으로 나타났다.

4. EMG 변화의 비교

발판 사용이 체조 보다는 효과가 있음을 <그림 1>에서 재확인 할 수 있었다.



<그림 1> 발판 및 체조 전·후 MF 비교

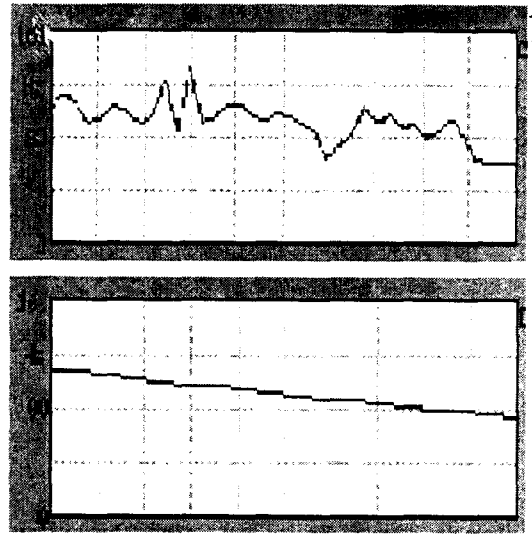
근무 후와 스트레칭 체조 후의 근전도 변화를 비교하면 MF의 천이(Shift)가 음의 기울기에서 양의 기울기로 바뀌어서 근육 피로가 줄어들음을 알 수 있었다<그림 2>.

IV. 고 찰

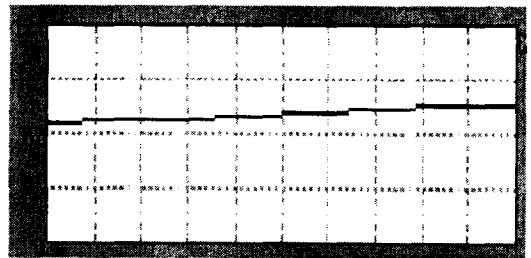
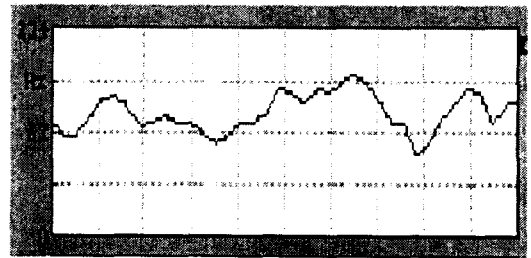
피로의 기계적 의미는 EMG 또는 자극률이 일정하게 유지됨에도 불구하고 힘이 감소하는 것을 말한다. 즉 피로한 후에도 힘을 일정하게 유지하려면 더 많은 운동 단위가 동원되어야 된다. 따라서 수초간 한 번 정도의 자극을 근육에 직접 부여하는 경우 연속을 계속 일으킬 수 있게 된다. 그러나 자극의 빈도를 증가시키면 연속의 크기는 자극의 빈도에 비하여 점차로 감소되며 결국에는 수축을 일으키지 못하게 된다.

정명철 등(1997)은 근육 피로도 분석시 사용되는 매개변수들 간의 민감도를 비교하여 AR(Autoregressive) 모델의 1차 계수와 MPF(Mean Power Frequency)가 유의하다고 하였으며, RMS(Root Mean Square)는 근육 피로 정도를 반영하지 못한다고 하였다.

여러 분석 결과에서, 60% MVC(Maximum Voluntary Contraction) 이하의 낮은 수준에서는 AR(Autoregressive) 계수가 민감한 매개변수



(a) 근무후의 MF



(b) 체조후의 MF

<그림 2> 근무 후와 체조 후의 MF 비교

(Parameter)라는 사실을 발견했고, 그 이상의 높은 수준에서는 MPF(Mean Power Frequency)가 효과적으로 사용될 수 있다고 하였다(정명철과 김정룡, 1997).

근육이 피로하면 MF(Median Frequency), MPF(Mean Power Frequency), ZCR(Zero Crossing Rate)의 값들은 낮은 쪽으로 천이(Shifting)가 발생한

다(정명철과 김정룡, 1997). 특히, 백화점 근무자의 80%는 서서 근무하는 여성 판매직 직원으로서 이들은 하루 평균 10시간 정도를 서서 일하고, 무거운 물건을 들어올리고 내리는 일, 포장, 운반하는 일, 폐점 후 상품 진열 및 교체 등의 과중한 업무를 수행한다(지주옥, 1999). 또한 근무시 착용하는 작업화는 있었으나 매장의 특성에 따라서 하이힐부터 다양한 신발을 착용하기도 하였다.

본 연구는 근무시간 내내 서서 일하는 백화점 여성들의 근육피로의 감소 효과를 알아보기 위해 발판 및 스트레칭 체조 후 결과를 근전도 측정결과로 비교하였다. 또한, 설문지를 통해 일반적 특성을 확인한 결과, 대상자 중 근무기간이 5년 이하인 경우가 전체의 25% 이었고, 58.3%는 8년 이상 근무하였다. 규칙적으로 운동을 하는 사람은 한사람 뿐으로 거의 운동을 하지 않는 것으로 나타났다(91.7%).

대상자 중 요통을 호소한 사람은 전체의 16.7%이었으며, 요통으로 병원에 간 적이 있는 사람 중 자신의 직업으로 인해 요통을 얻었다고 생각하는 사람은 55.6%이었으며, 41.7%는 하루 수면시간이 5-6시간이라고 응답하였다. 전체 12명 중 2명은 조사 당일의 컨디션이 상당히 좋지 않다고 응답하여 EMG 결과에서 위도현상을 나타내었다.

근무시 느끼는 피로의 근원을 "오래 서 있어서"라고 전체의 50%가 응답하였고, "많은 사람 상대하기 때문"이라고 한 경우가 41.7%이었다. 또한 "무거운 물건을 운반해서"라고 응답한 사람은 전체의 8.3%이었다.

따라서 이들 여성 근로자들은 작업조건이 열악한 누적 외상성 질환에 대해 무방비 상태에 노출되어 있다고 할 수 있다. 또한 백화점과 같은 서비스업 종사자들은 작업 부하(load)에 의한 피로(50%) 못지 않게 사람을 상대하면서 느끼는 피로 즉, 심리적인 피로(41.7%)가 큼을 조사 결과에서 알 수 있었다.

발판각도에 따른 MF(Median Frequency)의 천이는 30° 발판에서 근육의 피로회복효과가 큼을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점은 현장에서 근무 중 자료를 측정함으로써 생기는 통제 불가능한 요소들이 있었다. 즉, 각 근무자가 동일한 작업환경에서 동일한 작업을 하지 않으므로 대상자의 상태가 달라 근육 피로가 일정하지 않다는 점 때문에 동일한 작업부하에 대한 중재 효과의 측정값을 얻는 데 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위

해 작업전 EMG 값에 대한 상대적 차이로써 문제점을 줄이고자 하였다.

추후 연구를 통해 대상자 수를 확대하고 개인적, 환경적 오차를 통제함으로써 중재 효과 및 적용을 재확인해 볼 필요가 있다고 본다.

## V. 요약 및 결론

본 연구는 서울시 일부 서비스업 종사 여성 근로자 12명을 대상으로 1999년 8월 1일부터 일주간 하지 및 요부 근육의 피로 감소효과를 알아보기 위해 하지 스트레칭을 위한 경사 발판(20°, 25°, 30°, 35°) 4종류와 계획된 스트레칭 체조를 적용하여 EMG 스펙트럼 분석을 통해 하지 근육의 피로도를 정량적으로 측정, 비교 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 백화점 근무자의 80%는 여성으로서 하루 10시간 이상 서서 일하고 있었다.
2. 이들 여성 근로자들은 짐을 들어 올리고 내리는 일, 포장, 운반하는 일, 상품진열 및 교체 등을 주로 하였으며, 이러한 업무는 하지 및 허리 근육의 피로와 요통을 유발하는 것으로 응답하였다.
3. 근육피로의 종속변수로서 근전도 측정결과 스트레칭 체조 및 발판 사용군 모두에서 중재 전에 비해 근육 피로 회복을 돕는 효과가 있는 것으로 나타났다.
4. 발판 사용군의 발판 각도는 30°, 35° 경사 발판의 근육 피로도 회복율이 높았다.

## 참 고 문 헌

- 임현술 (1999). "우리 나라 근골격계 직업병의 현황과 관리". 한국산업보건학회 하계학술대회 논문집, 9-47.
- 정명철, 김정룡 (1997). "근육 피로도 분석시 사용되는 매개 변수들간의 민감도 비교 연구". 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 406-413.
- 정병용 (1997). "우리 나라 산업재해의 발생원인 및 특성에 관한 연구". 산업공학회지, 10(2), 99-107.
- 지주옥 (1999). "백화점 근로자의 누적 외상성 장애 관리". 한국산업보건학회 하계학술대회 자료집, 71-73.
- 현수돈, 김정룡 (1997). "여성 하이힐이 허리 근육 피로에 미치는 영향에 관한 연구". 대한인간공학회

춘계학술대회 논문집, 304-310.

현수돈, 김정룡 (1998). "L4/L5 디스크 환자 진단을 위한 동작 근전도 신호의 정량화 기법 개발". 대한 산업공학회지, 24(2), 297-310.

Bigos, S. J., Spengler, D. M., Martin, N. A., et al. (1986). Back injuries in industry : A resonance study III. Employee-related factor. Spine II, 252-256.

Brown, J. R. (1973). Lifting as an industrial hazard. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 34, 292-297

Kelsey, J. L. and White, A. A. (1980). Epidemiology and impact of low back pain. Spine, 5, 133-142.

Kim, J. Y. (1994). The effects of mats on back and leg fatigue. Applied Ergonomics, 25(1), 29-34.

Piper, H. (1912). Electrophysiologie Muschliche Muskeln. Springer-Verlag.

- Abstract -

Key concept : EMG analysis, Female workers

## Application of EMG Analysis for Department Store Female Workers

*Kwon, Young Guk\* · Kim, Soon Lae\*\*  
Ji, Ju Ok\*\*\**

The EMG(Electromyography) analysis was used to identify the fact the degree of inclined step was selected as dependent variable and feet muscle fatigue was selected as a independent variable.

In a final result from EMG test, the shift in median frequency (MF) with 20, 25, 30, 35 degree of inclined steps indicated that 30 degree step was identified as most effective for a decrease in feet muscle fatigue.

In a department store, 80% of the workers are female standing sales workers. They work at standing on average 10 hours per day. They performed heavy duty jobs such as lifting, lowering, packing and carrying heavy materials. Furthermore, even though they have work shoes, they usually use various kind of high heels. Eventually, this situation develops low-back-pain (LBP) problems for female workers.

In conclusion, it is recommended that a particular branch in a department store claimed this step can effectively to circulate blood and significantly decrease feet muscle fatigue in lower extremity.

---

\* Kwandong University, Dept. of Industrial Systems Eng.

\*\* Cathoric University of Korea College of Nursing, Seoul, Korea

\*\*\* Lotte Department Store