

요통 예방을 위한 요추부하 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluations of Compression Force for the Prevention of Low Back Pain : Nine-step Stretching Exercises

양성환* · 김대성* · 박 범* · 갈원모** · 강영식***

S.H. Yang · D.S. Kim · P. Park · W.M. Kal · Y.S. Kang

(1998년 6월 22일 접수, 1998년 9월 25일 채택)

ABSTRACT

The objective of this study is to conduct the prevention method using electromyography that is to resist the strain on L5/S1 disc and to measure the heart rate for the prevention of low back pain during lifting. EMG signals and heart rate were analyzed under the condition of fixed vertical factor (20~80cm), two horizontal factors (35cm, 55cm), and two weight factors (10kg, 25kg) 2 times per minute for each lifting task. Eight healthy male workers performed nine-step stretching exercises which were intensified back power at the L5/S1 disc for six months. After completion of the two trials, the results were compared.

The results of this analysis show that EMG signals have more an effect on the weight than the horizontal factors similar to those analyzed previous study, and are decreased. Therefore, those exercises presented very efficient. Also, there are not statistically significant differences on the analysis result of heart rate between weight factors.

1. 서 론

인력물자취급(Manual Materials Handling, 이하 MMH) 작업들은 전체 제조업의 1/3에서 행

해지는 것이며¹³⁾, 특히 요통(Low Back Pain, 이하 LBP)과 관련된 작업장 요소들의 대부분은 전통적인 MMH 작업에서 찾을 수 있다. 물리적으로 중량의 작업, 정적인 자세, 주기적인 구부림

* 아주대학교 기계 및 산업공학부

** 서울보건대학 산업안전과

*** 세명대학교 산업안전공학과

과 비틀림, 반복적인 작업, 진동 등은 요추부하를 증가시킨다⁹⁾.

LBP는 MMH 작업에 의해 야기되며 의학적인 비용이 상당한 비율로 나타나고 있다. 1973년 미국에서, 보상의 대상이 되는 전체 직업병의 25% 이상이 MMH 작업시 발생하는 질병이며, 특히, LBP가 가장 두드러진 것으로 나타났다¹⁹⁾. Liberty Mutual Insurance Company는 1989년 한 해 동안 LBP가 전체 보상비용의 33%를 차지하는 것으로 평가하였으며, 총 \$991 Million이 지출되었다. 이런 비용들은 한 사람이 간접비(손실 임금, 생산성의 저조에 의한 비용손실, 재교육 비용, 결근에 의한 작업일수 손실 등)를 고려할 때 매우 높은 것이라 할 수 있다¹⁴⁾.

최근의 통계자료를 보면 MMH로 인한 상해 중 가장 큰 비율을 차지하고 있는 것은 LBP로서 세계적으로 나날이 증가 추세에 있다. 전체 미국인들 중 7천만 명이 LBP로 고통을 받고 있으며 이 숫자는 매년 7백만 명씩 증가하고 있는 추세이다. 기존의 연구를 살펴보면, 모든 형태(들기, 놓기, 밀기, 끌기, 운반 등)의 과도한 노력으로 인한 재해는 매년 약 50만명을 발생시키며, 들기와 놓기가 LBP의 50-60%를 차지한다¹⁹⁾. 우리 나라의 경우, 자동차 부품 중 브레이크를 제조하는 M회사 생산 공정의 1997년도 상반기 재해 조사 결과, 1527명 중 46건의 재해가 발생했으며 상해 부위별 재해 발생 현황을 보면 전체 재해 중에서 45.65%가 허리에 무리한 통증이 있는 LBP로 판정되었다. 이는 반복적인 MMH 작업이 주원인으로 밝혀졌다⁷⁾.

MMH 작업은 지난 40여 년간 인간공학을 비롯한 여러 관련 분야에서 활발히 연구되어 왔으며, 이는 MMH 작업시 과도한 중량물의 취급, 작업과정에서 반복적으로 발생하는 몸통의 비틀림, 구부림 등이 LBP와 과도한 힘을 사용함으로써 발생하는 상해(Overexertion Injury)를 유발하는 주원인으로 알려져 왔기 때문이다. 미국의 경우에 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에서는 물건을 들어올리는 작업에 대한 안전기준을 1981년에 제정하였고, 1991년에는 이를 보완 수정하여 Revised NIOSH Lifting Equation을 발표하였다.

OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서는 근골격계 질환을 예방하기 위한 10가지 최대 우선 과제를 분류하였다¹⁷⁾. 특히, 최근에는 인간공학자, 생리학자, 생체역학자, 심리학자, 재활의학자들이 지속적인 연구를 수행하고 있는 상황이다.

인간이 운반 가능한(특히, 들어올리는 작업) 허용 중량 내지는 안전 중량을 결정하기 위해 다음과 같은 네 가지 접근 방법을 사용하고 있다¹⁹⁾.

- 1) 역학적 접근방법은 안전 중량을 결정하기 위한 기준으로서 분포집단의 재해통계를 통하여 MMH 작업과 관련되어 발생하는 근골격계 상해, 즉 LBP, 근육 파열, 누적외상 질환(Cumulative Trauma Disorders, 이하 CTDs) 등의 발생 빈도와 위험도를 평가한다.
- 2) 생체역학적 접근방법은 주어진 작업조건하에서 들어올릴 수 있는 안전중량을 결정하기 위한 기준으로서 척추에 가해지는 압축력과 같은 신체내부 힘의 부하를 사용한다. 분당 4회 이내의 작업 빈도를 갖는 작업을 평가할 때 이용된다.
- 3) 생리학적 접근방법은 주어진 작업조건하에서 들어올릴 수 있는 안전중량을 결정하기 위한 기준으로서 신체의 에너지 소모량을 사용한다. 산소 소모량, 심박수, 혈압 등을 측정하여 분석한다.
- 4) 심생리학적 접근방법은 피실험자들이 주어진 작업조건하에서 자신들의 능력에 알맞게 들어올릴 수 있는 최대중량을 결정하는데 시행착오의 실험을 통하여 그들 자신의 힘 또는 능력의 발휘를 자각하는 방법을 이용한다.

이러한 네 가지 접근방법을 모두 다 고려하여야 하겠지만 본 연구에서는 생체역학적 접근방법, 생리학적 접근방법을 택하여 실험을 실시하였다. 생체역학적인 실험은 들기 작업을 실시하는 동안 요추부하를 측정하기 위해서 EMG 신호를 분석하였고, 생리학적인 실험은 들기 작업시 수평거리, 중량, 작업 빈도 등에 따라서 심박수를 측정하였다. 각 분석을 위해 단위시간당 작업 빈도, 작업물체의 크기, 운반거리(시점과 종점으로 구분되어짐), 작업물체의 손잡이 유무

상태, 그리고 작업이 몸통의 회전이 필요한지 아닌지 등을 고려하였다. 무엇보다도, 6개월 동안 9가지 운동법(Nine-step Stretching Exercises)을 실시하여 어느 정도 요배 근육이 강화되었는지를 평가하기 위해 6개월 전의 EMG 분석 결과와 비교하였다.

2. 연구 목적 및 범위

이상과 같이 LBP로 인해 상당히 많은 작업자가 고통을 받고 있으며, 보상비용도 엄청나다고 할 수 있다. 이런 결과들이 미국에게만 해당되는 것은 아니라고 본다. 물건을 들어올리는 작업에 대한 안전 중량을 결정하여 이를 어느 작업장에서도 적용될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하다.

LBP의 발병이 증가하고 현재의 추세에서 보면 작업 개선, 작업장 개선, 인양 안전 최대 허용 중량 등을 결정하게 예방할 수 있지만, 이런 방법만으로는 최적의 개선 방법은 되지 못하기 때문에 근본적인 개선 방법으로 작업 전후나 가점에서 적절한 스트레칭 운동법을 통해서 요배 근육을 강화시켜주는 것이 필요하다.

서두에서도 설명했듯이, 실험은 생체역학적인 방법으로는 EMG를 이용하여 MMH 작업시 요추에 미치는 부하를 측정하였고, 생리학적 방법으로는 심박수를 측정하여 분석하였다.

몸통관련 근육은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 10개, 즉 좌우 척추 기립근, 좌우 외복사근, 좌우 활배근, 좌우 내복사근, 좌우, 복직근으로 구성되어 있다. EMG 신호는 이들 근육의 전기적인 반응을 측정하는 것이다¹⁰⁾.

본 연구는 LBP를 예방하기 위해 여러 가지 방법들이 사용되고 있지만, 지금까지 수행되지 않은 운동법에 의해 요배 근육을 강화시켜 요추에 발생하는 부하에 견딜 수 있도록 하는 예방법을 찾는 것을 목적으로 한다.

Hamberg, et al.(1978)은 내복사근 압력상에서 복부근력을 위한 체계적인 강화 운동의 영향을 연구하였다. 운동 결과 복부와 허리 근육을 강화되는 것으로 나타났다. 그렇지만 들기 작업을 할 때 특별한 변화를 측정하지 못했다¹¹⁾. 본

연구에서는 요배 근육을 강화시킬 수 있는 운동법 9가지를 선택하였다. 요추부 근력증진 운동법(Nine-step Stretching Exercises)의 9가지는 ① 무릎 가슴 가져가기 운동, ② 체간 신전 운동, ③ 경부 및 견갑골 들기 운동, ④ 하지 신전 거상 운동, ⑤ 경부 밀착 운동, ⑥ 고관절 신전 운동, ⑦ 기립자세에서 쪼그려 앉기 운동, ⑧ 고관절 굴근 신장 운동, ⑨ 무릎 펴고 앉아 손을 발끝으로 가져가기 운동으로 구성되어 있다. 6개월 동안 가능한 한 아침과 저녁에 매일 반복해서 실시하도록 했다.

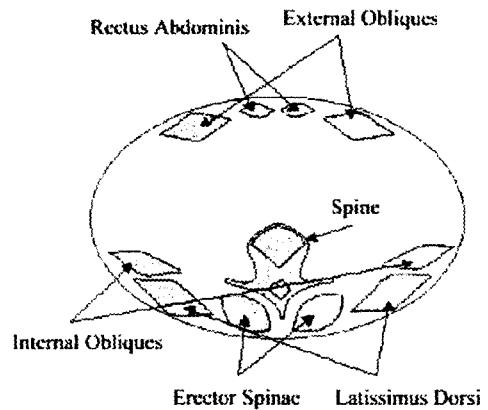


Fig. 1 Relative location of the muscles of the trunk

6개월 동안 이 9가지의 운동법을 실시하도록 하여, 운동 실시 전과 후에 요추부하에 반응하는 EMG 결과치를 운반물의 중량, 수평거리, 작업 빈도 등에 따라 비교 분석하였고, ECG를 이용하여 심박수에 있어서는 수평거리, 중량, 작업 빈도 등에서 어떤 변화가 있는지를 알아보았다.

3. 실험 방법

3.1 실험 장비

EMG 신호값을 측정하기 위해서, MEGA Electronics Ltd.의 ME300 기종을 사용하였다. 이는 두 개의 독립된 EMG Channel을 사용하며, 프로그램이 가능하며, 32 Kbytes RAM Memory를 차지하고 있으며, 최대 45시간을 기록할

수 있고, PC Interface, Software를 통해 분석할 수 있는 장비이다. Lifting Machine은 Fig. 2의 (a)에 나타나 있는 것처럼 자동으로 이동거리를 맞추도록 자체 설계 제작하였다. 허리를 구부리는 각도를 측정하기 위해 Penny+Giles의 Goniometer를 이용하여 측정하였다. 이것은 Analogue Output(Nominal)가 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$, 측정오차 1%의 정확도를 갖는다. 신체의 각 부위의 측정은 Martin식 인체 측정기를 이용하여 앉은 키, 선키, 등을 측정하였고, 체중을 조사하였다.

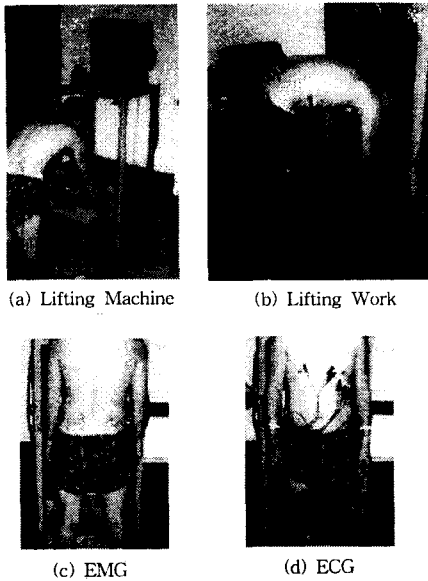


Fig. 2 Experiment design

ECG 신호값의 측정을 위해서, Meditech Ltd.의 E-Lite를 이용하여 심박수를 측정하였다. 민감도는 $2.5 \mu V$ 이고, Frequency 범위는 0.05Hz-150Hz까지 측정할 수 있으며, CMRR은 120dB, 치수는 $140 \times 100 \times 36mm$, 무게는 260g이다. 심박수는 E-Lite Graphical Display & Evaluation System이라는 Software를 이용하여 분석하였다.

3.2 피실험자

본 연구에서의 피실험자는 8명의 제조 현장에서 근무하는 작업자로서 나이는 25-36세의 남

성으로 구성되어 있으며, 이들 모두에게 실험에 대한 충분한 교육을 실시한 후에 실험을 진행했다. 이들은 현재 모두 MMH 작업에 관련된 업무를 하고 있는 작업자들로, 평균 연령은 29.63 ± 4.24 세, 평균 근속연수는 5.63 ± 3.54 년, 평균 체중은 $71.31 \pm 4.67kg$, 평균 신장은 169.56 ± 3.59 cm, 평균 앉은키는 $92.21 \pm 1.72cm$ 로 나타났다.

3.3 실험 절차

피실험자는 EMG, ECG를 부착한 상태에서 Lifting Machine에서 실험을 실시한다. Lifting Machine은 자체 설계 제작하였으며, 실험용 상자는 일반 제조업체에서 통상적으로 사용하고 있는 플라스틱 상자로, 규격은 가로 41cm×세로 24.5cm×높이 11.5cm이며, 자체 중량은 0.9kg이다. 피실험자들이 중량에 대한 정보를 알지 못하도록 했으며, 자갈을 가방에 넣어 무게를 10kg, 25kg을 맞추었다. 이는 현재 M 제조업체에서 대부분 사용하는 MMH 관련 대상물의 중량이다. 들기 작업에 대한 실험 방법은 1991년 NIOSH Lifting Equation에서 사용한 방법을 응용하여 실시하였다. 현장의 Horizontal, Vertical, Frequency, Distance, Asymmetric, Coupling 등을 조사하여 실험에 적용하였다. CM의 경우, 운반구의 손걸이가 있는 플라스틱 상자이기 때문에 "Fair"한 것으로, AM의 경우에는 비대칭 각도는 없는 것으로 하였다.

실험에 사용된 변수의 수직거리는 20-80cm로 고정시켰고, 작업 빈도의 경우도 마찬가지로 분당 2회로 고정시켜 놓은 상태에서 수평거리의 경우에 35cm, 55cm 두 조건을 사용했고, 중량의 경우도 10kg, 25kg의 두 조건을 사용했다. 수직거리와 작업 빈도를 고정시킨 것은 과거 연구 결과 NIOSH Lifting Equation에서 가장 큰 영향을 미치는 요소는 수평거리와 중량으로 나타났기 때문이다⁶⁾. 실험 변수에 대한 것은 Table 1와 같다. 예를 들면, 1CI1HIW1은 수평거리가 35cm, 중량이 10kg인 좌측 척추 기립근의 1차 들기 작업시에 사용된 변수를 의미하며, 실험 조건은 Table 1에서 보듯이 8가지로 실시하였다.

Table 1 Variables for experiments

	1차							
	ch1(좌측 요배근)				ch2(우측 요배근)			
	H1 (35cm)		H2 (55cm)		H1 (35cm)		H2 (55cm)	
	W1(10kg)	W2(25kg)	W1(10kg)	W2(25kg)	W1(10kg)	W2(25kg)	W1(10kg)	W2(25kg)
변수명칭	1C1H1W1	1C1H1W2	1C1H2W1	1C1H2W2	1C2H1W1	1C2H1W2	1C2H1W1	1C2H1W2

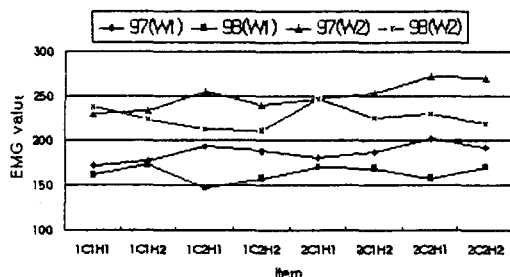
4. 실험 결과

실험 결과는 EMG 신호값에 대한 분석과, 심박수에 대한 분석으로 나누어 진행했다. EMG 분석은 생체역학적으로 요추에 미치는 부하를 측정하기 위한 것으로, 수평거리, 중량, 빈도에 따라서 어떤 변화가 나타나는지를 분석하였다. ECG를 이용하여 이런 들기 작업시 작업자에게 미치는 생리학적인 영향으로 심박수를 중심으로 분석하였다.

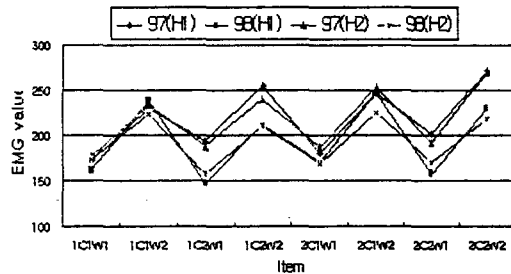
4.1 EMG 분석 결과

6개월 전의 EMG 신호값과 후의 EMG 신호값을 비교 분석하는 것을 목적으로 하며, 주요 변수는 중량, 수평거리, 빈도를 중심으로 Nine-step Stretching Exercises를 실시한 후에 어떤 변화가 있는 지를 알아보았다.

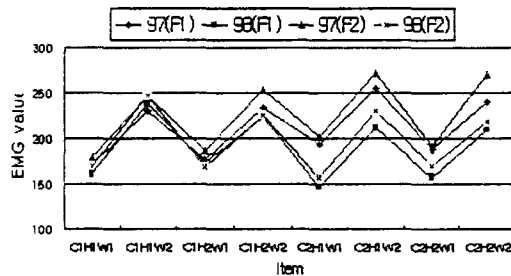
중량 10kg, 25kg에서 수평거리, 빈도 등이 변하게 될 때, Fig. 3의 (a)와 같이 EMG 신호값이 운동 실시 6개월 전에 비해 상당히 줄어들었음을 보여주고 있다. 10kg의 경우에 12.39%, 25kg의 경우, 9.66%가 줄어든 것으로 나타났다. 각 중량에 대해서 6개월 전과 후에 뚜렷하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 Table 2에도 잘 나타나 있다.



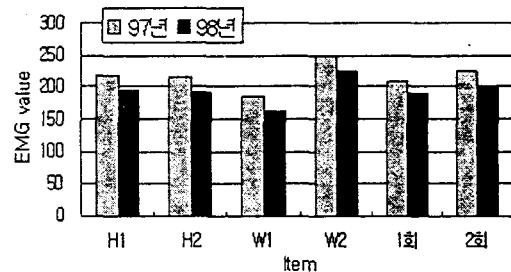
(a) Change of EMG value by the weight



(b) Change of EMG value by the horizontal distance



(c) Change of EMG value by the frequency



(d) Total change by the each item

Fig. 3 Results of changed EMG value by the each work conditions

수평거리에 대한 변화 그래프를 Fig. 3의 (b)에 나타내었다. 수평거리는 35cm, 55cm를 기준으로 운동 실시 6개월 전후의 변화를 보여준 것

이다. 그림에서 보듯이 수평거리에 대한 차이는 없는 것으로 나타났다. 빈도에 대한 변화는 분당 2회 들기 작업을 할 경우, 1차 시도와 2차 시도간의 차이를 보려는 것이다. Fig. 3의 (c)는 작업 빈도에 대한 변화 그래프를 나타낸 것으로 수평거리와 마찬가지로 별 차이를 보이지 않고 있다.

Fig. 3의 (d)는 중량, 수평거리, 작업 빈도의 각 항목별로 전체적인 변화를 보여주는 것이다. 중량의 변화에 대한 차이는 크게 나타나지만, 수평거리와 작업빈도는 거의 유사한 것으로 나타났다. 그렇지만, 전반적으로 Nine-step Stretching Exercises 실시 후에 EMG 신호값이 줄어들었음을 보여준다. 이것만 보더라도 본 운동법이 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다. Table 2는 EMG 값에 대한 통계적 분석결과를 나타낸 것으로, 중량에 대해 매우 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 수평거리, 1차, 2차 빈도에 대한 분석결과 통계적으로 유의한 차이는 발견하지 못했다.

Table 2 ANOVA for the each item in EMG

		Mean	SD	F	p-value
Weight	97(W1)	185.67	9.63	24.9132	0.0002**
	98(W1)	162.67	8.79		
	97(W2)	249.47	15.84	11.4762	
	98(W2)	225.38	12.40		
Horizontal distance	97(H1)	218.06	37.05	1.4107	0.2547
	98(H1)	194.98	40.59		
	97(H2)	217.08	35.99	2.1724	
	98(H2)	193.06	28.78		
Frequency	97(F1)	210.23	31.93	1.4960	0.2415
	98(F1)	189.84	34.70		
	97(F2)	224.91	39.68	2.0664	
	98(F2)	198.20	35.12		

** : Significant difference at $\alpha = 0.01$

4.2 심박수 분석 결과

심박수의 경우에는 ECG를 이용하여 분당 2회의 들기 작업시 심박수의 변화를 알아보려는 것을 목적으로 한다. EMG와 마찬가지로 중량, 수평거리가 변화는 4가지 작업 조건 즉, H1W1,

H1W2, H2W1, H2W2 각각의 조건에서 어느 정도 심박수에 차이를 보이는 지를 알아보았다.

Table 3에서 보듯이 수평 조건에 따라서 유의수준 $\alpha = 0.1$ 에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 중량에 대해서는 별 차이가 없는 것을 보여주고 있다. 중량의 변화는 심박수에 별 차이를 보이지 않고 있지만, 수평거리의 변화는 심박수가 더 빨라지고 있는 것을 의미한다. 다시 말해, 심박수는 수평거리가 길어질 때 증가하므로, 생리적인 부담도를 줄이기 위해서는 수평거리를 줄이는 것이 무엇보다 중요한 것임을 나타낸다.

Fig. 4는 각 작업 조건에서 심박수를 나타낸 것으로, 같은 수평거리에서의 중량에 대한 차이는 중량이 무거운 작업 조건에서 심박수가 높은 것으로 나타났고, 같은 중량에서 수평거리에 대한 차이는 수평거리가 길수록 심박수가 높게 나타났다. 다시 말해, 수평거리가 길고, 중량이 무거운 작업 조건일수록 심박수가 빨라짐을 알 수 있다. 이는 수평거리와 중량의 증가가 생리적 부담도를 증가시킨다는 것을 보여준다. 이는 당연한 결과로 보여진다.

Table 3 ANOVA for the each item in heart rate

		Mean	SD	F	p-value
Horizontal distance	H1(35cm)	87.66	9.36	16.8358	0.0612*
	H2(55cm)	91.94	9.59		
Weight	W1(10kg)	89.06	9.44	0.4069	0.5259
	W2(25kg)	90.53	9.51		

*: significant difference at $\alpha = 0.1$

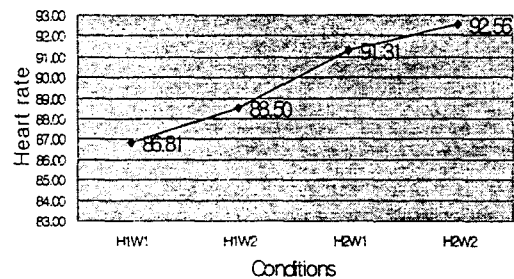


Fig. 4 Change of heart rate by the each work conditions

5. 결론 및 토론

본 연구의 목적은 작업 현장에서 근골격계 질환으로 상당히 많은 문제를 낳고 있는 현재에, 작업 현장에서 작업하고 있는 피실험자들을 중심으로 요통예방을 위해 요추부하와 심박수를 분석한 것이다. 특히, 본 연구에서는 현장에서 직접 요배 근육을 강화시킬 수 있는 운동법(Nine-step Stretching Exercises)을 통해 요통을 예방하는 방법을 제시하였다.

EMG 분석 결과, 6개월 전에는 들기 작업을 시작 전에 간단한 체조도 실시하지 않고 요추부하를 측정하였고, 6개월 동안 9가지의 운동법을 가능한 한 아침, 저녁으로 매일 반복해서 실시하도록 하였다. 운동 실시 후 EMG를 통해 같은 방법으로 요추부하를 측정하여 6개월 전과 비교해 본 결과 중량에 대해서는 10kg의 경우에 12.39%, 25kg의 경우, 9.66%가 줄어든 것으로 나타났다. 그러나, 수평거리, 작업 빈도에 대해서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 심박수 분석 결과, 중량과 수평거리가 증가할수록 심박수가 빨라지는 것으로 나타났다. 특히 수평거리에 대한 변화가 중량의 변화보다 더 큰 것으로 나타났다. 심박수 분석결과 대상물의 수평거리를 줄여주는 것이 필요하며, EMG 분석 결과 본 논문에서 제시한 운동법이 상당히 효과적인 결과를 가져다 줄 수 있음을 보이고 있다. 생리적인 부담도를 줄이기 위해서는 수평거리의 변화를 줄이고, 생체역학적으로는 무게를 줄이는 것이 중요하며, MMH 작업을 위해 특별한 운동을 실시함으로써 근골격계 질환, 특히 요통을 상당히 예방할 수 있는 것으로 사료된다.

이상과 같이, EMG, ECG를 이용하여 작업 현장에서 들기 작업을 하는 피실험자들을 중심으로 이런 분석 결과의 보고는 거의 없다. 본 연구의 결과는 상당히 많은 작업장에서 유용하게 이용할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 다양한 피실험자 집단은 다른 인체치수 특성, 들기 형태, 경험의 수준, 문화적인 배경, 연령의 범위 등을 갖는 것이 가능하다는 것이다. 즉, 생체역학적, 생리학적으로 한국인에 특성에 맞는 연구가 무엇보다 우선하여 실시되어야 한다.

참 고 문 헌

- 1) 기도형, 정민근, 들기 작업 설계와 평가를 위한 요추추의 Compressive Force 예측 모형 비교 연구, 대한산업공학회지, Vol. 21, No. 4, pp. 581~591, 1995.
- 2) 민경옥, 운동치료학-1, 대학서림, 1991.
- 3) 서국용, 윤양진 외, 생체역학, 부산대학교 생체역학실험실, 1995.
- 4) 송기택, 움직일 때 변화하는 동작 해부학, 형설출판사, 1988.
- 5) 양성환, 근전도를 이용한 L5/S1에서의 요추부하 평가에 관한 연구, 한국공업경영학회지, Vol. 20, No. 44, pp. 323~332, 1997.
- 6) 양성환, 김대성, 박범, 요배근력 측정 및 L5/S1 요추부하 평가에 관한 연구, 한국산업안전학회지, Vol. 12, No. 3, pp. 161~165, 1997.
- 7) 양성환, 중량물 취급시 재해 발생 현황 및 원인에 관한 연구, 한국기술사학회지, Vol. 30, No. 5, pp. 96~104, 1997.
- 8) 전태원, 운동검사와 처방, 태근문화사, 1994.
- 9) Anderson, G.B.J., Epidemiologic aspects on low back pain in industry, Spine, 6, pp. 53~60, 1981.
- 10) Bernard, T.M., Computerized dynamic biomechanical simulation of lifting versus inverse dynamics model: effects of task variables, Ph. D. Dissertation, Texas Tech University, 1995.
- 11) Chaffin, D.B., Anderson, G., Occupational Biomechanics, John Wiley & Sons, Inc. 1991.
- 12) Cook, T.M., Neumann, D.A., The Effects of load placement on the EMG activity of the low back muscle during load carrying by men and women, Ergonomics, Vol. 30, pp. 1413~1423, 1987.
- 13) Garg, A., Lifting and back injuries: A Review of the causes of this industrial health problem, and the major methods used to combat it. Plant Engineering, 37, pp. 67~71, 1983.

- 14) Kermit G., et al, Influence of lift moment in determining MAWL, Human Factors, Vol. 39, No. 2, pp. 312~322, 1997.
 - 15) Khalil, T.M., et al, Ergonomics in back pain: A guide to prevention and rehabilitation, VAN NOSTRAND REINHOLD, 1993.
 - 16) Kumar, S., Mital, A., Electromyography in ergonomics, Taylor & Francis, 1996.
 - 17) Millar, D.J., Summary of proposed national strategies for the prevention of leading work-related diseases and injuries, Part 1' Am J Ind Med, 13, pp. 223~240, 1988.
 - 18) Mirka, G.A., A stochastic simulation model of the muscles of the trunk during lifting, Ph. D. Dissertation, Ohio State University, 1992.
 - 19) Pulat, B.M., Fundamentals of industrial ergonomics, Printice Hall, pp. 52~53, 1992.
-