論文 14-3-24

현장근로자의 생체부하에 관한 인간공학적 연구

An Ergonomic Study on the Work Loads of Manual Workers

이 상 도*·우 동 필**
Sang-Do Lee · Dong-Pil Woo
(1999년 3월 24일 접수, 1999년 8월 10일 채택)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effects of carrying postures and weight of load carried one time on a worker when carrying heavy loads. Six male students participated in this study to perform a manual materials carrying task as subjects. To make comparison of work loads with physical work capacity, maximal oxygen uptake measurement tests were performed with submaximal test.

The average oxygen consumption for the tasks of this study was 27.59~31.93% VO_2max. The results showed that the weight of load carried one time affects on working heart rate and oxygen consumption(VO_2). It was found that the workload was significantly lower when handling a 20 kg load at a frequency rate of 3 times/min than when handling a 40 kg load at a frequency rate of 1.5 times/min. There was no difference between carrying postures. It is concluded from the results of this study that the workload can be reduced by controlling conditions of a manual materials handling task.

1. 서 론

자동화와 기계화는 현대의 산업 현장에 급속한 변화를 가져왔고, 대부분의 제조업은 자동화로 인하여 산업현장에서의 인간의 존재를 무의미하게 하고 있다. 그렇지만 자동화나 기계화가 작업장의 여러 부분에서 인간의 역할을 대신한다고 하더라도 서비스업이나 제조업에서는 상당부분의 작업이 인간을 필요로 한다. 또한 상대적으로 자동화가 어렵고 미진한 작업장들이 있는

* 동아대학교 산업시스템공학과
** 동아대학교 산업시스템공학과 박사과정

데, 이는 자동화 설비 비용 등의 경제적인 조건과 공간제약 같은 실제적인 상황들이 제약조건으로 작용하고 있기 때문이다. 대다수의 작업장, 특히 건설 및 제조 산업의 작업분야에서는 아직 인간의 육체노동에 많이 의존하고 있어, 이에 따른 산업 재해 발생의 위험성과 이로 인한 생산성 저하 및 많은 비용이 발생되고 있다.

특히 건설 공사와 같이 큰 힘을 요구하는 작업장의 경우는 불안전한 작업장 환경이 작업을 수행하는데 비효율적이고 많은 에너지를 소비할 뿐만 아니라 위험을 초래할 수 있으므로 물리적이고 경제적으로 매우 큰 손실이 발생될 수 있다.

일반적으로 산업 현장에서 발생되는 대부분의 근골격계 상해의 주요 원인은 인력물자취급 작업(manual materials handling task)에 의한 것으로 작업은 주로 들기, 옮기기, 내려놓기 등에 의하여 목적물을 다른 곳으로 이동시키는 작업의 한 형태로 표현할 수 있다[2]. 산업 현장에서 산업 재해의 주요한 요인이 되는 인력물자취급 작업시 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 하기 위한 연구는 크게 생체역학적 접근방법(biomechanical approach), 생리학적 접근방법(physiological approach), 심물리학적 접근방법(psychophysical approach) 및 역학적 접근방법(epidemiological approach)으로 나누어 수행되어져 왔다. 본 연구에서는 네가지 연구방법 중에서 작업중의 생리적 반응을 측정하여 생리학적 작업능력(Physical Work Capacity)을 구하는 생리학적 접근 방법을 이용하였다.

일반적으로 생리학적 접근방법은 신체에 가해지는 스트레스를 심박수(heart rate)나 산소소모량(VO_2) 등의 생리적 반응을 측정하는 것으로 작업부하는 최대산소소모량에 대한 비율로 표현된다. 작업자가 1일 8시간 작업을 하는 경우, 생리학적 측면에서 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 하기 위해서는 작업부하가 최대산소모량의 33%를 넘지 않도록 작업을 설계해야 한다[9].

인력물자취급과 관련된 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 작업을 설계하기 위해서 작업에 직접적으로 영향을 미치는 중량, 높이, 용기 등 여러 가지 요인에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다[8]. 이러한 연구의 결과들은 작업자의 안전과 작업 수행의 효율성과 안정성을 고려하여 인력물자취급시 하중은 가능한한 몸통에 근접시키고, 중량물의 취급은 피로와 국소 근육 불편을 최소화하기 위해서 손이나 팔등 신체의 일부분을 이용하는 것보다 전신을 이용할 수 있도록 권고하고 있다[5].

외국의 기준을 고려해 볼 때 만 18세 이상의 남자 근로자가 운반물을 취급할 때 자기체중의 1/2, 여성은 1/4~1/3정도로 제한하고 남자는 20~30kg, 여성은 10~15kg이내로 유지하는 것이 적절하다[14]. 그렇지만 외국 기준을 우리나라에 적용하기에는 생리학적 작업 능력에 차이가 있기 때문에 다소 무리가 있다고 볼 수 있다[13].

또한 선행 연구들은 주로 들기 빈도, 들기 높이, 들기 중량, 용기 구성 등에 집중되어 있어 작업의 효율성을 고려한 운반방법이 작업자에게 미치는 영향과 관련된 연구는 상대적으로 미진하다. 실제로 작업 현장에서는 작업자의 주관적 판단과 습관등에 의해서 작업 자세가 결정되고 있고, 안전한 작업을 위한 중량물 취급 지침이 있지만, 때로는 이와 무관하게 작업이 진행되고 있다.

건설공사현장의 경우, 건설공사에 투입되는 자재를 운반하기 위해서 기계가 많이 동원되고 있지만 작업장 여건상 상당부분은 인간의 힘에 의해 운반되어야 하는 특성이 있다. 자재에 따라서는 손잡이가 없거나 자재의 크기나 모양이 작업자가 운반하기에 부적절한 경우가 많고, 투입되는 자재 또한 다양해서 취급시 이에 대한 주의가 요구되고 있다.

선행 연구의 대부분은 들기작업을 평가하기 위한 기준을 개발하는데 집중되어 작업 혹은 작업장의 특성에 따라 취해지는 운반방법이 작업의 효율에 미치는 영향에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다[7]. 작업 현장에서 작업자들은 중량물을 운반할 때 운반거리가 짧을 경우에는 운반물을 몸통 앞에 두고 옮기지만, 운반거리가 길 경우에는 작업을 수행하기 용이하도록 운반물을 어깨에 올려 옮기거나 몸통 뒤에 두고 운반하는 자세를 취하고 있어 현장에서 적용되

는 운반방법에 대한 효율성이나 안전성이 검토될 필요가 있다. 어깨운반의 경우, 운반물의 위치가 높아질수록 생리학적 에너지 요구량이 높아 지기 때문에 다른 자세에 비해 많은 에너지가 소모가 필요하다[2]. 따라서, 본 연구에서는 중량물 운반자세가 작업자에게 미치는 영향과 1회 운반하는 중량에 따른 작업의 효율성을 파악하고자 한다.

2. 실험방법 및 절차

본 연구에서의 독립변수는 운반자세와 운반물의 중량이다. 운반자세는 운반물(시멘트)을 몸통 앞에 두고 들어 운반하는 방법과 운반물을 몸통 뒤에 두고 팔을 뒤로하여 들어 운반하는 두 가지이고, 운반물의 중량은 각각 40kg과 20 kg으로 하였다. 본 실험에서 사용된 운반물은 건설공사에서 사용되는 시멘트로 제품이 공장에서 출하될 때 40kg으로 포장되어 시중에 유통이 되고 있지만 단위 포장 규격(중량)이 미국인의 운반 최대허용중량 32.45kg, ILO의 들기작업 권고치 24.5kg 그리고 직접추정법에 의한 우리나라 들기작업의 최대허용중량 13.30kg과 비교해 볼 때 상당한 차이가 나기 때문에 이를 취급하는 작업자에게 무리를 줄 수 있다[10,15]. Fig. 1은 본 실험에서의 운반자세를 나타낸 그림이다.

Fig. 1 Examples of carrying postures

2.1 피실험자

과거 근골격계 질환의 경험이 없는 6명의 남자 대학생 및 대학원생이 본 실험에 참여하였고, 이들의 연령은 24~28세, 신장은 172~185 cm, 체중은 65~78kg으로 기본적인 신체특성치는 Table 1과 같다. 피실험자는 실험에 앞서 실험의 절차, 생리학적 작업능력(Physical Work Capacity) 측정, 운반작업의 방법 등에 관한 교육을 받았다. 그리고 피실험자는 실험에 참여하기 전에 실험장비에 대한 적응 훈련을 받았다.

Table 1 Characteristics of subjects

	평 균	표준편차
나이 (세)	25.5	1.5
신장 (cm)	175.7	4.8
체중 (kg)	68.3	6.0
최대산소소모량 (l/min)	2.682891	0.428297

2.2 실험장비

피실험자의 산소소모량 및 심박수를 측정하기 위해서 CORTEX사의 METAMAX 에너지 대사량 측정기를 사용하였고 생리학적 작업능력 측정을 위해서 부하단계 조절이 가능한 CATEYE ERGOCISE EC-1200 자전거 에르고미터(bicycle ergometer)를 사용하였다. 작업자가 운반해야 하는 운반물은 시멘트로 40kg과 20kg 두 종류이다. 운반작업을 위한 별도의 보조도구는 사용되지 않았고, 40kg 운반물은 제품 출하 당시의 포장 상태 그대로 실험에 투입되었으며, 20kg 운반물은 폭과 너비가 40kg 운반물의 절반이 되도록 재포장하였다.

2.3 실험 계획 및 절차

본 연구에서는 실험에 앞서 피실험자에게 실험에 관한 유의 사항을 전달하고 난 뒤, 피실험자의 몸무게와 키를 측정한 후, 자전거 에르고미터에 의한 심박수(heart rate)와 산소소모량(VO_2)을 측정하여 피실험자들의 생리학적 작업능력(physical work capacity)을 추정하였다. 생리학적 작업능력의 측정은 피실험자가 수행하는 작업의 강도가 얼마나 되는지 비교하기 위해서 실시되었다. 자전거 에르고미터에 의한 생리학적 작업능력의 측정은 submaximal test를 통해서 피실험자의 심박수 비율(% heart rate range)이 30%HRR, 50%HRR, 75%HRR에 해당하는 작업부하로 각각 5분간 실시되었고, 각각의

작업부하에서 정상상태(steady-state)에 도달했을 때 산소소비량과 심박수를 마지막 1분간 측정하여 회귀분석을 통한 최대산소소비량을 예측하였다. 최대심박수(maximum heart rate), 심박수 범위(heart rate range), 심박수 비율은 아래의 식으로 계산하였다[1,11,13].

최대 심박수=220−나이

심박수 범위=최대심박수−안정시 심박수

심박수 비율=((운동시 심박수−안정시 심박수)/심박수 범위)×100

실험이 시작되면 피실험자는 76cm높이의 탁자에 놓여져 있는 운반물을 들고 4m 떨어져 있는 반대편 탁자위로 운반하는 작업을 하게 된다. 일반적으로 운반거리와 최대허용하중은 반비례하는 것으로 알려져 있다[4]. 따라서 본 연구에서는 실제 건설작업현장에서의 운반거리를 고려하여 4m로 고정하였다.

본 실험에 사용된 운반물은 40kg과 20kg이고 운반자세는 운반물을 몸통앞으로 들고 운반하는 자세와 운반물을 몸통 뒤쪽에 두고 운반하는 두 가지이다. 40kg 운반물은 10분동안 1.5회/분의 빈도로 작업을 하였고, 20kg 운반물은 10분동안 3회/분의 빈도로 작업하였다. 각 실험의 작업조건은 Table 2와 같다.

Table 2 Experimental conditions in this study

작 업	운반방법	중 량	빈 도
A40	몸통 앞	40kg	1.5회/분
P40	몸통 뒤	40kg	1.5회/분
A20	몸통 앞	20kg	3회 분
P20	몸통 뒤	20kg	3회/분

운반물에 대한 피실험자의 작업량은 모두 동일하고(600kg), 각각의 중량과 빈도는 운반자세별로 적용되었다. 작업의 순서는 학습효과를 고려하여 무작위로 결정되었고, 피실험자의 피로를 고려해 하루에 한 개의 작업에 대해 실험이 이루어졌다. 실험이 진행되는 동안 피실험자의 심박수는 지속적으로 관찰되었고, 작업시간 마지막 2분동안 산소소모량과 심박수를 측정하였다.

그리고 각각의 작업이 끝나고 난뒤에 피실험자는 작업의 강도가 어느 정도인지 주관적 척도를 평가하기 위해서 Borg-RPE(Rating of Perceived Exertion)을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험의 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 피실험자들의 휴식시 평균 심박수는 77.5(±3.93)beats/min이고, 휴식시의 산소소모량은 0.3188(±0.03796)l/min이다. 작업시의 심박수에는 휴식시의 심박수가 상당량을 차지하기 때문에 Table 3에 제시된 심박수 변화량은 작업을 수행함에 따라 발생하는 심박수 변화를 계산하기 위해서 작업후 측정된 값에서 작업전의 안정시 값을 제외한 차이를 나타낸 값들이다.

Table 3 The results of experiments

작업	심박수 변화량 (beats/min)	산소소모량(l/min)	RPE
A40	29.26(+4.96)	0.8290(+0.0767)	12.2(+1.9)
P40	25.12(+6.22)	0.8293(+0.0885)	12.8(+1.8)
A20	23.65(+2.90)	0.7245(+0.1034)	11.0(+1.3)
P20	20.75(+3.25)	0.7486(+0.1275)	10.7(+2.0)

3.1 최대산소소모량 예측

자전거 에르고미터에 의한 submaximal test를 통해서 피실험자의 30%HRR, 50%HRR, 75% HRR에 해당하는 작업부하로 작업을 하여 정상상태(steady-state)가 되었을 때 얻은 산소소모량과 심박수를 통해서 예측된 피실험자의 최대산소소모량은 Table 1에 제시된 바와 같이 2.682891 l/min(±0.428297)으로 나타났으며, 한국인의 생리학적 작업능력을 측정한 선행연구의 결과 2.56271l/min와 2.55388l/min와 비교해 볼 때 큰 차이가 나지 않고 있다[12,13].

본 연구에서 예측된 한국인의 최대산소소비량은 미국인 자료(3.49023±0.070803l/min)의 약 77%이고, 중국인 자료(3.107±0.410l/min)의 약 86%정도로 선행연구에서 제시한 바와 같이 미국인과 중국인에 비해 상당한 차이가 있어 인력물자취급 작업과 관련된 외국의 기준을 한국인에게 적용하기에는 다소 무리가 있다[6,13].

3.2 심박수

인체에 스트레스가 가해지면 심박수는 상승하게 되고, 스트레스가 클수록 그 폭은 더 커진다. 피실험자의 휴식시 심박수는 평균 77.5(±3.93)beats/min으로 작업시 심박수에는 휴식시의 심박수가 상당 부분 차지하고 있기 때문에 작업부하로 인해 인체에 가해지는 스트레스를 측정하기 위해서는 작업전후의 심박수 변화량을 비교해 봄으로써 작업방법에 따른 작업부하의 정도를 알 수 있다.

본 실험의 작업에 대한 피실험자의 작업부담을 심박수 변화량을 통해서 보면, A40작업이 20.6~33beats/min으로 가장 큰 심박수 변화가 나타났고, P20작업이 16.2~25.87beats/min으로서 변화량이 가장 작았다. 각각의 작업에 대한 심박수의 평균 변화량은 Fig. 2에서와 같이 A40작업이 29.26beats/min, P40작업이 25.12beats/min, A20작업이 23.65beats/min, P20작업이 20.75beats/min으로 나타났다. 무거운 물체를 운반할 때가 가벼운 물체를 여러번 운반할 때보다 심박수가 더 높게 나타났다. P20작업은 A40작업의 심박수 변화량의 70.9%정도이며($p<0.01$), 심박수는 운반물의 중량에 대해서 통계적으로 유의한 차이($p<0.05$)를 보이지만, 운반자세에 대해서는 유의차를 발견할 수 없었다($p>0.05$). 이는 작업방법에 따라 인체에 가해지는 부하량에 차이가 있음을 나타내고 있으며, 본 실험의 경우에는 20kg운반물을 분당 3회 운반하는 것이 40kg운반물을 분당 1.5회 운반하는 것보다 더 유리하다는 것을 알 수 있다.

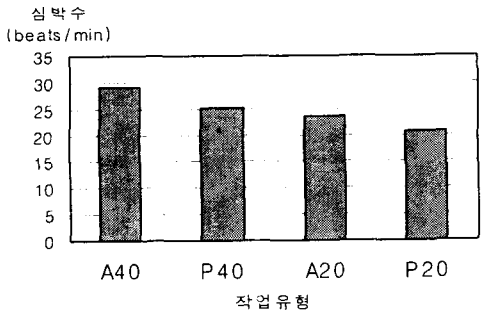

Fig. 2 Heart rate variation during working

3.3 산소소모량

피실험자들의 산소소모량 측정결과를 살펴보면, P40작업이 0.656~0.908l/min으로 가장 큰 변화를 보였고, A20작업이 0.584~0.876l/min으로 가장 작은 변화를 보였다. 각각의 작업에 대한 평균 산소소모량은 Fig. 3에서와 같이 A40작업이 0.8290l/min, P40작업이 0.8293l/min, A20작업이 0.7245l/min, P20작업 0.7486l/min으로 나타났다. A20작업은 P40작업의 산소소모량의 87.4%정도이다($p<0.05$). 본 실험에서 수행된 작업들의 산소소모량은 0.7245~0.8293l/min으로 작업의 강도측면에서 보면 가벼운 작업으로 분류될 수 있다[3].

산소소모량에 대한 분산분석 결과, 운반물의 중량에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p<0.05$), 운반자세에 대해서는 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다($p>0.05$). 본 실험의 작업에 대한 산소소모량 측정결과는 무겁게 운반하는 것보다 가볍게 자주 운반하는 것이 유리함을 보여주고 있다. 따라서 운반물 1회 취급중량을 조절함으로써 작업으로 인한 신체의 부하부담을 줄일 수 있다는 것을 나타내고 있다.

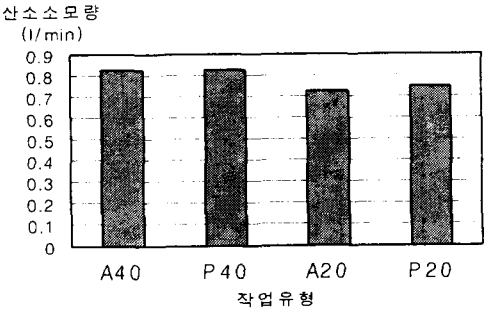

Fig. 3 Oxygen consumption(VO_2) during working

3.4 주관적 불편도

Fig. 4의 주관적 불편도는 피실험자가 각각의 작업을 실행하는 동안 느끼는 정도를 Borg's scale을 이용하여 6~20점까지의 15점 척도로 나타내도록 하였다[3]. 이 척도는 활동 수준에서 예상되는 심박수와 선형 관계를 가지는 것으로

심박수는 등급 점수의 10배와 같다. 작업별 점수를 살펴보면, A40작업이 12.2점, P40작업이 12.8점, A20작업이 11점, P20작업이 10.7점으로 나타나 20kg 운반물보다 40kg 운반물을 옮길 때 신체 불편도가 높게 나타났고($p<0.05$), 피실험자가 가장 힘들다고 느끼는 작업은 40kg 운반물을 몸통 뒤에 두고 운반하는 자세이다. 그러나 운반자세에 대해서는 통계적으로 유의한 차이는 발견할 수 없었다($p>0.05$).

주관적 척도 점수의 10배는 활동에서 예상되는 심박수를 나타냄으로, 주관적 척도점수를 심박수로 환산하면 107~122.6beats/min으로 실제 작업을 수행하는 동안 측정된 심박수는 A40작업이 106.6beats/min, P40작업이 102.6beats/min, A20작업이 101.2beats/min, P20작업이 98.2beats/min으로 나타나 주관적 불편도가 실제 신체의 반응보다 높게 평가되어 나타났다.

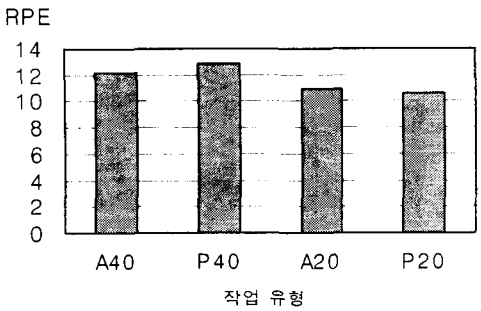

Fig. 4 Rating of perceived exertion during working

3.5 작업에너지 소모량

본 연구의 자전거 에르고미터를 이용한 sub-maximal test에서 예측된 최대산소소모량은 2.682891l/min(±0.428297)으로 나타났다. 본 실험에서 수행된 작업이 각 개인의 생리학적 능력에 비해 어느 정도의 수준인지를 예측된 최대산소소모량과 비교한 결과, 피실험자의 생리학적 최대 능력에 비해 평균 27.59~31.93%정도이다. 본 연구의 실험결과는 본 실험에서 수행된 작업이 하루 8시간의 작업에 있어서 안전 작업 한계인 개인의 생리학적 작업능력의 33%를 초과하지는 않음을 보여주고 있다. 그렇지만 작업에너지 소모량이 작업별로 차이가 나타나고 있는데, 운반자세보다는 운반물의 중량에 따라 차이가 나타나고 있음을 알 수 있고, 이는 운반물의 중량을 감소시킴으로써 작업자의 작업부담을 줄일 수 있다는 것을 나타내고 있다.

Table 4 Comparisons of energy expenditure on the tasks

작 업	작업시 에너지 소모율(%)
A40	31.42+4.49
P40	31.93+7.98
A20	27.59+5.51
P20	28.30+5.04

4. 결론 및 토의

위 결과를 살펴보면, 실험 전후의 심박수 변화량은 20kg 운반물을 분당 3회로 하여 몸통 뒤로 운반하는 P20작업이 40kg 운반물을 분당 1.5회로 하여 몸통 앞으로 운반하는 A40작업의 70.9%정도에 해당하는 작업부하로 운반물 중량의 경중에 따라 작업자의 작업부담이 달라질 수 있음을 나타내고 있다. 이것은 작업을 하는 동안 운반물의 중량이 작업자에게 가해지는 부하량에 많은 영향을 미치고 있음을 의미하는 것으로, 본 실험의 결과에서, 40kg 운반물을 취급하는 것보다 20kg운반물을 취급할 때 작업자의 작업부하가 작아진다는 것을 알 수 있고, 이는 동일한 과업을 수행하더라도 1회 운반물 중량에 따라 작업의 효율성이 달라질 수 있다는 것을 의미한다.

본 실험의 결과에서 운반자세가 작업자의 작업부하에 미치는 영향에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 실제 작업현장에서는 작업장의 환경이 운반자세 결정에 상당한 영향을 미치기 때문에 다양한 작업장 조건을 고려한 연구가 필요하리라 본다. 본 실험의 작업장 조건은 평지이지만, 실제 작업현장은 불규칙한 바닥이나 장애물을 피해서 운반을 하거나 계단이나 경사로를 통해서 상당한 거리를 운반해야 하는 경우 등 작업장의 조건이 작업자의 시야 확보나 안전에 영향을 미치고 있어 다양한 작업장 환경을 고려할 필요가 있다.

또한 본 실험에서 수행된 각각의 작업은 피실험자 개개인의 생리학적 최대능력의 27.59%~31.93%정도로, 작업자의 하루 8시간 작업에 있어서 개인의 생리학적 작업능력의 33%를 초과하지는 않았지만, 운반물의 중량을 감소시킴으로써 작업자의 작업부담을 줄일 수 있는 것으로 나타났다[9].

재해의 수를 감소하기 위한 대안은 일반적으로 재해에 관련되는 작업을 최소화시켜 개개인의 작업에 요구되는 신체와 능력에 대하여 같거나 작게 설계하는 것이다. 그러므로 작업자의 능력에 맞는 과업을 결정하는 것이 가장 중요한 문제이다. 작업에 대한 안전성과 보건적인 표준을 결정하기 위하여 먼저 인간능력의 허용과 한계를 설정하여야 하고, 다음으로 대부분의 작업자들을 만족하게 하는 작업의 규정을 고려하여야 한다.

본 연구 결과의 작업현장 적용은 육체 노동작업에서 일어나는 산업재해를 예방하고 재해발생으로 인한 기업의 부담을 줄임으로써 기업 경영의 경쟁력 강화와 작업여건 개선을 도모할 수 있으리라 생각된다.

본 연구에서는 작업시간, 운반물 중량, 빈도, 운반거리가 제한되었지만, 작업자의 작업부담을 보다 객관적으로 파악하기 위해서는 실제 작업환경을 고려하여 보다 다양한 실험이 이루어져야 할 것이다.

이 논문은 1997학년도 동아대학교 학술연구조성비(일반과제)에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1) P.O. Astrand and K. Rodahl, Textbook of Work Physiology, McGraw-Hill, 1986.
2) M.M. Ayoub and A. Mital, Manual Materials Handling, Taylor & Francis, 1989.
3) R.S. Brigder, Introduction to Ergonomics, McGraw-Hill International Editions, 1995.
4) B.C. Jiang, J.L. Smith, and M.M. Ayoub, "Psychophysical modelling for combined manual materials-handling activities", Ergonomics, Vol. 29, No. 10, pp. 1173~1190, 1986.
5) S.J. Legg and A. Mahanty, "Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk", Ergonomics, Vol. 28, No. 12, pp. 1653~1660, 1985.
6) Y.H. Lee, S.P. Wu and S.H. Hsu, "The psychophysical lifting capacities of Chinese subjects", Ergonomics, Vol. 38, No. 4, pp. 671~683, 1995.
7) S.J. Morrissey and Y.H. Liou, "Metabolic costs of load carriage with different container sizes", Ergonomics, Vol. 27, No. 8, pp. 847~853, 1984.
8) S.J. Morrissey and Y.H. Liou, "Maximum acceptable weights in load carriage", Ergonomics, Vol. 31, No. 2, pp. 217~226, 1988.
9) NOISH, Work Practices Guide for Manual Lifting, 1981.
10) S.H. Snook and V.M. Ciriello, "The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces", Ergonomics, Vol. 34, No. 9, pp. 1197~1213, 1991.
11) H.Y. Yoon, "Psychophysical and Physiological Study of One-Handed and Two-Handed Combined Tasks", Texas Tech Univ. Unpublished Ph.D Dissertation, 1996.
12) 김홍기, "인력물자취급의 권장안전하중에 대한 생리학적 고찰", 대한인간공학회지, Vol. 16, No. 3, pp. 23~36, 1997.
13) 박지수, 김홍기, 최진영, "작업유형에 따른 생리학적 작업능력의 비교 분석", 대한인간공학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 89~98, 1996.
14) 안전보건정보, September, 1997.
15) 이관석, 박희석, "직접추정법의 대칭적인 들기 작업의 최대허용하중 결정에의 적용에 관한 연구", 대한인간공학회지, Vol. 14, No. 1, pp. 1~8, 1995.