

# 하중의 위치에 따른 안전하중에 관한 연구

박현진 · 성장한\* · 장성록\*\*

노동부 안전정책과 · \*부경대학교 대학원 안전공학과 · \*\*부경대학교 안전공학과

## 1. 서 론

작업관련성 근골격계질환(work-related musculoskeletal disorders)은 힘, 작업자세, 진동, 심리적 스트레스, 개인차 등 여러 가지의 신체적 작업 부하 요인에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 이러한 요인 중 부적절한 작업자세가 근골격계질환의 주요한 발생요인으로 알려져 있는데, 2000년도 우리나라에서 업무상질병자로 인정된 작업관련성 근골격계질환자 중 부적절한 작업자세로 인한 질환자가 89%, 반복작업 63.7%, 무리한 힘 53%, 진동 6.6%, 신체접촉에 의한 질환자가 1.1%로 조사되었다. 특히 부적절한 작업자세 중 비트는 자세로 인한 질환자가 87.2%로 가장 많았으며, 신체부위별로도 허리부위 질환자 중 부적절한 작업자세로 인한 질환자가 83.6%로 가장 높은 것으로 나타났다<sup>2, 3)</sup>.

부적절한 작업자세가 근골격계질환의 발생에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 자세가 가지는 부하를 평가할 수 있어야 하는데, 이러한 자세 부하를 평가하는 기법으로 OWAS, REBA, RULA 등 다수의 기법이 발표되어 있다<sup>4, 5, 6)</sup>. 그러나 이런 기법 대부분은 허리의 굴곡(flexion)과 신전(extension)에 관해서는 자세히 분류하고 있지만, 비틀림 동작(twisting)에 대한 가중치는 미흡한 실정이다. 하지만 기존의 많은 연구에서 허리의 비틀림 각도가 증가함에 따라 신체에 부담되는 하중도 증가한다고 보고되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 하중의 위치에 따라 각도별·방향별(시계방향, 반시계방향) 최대발휘근력(maximum voluntary contraction)을 측정하고, 측정된 최대발휘근력을 기준으로 NLE(niosh lifting equation)를 이용하여 들기 지수(lifting index)를 만족하는 각도별·방향별 안전하중을 측정하고자 한다.

## 2. 실험설계

### 2.1 피실험자

피실험자는 과거 근골격계와 관련된 질환을 앓은 적이 없는 학부생 5명으로 구성되었으며, 실험전 실험자세에 대하여 숙지하도록 교육 후 실험을 실시하였다. 피실험자의 인체특성은 나이  $24.4 \pm 0.5$ 세, 몸무게  $64.4 \pm 5.5$ kg, 키  $173.9 \pm 4.1$ cm 이고, 피실험자 모두 오른손을 주로 사용하였다.

## 2.2 실험방법

최대발휘근력의 측정은 Takei Kiki Kogto Co.에서 제조한 digital dynamometer를 이용하였다. 측정은 몸의 시상면을 중심으로 하여 양방향으로 0° ~ 90° 까지 30° 간격으로 각도당 3회씩 5초 동안의 정적인 들기 작업을 실시하였으며, 각도간 들기 작업 후 10분간의 휴식시간을 두어 피실험자의 피로도를 최소화하였다. 또한, 발의 위치는 0° 방향을 유지하고 하중의 위치변화에 따라 피험자가 가장 편한 자세로 실험을 실시하였다.

## 3. 실험결과

### 3.1 최대발휘근력

실험을 통하여 측정된 하중의 위치별 최대발휘근력은 표 1과 같으며, 하중의 위치에 따라 시계방향(+)은 약 17~30%, 반시계방향(-)은 약 11~21% 감소하였다. 하중의 위치와 방향이 최대발휘근력에 미치는 영향을 평가하기 위하여 분산분석을 하였다. 그 결과 표 2에서 나타난 바와 같이 하중의 위치에 대해서는 유의한 반면, 방향에 대해서는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

표 1. 하중의 위치에 따른 각도별 최대발휘근력

	피실험자1	피실험자2	피실험자3	피실험자4	피실험자5
90도	23.00	20.17	19.33	15.87	22.73
60도	25.33	23.40	19.87	16.90	25.47
30도	28.50	23.70	21.37	17.27	29.67
0도	34.13	28.20	25.80	23.13	32.47
-30도	29.93	25.80	24.27	19.27	29.50
-60도	27.63	23.67	23.73	19.20	27.67
-90도	24.63	22.90	21.03	19.30	25.10

주) + : 시계방향, - : 반시계방향

표 2. 최대발휘근력에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F	P
방향	1	24.1	24.1	1.629	0.210
하중의 위치	3	292.2	97.4	6.582	0.001*

(\* : p<0.05)

### 3.2 들기 지수를 만족하는 안전하중의 계산

본 연구의 실험자세에서의 권장무게한계(recommended weight limit)에 따른 들기 지수를 만족(LI<1)하는 하중을 계산하였다. 계산에 의한 안전하중은 약 7~11kg이며, 발휘근력은 피실험자간에 약간의 차이를 보였다. 표 3에서 나타난 바와 같이 피실험자 1이 가장 낮았으며, 특히 피실험자 4가 가장 높았다.

표 3. 하중 위치별 LI를 만족하는 %MVC

하중의 위치	피실험자1	피실험자2	피실험자3	피실험자4	피실험자5
	%MVC(%)	%MVC(%)	%MVC(%)	%MVC(%)	%MVC(%)
90도	31	38	36	40	30
60도	31	37	37	45	31
30도	32	38	40	51	33
0도	31	38	42	47	33
-30도	34	41	46	56	33
-60도	34	37	44	52	34
-90도	33	38	40	48	34

주) %MVC는 각도별 최대 근력을 기준으로 한 것임

## 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 하중의 위치에 따른 최대발휘근력 및 안전하중을 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 최대발휘근력은 하중의 위치에 따라 시계방향, 반시계방향 각각 약 17~30%, 11~21% 감소하였으며, 하중의 위치(각도)에는 유의한 반면, 방향에 대해서는 유의하지 않은 것으로 나타났다.
- 2) 본 연구의 실험자세에서 들기 지수를 만족하는 하중의 위치별 안전하중 및 발휘근력을 계산한 결과 안전하중은 약 7~11kg이며, 피실험자간의 차이는 있었지만 시계방향, 반시계방향 각각 35~38%, 38~39% 정도이었다.

Chang<sup>7)</sup>은 골반과 하지를 고정된 상태로 하중의 위치에 따른 최대발휘근력의 측정에서 위치와 방향 모두 유의하다고 하였지만, 고정을 하지 않고 실시한 본 실험에서는 방

향에 대해서는 유의하지 않았다.

그리고 들기 지수를 만족하는 하중의 위치별 안전하중을 계산한 결과 똑같은 무게를 취급하더라도 피실험자에 따라서 발휘되는 근력이 다르게 나타났는데, 이로부터 작업에 맞는 적절한 근로자의 선택이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- 1) Guangyan Li and Peter Buckle, Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risk, with emphasis on posture-based methods, *Ergonomics*, Vol.42, No.5, pp.674-695, 1999
- 2) A. Aaras, R. H. Westgaard and E. Strandén, Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations, *Ergonomics*, 31, pp.915-933, 1988
- 3) 이영석, 작업관련성 근골격계질환의 발생 관련요인에 관한 연구, 연세대학교 보건대학원, 석사학위, 2001
- 4) Sue Hignett and Lynn McAtamney, Rapid Entire Body Assessment(REBA), *Applied Ergonomics*, 31, pp.201-205, 2000
- 5) Lynn McAtamney and E Nigel Corlett, RULA : a survey method for in investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), pp.95-99, 1993
- 6) Osma Karhu, Pekka Kansil and Ilkka Kuorinka, Correcting working postures in industry : A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8.4, pp.199-201, 1977
- 7) 장성록, Psychophysical asymmetric load handling capacity, APSS 2001 : Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety, Vol.1, pp.141-144, 2001