

상자 들기 작업시 자세 및 손잡이 형태가 발휘근력에 미치는 영향

성창한 · 배동철 · 장성록

부경대학교 안전공학과

Abstract : 자동화된 생산시설에도 불구하고, 아직도 여러 현장에는 사람이 직접 bag, box, carton 등을 들고, 내리고, 옮기는 등의 인력운반 (Manual Materials Handling, MMH) 작업으로 생산활동이 이루어지고 있다. 상자 운반 작업에서 있어서 손잡이는 최대허용무게에 영향을 미친다는 연구 결과들이 많이 나왔지만, 자세에 따른 손잡이 형태의 영향에 관한 연구들은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 MMH 작업시 흔히 사용되는 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90° 로 굽혔을 때 자세)에서 손잡이 형태에 따라 tote box를 들 때, 작업 자세와 손잡이 형태에 따른 Maximum Voluntary Contraction (이하 MVC)를 측정하고 MVC에 대한 작업자세와 손잡이 형태의 상관관계의 통계적 분석, 주관적 평가방법(Borg법)과 MVC와의 유의성을 검증하였다.

1. 서 론

현대사회는 과학기술의 발전으로 인해 많은 생산시설이 자동화되고 있지만, 아직도 여러 생산현장에서는 사람이 직접 bag, box, carton 등을 들고, 내리고, 옮기고, conveyor belt에서 물건을 내리고, 창고에 물건을 쌓는 등 인력운반(Manual Materials Handling, MMH)작업으로 생산활동이 이루어지고 있는 현상이 많다¹⁾. 특히, 우리나라에서는 지금까지의 고도산업 발전이 신발, 섬유, 자동차, 조선, 철강업 등 노동집약형 산업에 많이 의존한 결과로 급속한 경제 성장을 가져온 반면, 높은 산업 재해율을 초래했다. 최근에는 잘못된 작업환경 및 작업방법으로 인한 과도한 작업부하가 작업자에게 누적되어 발생하는 요통, VDT 증후군과 같은 근골격계질환(musculoskeletal disorders, MSDs)으로 인한 요양신청이 급격히 증가하고 있다²⁾.

미국의 경우, "OSHA 200 Logs" 에 의해 집계된 직업병 통계(사기업 대상)를 보면 1981년도 누적외상성질환이 23,000건이었던 것이, 1995년도에는 약 13.4배 증가한 308,200건으로 전체 직업병 건수에서 62.3%를 차지할 정도로 급속히 증가하여 산업보건의 가장 심각한 문제 중의 하나로 자리잡고 있다³⁾. 그러나, 80년대부터 근골격계질환

에 관심을 갖기 시작하여, 90년대 들어 자동차 산업을 중심으로 예방관리 시스템을 가동한 결과, 1994년을 정점으로 질환발생이 감소 추세에 접어들고 있다.

우리나라의 경우, 1993년부터 “경건완증후군”을 업무상 재해인정기준에 도입한 이후, 노동부 자료에 의하면 근골격계질환자 수가 1999년 124명, 2000년 1,009명, 2001년 1,598명, 2002년에는 7월말 현재 1,069명으로 점차 증가 추세를 보이고 있으며⁴⁾, 특히 2000년 현대자동차 5공장, 2001년 현대중공업, 2002년 대우조선해양(주) 등에서의 근골격계질환자들이 집단 산재 판정을 받는 등 이로 인한 노동력 상실 및 경제적 지출 비용으로 앞으로 커다란 사회 문제가 될 것이다.

MMH 작업에 의한 근골격계질환은 작업자 실수에 의한 사고성 재해인 경우도 있으나, 부적절한 작업자세와 작업대 설계, 잘못 고려된 작업하중 등에 의한 누적성 재해가 대부분을 차지하고 있다. 따라서, 이러한 MMH 작업에 의한 근골격계질환의 방지를 위해서는 근골격계질환 예방 교육, 스트레칭 등의 방법뿐만 아니라, 그 작업에 요구되는 적절한 작업하중 및 작업상황을 평가할 수 있어야 한다. 즉, 작업자세를 고려한 생체역학적 분석이나, 근전도를 이용한 작업자의 근육 피로도 분석을 위한 생리학적 분석 등을 통한 작업 개선이 필요할 것이다.

본 연구의 목적은 MMH 작업시 흔히 사용되는 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽혔을 때 자세)에서 손잡이 형태에 따라 tote box를 들 때,

첫째, 작업자세와 손잡이 형태에 따른 Maximum Voluntary Contraction (이하 MVC) 측정

둘째, MVC에 대한 작업자세와 손잡이 형태의 상관관계의 통계적 분석

셋째, 주관적 평가방법(Borg 법)과 MVC와의 유의성 검증에 있다.

2. 실험

2.1 피실험자

피실험자는 이전에 요통이나 그 밖의 근골격계와 관련된 질병을 가진 적이 없는 신체 건강한 10명의 대학생들을 대상으로 하였으며, 실험전 실험자세 및 절차에 관해 숙지하도록 교육 후 실험을 실시하였다.

2.2 실험기기

본 실험에 사용된 기기로는 각도별 MVC 측정을 위해 Takei Kiki Kogyo Co.에서 제작한 digital dynamometer를 사용하였다.

2.3 실험변수

본 연구의 실험결과에 영향을 미치는 변수로는 다음과 같은 변수들이 있다.

2.3.1 작업자세

본 연구에서 선정한 작업자세는 그림 1과 같이 인력운반작업에서 주로 이루어지는 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽혔을 때 자세)를 대상으로 하였다.

2.3.2 손잡이

손잡이 형태에 따른 변화를 알아보기 위해 손잡이를 좋음(일반 손잡이에 고무 재질로 패딩 처리), 보통(tote box의 일반 손잡이), 나쁨(손잡이 없는 상태)의 3가지로 나누어 실험하였다.

2.3.3 상자 크기 및 무게

Garg and Saxena(1980)는 상자 크기의 증가에 따라 손잡이가 있는 상자의 최대허용무게는 5.2% 감소하고 손잡이가 없는 상자의 최대허용무게는 7.2% 감소한다고 하였다⁵⁾. 따라서, 상자 크기에 따라 손잡이는 최대허용무게에 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다. 본 연구에서는 가로 51.5cm, 높이 28cm, 폭 36cm, 무게 2.5kg인 플라스틱 tote box를 사용하였다.

2.4 실험방법

본 연구에서 대상으로 한 상자 들기 작업은 현장에서 흔히 이루어지고 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽힌 자세)에서 실험을 실시하였으며, 작업조건은 각 자세당 3가지 손잡이 형태에 대한 각각의 MVC를 측정하고자 하였다.

Dynamometer를 이용하여 각 실험당 5초간의 MVC를 5회씩 측정하였고, 1회 MVC 측정 후 근육의 피로회복을 위해 10분간의 휴식시간을 두었다. 그리고, 각 실험이 종료된 후, 피실험자들에게 Borg's CR-10 ratings scale에 따른 주관적 평가를 하도록 하였다.

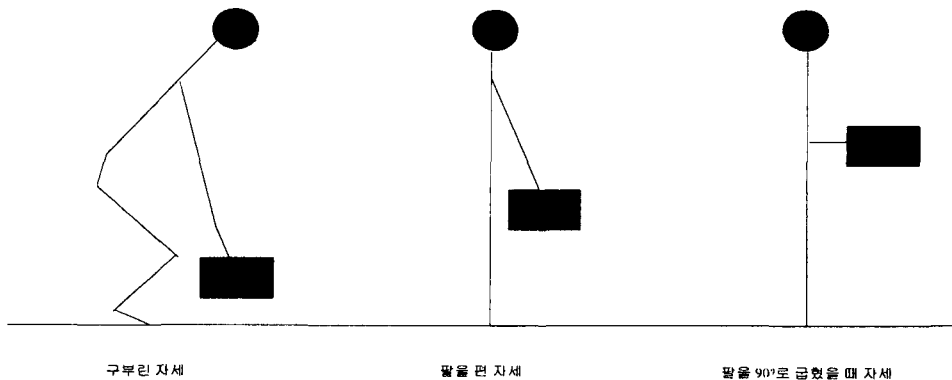


그림 1. 실험자세

3. 실험결과

3.1 자세별 손잡이 형태에 따른 MVC

자세별 손잡이 형태에 따른 MVC는 표 1과 같다. 표 1의 실험결과를 보면 MVC는 팔을 편 자세가 가장 높게 나타났으며, 팔을 90° 로 굽힌 자세가 가장 낮은 것으로 나타났다. 자세에 대한 손잡이의 영향을 살펴보면, 구부린 자세일 경우 손잡이 상태가 나빠질수록 9.1%, 27.5% 감소하였고, 팔을 편 자세일 경우에는 8.09%, 29.6%, 팔을 90° 로 굽힌 자세일 경우에는 1.18%, 24.8% 감소하였다.

표 1. 자세별 손잡이 형태에 따른 MVC

단위: kg

Subject	구부린 자세			팔을 편 자세			팔을 90° 로 굽힌 자세		
	좋음	보통	나쁨	좋음	보통	나쁨	좋음	보통	나쁨
1	61.16	52.12	38.6	60.48	56	39.82	45.86	48.6	35.48
2	37.38	33.12	26.68	41.58	39.16	33.4	29.6	29.2	22.62
3	43.56	41.06	32.02	46.94	42.72	33.38	31.82	31.5	22.58
4	58.28	52.76	37.26	58.5	53.4	38.22	35.48	41.14	28.1
5	49.92	48.58	42.72	62.84	58.88	48.16	43.64	37.32	33.78
6	44.82	41.1	33.98	46.08	45.9	32.36	29.04	29.64	21.24
7	32.12	28.66	23.3	37.06	35.72	28.68	25.88	24.82	19.4
8	47.88	38.84	38.32	50.04	41.76	29.72	38.76	35.38	27.68
9	59.94	57.12	49.3	77.14	68.56	54.48	50.06	49.98	41.4
10	35.38	34.2	28.88	44.74	40.78	31.8	26.38	24.68	23.26
평균 ±	47.04 ±	42.76 ±	34.11 ±	52.54 ±	48.29 ±	37.00 ±	36.65 ±	35.23 ±	27.55
표준편차	10.38	9.51	7.97	12.06	10.47	8.41	8.58	9.05	±7.21

표 2는 통계프로그램인 Minitab release 13을 사용하여 MVC에 대한 자세별 손잡이 형태별 영향을 분산분석(Analysis of Variance, ANOVA)을 통하여 나타낸 결과이다. 분산분석 결과 자세와 손잡이는 MVC에 대해 유의함(p<0.05)을 알 수 있었다.

표 2. MVC에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F	P
손잡이 형태	2	242.26	121.13	32.06	0.003
자세	2	266.15	133.08	35.22	0.003
Error	4	15.11	3.78		
Total	8	523.52			

3.2 주관적 평가

자세별 손잡이 형태에 따른 주관적 평가는 그림 2와 같다. 피실험자마다 다소 차이는 있었으나 평균을 살펴보면 MVC 결과와 거의 일치함을 알 수 있었다.

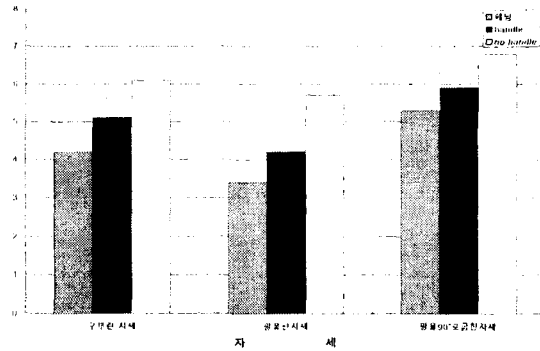


그림 2. 자세별 손잡이 형태에 따른 주관적 평가

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 상자 들기 작업시 자세 및 손잡이 형태에 따른 MVC값을 측정하였으며, 결과는 다음과 같다.

- (1) 팔을 편 자세에서의 MVC가 가장 높게 나왔으며, 팔을 90° 로 굽힌 자세에서 가장 낮았다.
- (2) 분산분석 결과 MVC에 대해 자세 및 손잡이는 유의한 것으로 나타났다.($p < 0.05$)
- (3) 주관적 평가 결과 피실험자마다 다소 차이는 있었으나, 평균은 MVC 결과와 일치했다.

Garg and Saxena (1980), Smith and Jiang (1984), Drury et al. (1989)는 최대허용무게(maximum acceptable weight)에 있어서 들기 능력의 감소 정도가 정확히 일치되지는 않았지만 7~11%의 감소를 가져온다고 결론지었고^{5,6,7)}, 1991년 committee는 나쁜 coupling에 대한 penalty는 10%를 초과하지 않아야 한다고 결론지었다⁸⁾. 그러나, K.G.Davis et al (1998)은 133.8cm 미만의 높이에서 'poor' handle couple 계수는 0.85가 적당하다고 하였으며⁹⁾, 본 연구에서는 자세별 손잡이 유무(handle, no handle)에 따라 20~23% 감소를 가져왔다.

기존 논문과의 차이가 나타난 이유를 살펴보면 미국인과 한국인의 신체적 특성을 고려해볼 수 있겠고, 상자의 크기에 따라 들기 능력이 다르게 나타날 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 자세 및 손잡이 형태에 따른 MVC값 측정과 주관적 평가를 실시하였지만, 이 연구를 기초로 하여 MMH 작업시 한국인에게 적용할 수 있는 권고 무게와 적합한 상자 설계 및 근육의 피로현상에 관해서도 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. Sanders, M. S. and E. J. McCormick. "Human Factors in Engineering and Design", Seventh Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992.
2. 임종근, 근골격계질환 발생현황과 예방대책, 월간 무재해, 2002. 2
3. 노동부, 단순반복작업 근로자 작업관리지침, 1998, 2000
3. U.S Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1997. 3
4. 노동부, 1999-2002 산업재해분석, 2000-2002.
5. Garg, A. and Saxena, U. 1980, Container characteristics and maximum acceptable weight of lift, Human Factors, 22, 487-495.
6. Smith, J.L. and Jiang, B.C. 1984, A manual materials handling study of bag lifting, American Industrial Hygiene Association Journal, 45, 505-508.
7. Drury, C.G., Deeb, J.M., Hartman, B., Wooley, S., Drury, C.E. and Gallagher, S. 1989, Symmetric and asymmetric manual materials handling.
8. Waters, T.R., Putz-Anderson, V., and Garg, A. 1994. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. Cincinnati, OH: DHHS (NIOSH)
9. Davis, K.G., Marras, W.S. and Waters, T.R. 1998, Reduction of spinal loading through the use of handles, Ergonomics, 41, 1155-1168.