

직접추정법에서 작업평가에 대한 기준작업 변화의 영향 연구

Effect of Different Standard Tasks on Task Rating in Direct Estimation

이 관 석, 지 영 래, 양 진 석

홍익대학교 산업공학과

Abstract

최대허용하중을 결정에는 여러가지 방법이 있지만, 그 중 특히 심리육체적 방법은 빈도수가 적고 반복적인 들기 작업을 평가하기 위해서 널리 사용되어 왔다. 하지만 이 방법은 작업방법의 조합이 많아질수록 최대허용하중을 결정하는데 걸리는 시간은 커지게 된다. 이를 단축시키기 위한 한가지 대안인 직접추정법은 일종의 비율 척도 (ratio scale)를 사용하여 자극과 주관적 평가를 연결시키는 방법으로서 넓은 범위의 자극에 대한 인간의 반응을 자극에 짧게 노출되더라도 정확하게 예측할 수 있는 정확한 수단인 것으로 보여진 바 있다.

이에 본 연구에서는 네 가지의 들기 빈도 (분당 1, 2, 4, 6 회)와 두 가지의 수직 이동거리 (Floor to Knuckle, Knuckle to Shoulder) 로 구성되는 8가지의 대칭적인 (symmetrical) 들기 작업에 대하여 심리육체적 방법과 기준작업을 달리한 직접추정법을 사용하여 최대허용하중을 결정하고 그 값들을 비교, 분석하였으며 이를 근거로 직접추정법의 기준변화에 따른 추정능력 정도에 대하여 검토하였다.

1. 서 론

계속되는 기술발전의 결과인 자동화, 기계화의 도입에도 불구하고 아직도 선후진국의 산업현장에서는 육체적인 작업 (MMH; manual materials handling)이 수행되고 있다. 이러한 MMH 작업이 작업자에 적합하지 않게 설계되는 경우 작업자는 상해를 입을 수 있는 바, 미국의 통계를 보면 MMH 작업으로 인한 근골격계 (musculoskeletal system) 부상이 전체 작업 관련 재해의 52%에 달하며, 연간 약 1000억 달러의 비용을 초래하고 있음을 알 수 있다 (Chaffin 1994). 특히 들기 작업은 MMH 작업의 대표적인 경우로서 드는 물건의 무게가 작업자에게 적합하지 않은 경우 재해의 발생 가능성이 높다고 하겠다. 그러므로 드는 작업시, 임의의 작업자 또는 작업자 그룹이 가장 적합하고 안전하게 들어 올릴 수 있는 최대허용하중 (MAWOL; maximum acceptable weight of lift) 을 결정하는 것이 드는 작업의 설계에 필수적인 요소로 대두되어 왔다.

일반적으로 최대허용하중을 결정에는 생體力學的 방법, 生理學的 방법, 心理肉體的 방법, 疫學的 방법 등이 사용되어 왔다. 이 중 특히 심리육체적 방법은 피실험자가 들기 작업을 하루 8시간 동안 수행하는데 있어 과도한 신체적 스트레스없이 수용가능한 최대허용하중을 약 20분에서 40분 정도의 시간내에서 결정하는 것으로서 비교적 정확한 수단으로 널리 사용되고 있다. 그 예로, 들기 빈도 4수준, 비대칭각도 4수준인 16가지 작업조건에 대한 최대허용하중을 심리육체적 방법으로 결정하는데는 8시간 정도가 소요되었다 (Chen et al. 1992).

이와 달리 최대허용하중을 결정하는데 걸리는 시간을 단축시키기 위한 한가지 대안인 직접추정법 (Direct estimation method)은 피실험자가 임의의 기준작업 (standard task)을 수행하고 이와 관련된 자극에 특정 비율이나 수치 (예: 100% 혹은 100)을 지정한 다음, 새로운 작업을 수행하고 기준작업과 비교하여 육체적 스트레스를 주관적으로 평가 (subjective rating)하는 방법을 일컫는다. 즉 일종의 비율 척도 (ratio scale)를 사용하여 자극과 주관적 평가를 연결시키는

방법으로서 넓은 범위의 자극에 대한 인간의 반응을 자극에 짧게 노출되더라도 정확하게 예측할 수 있는 정확한 수단인 것으로 보여진 바 있다 (Stevens 1975).

Chen et al. (1992)의 결과에 의하면 들기 빈도 분당 1회에서 정중면 (sagittal plane)과 30도, 60도를 이루는 비대칭 들어 올리기 작업에서 심리육체적 방법과 직접추정법간에는 통계적으로 유의한 차가 있었다. 특히 대칭적인 들기작업시 빈도 4회/분당 에서의 직접추정법이 심리육체적 방법의 결과와 유의한 차이가 있었다(이관석, 박희석 1995). 또한 기준작업설정에 관한 지침이 확실치 않다. 일반적으로 기준작업은 대개의 경우 Floor to Knuckle로 정하였는데 기준 작업을 바꾸었을 때도 정확성에 영향이 없는지에 관한 연구가 없었다.

이에 본 연구에서는 네 가지의 들기 빈도 (분당 1, 2, 4 6 회)와 두 가지의 수직 이동거리 (Floor to Knuckle, Knuckle to Shoulder) 로 구성되는 8 가지의 대칭적인 들기 작업에 대하여 심리육체적 방법을 통해 최대허용하중을 구하였다. 또한 Floor to Knuckle의 4가지 빈도를 각각 기준작업으로 설정한 한 집단과 Knuckle to Shoulder의 4가지 빈도를 각각 기준작업으로 한 또다른 집단을 대상으로 직접추정법을 사용하여 최대허용하중을 결정한 후, 그 결과치들을 심리육체적 방법의 결과치와 비교· 분석하여 이를 근거로 직접추정법의 기준변화에 따른 추정능력 정도에 대하여 검토하였다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

무작위로 선출된 16명의 홍익 대학교의 남자 대학생 (평균 연령 19.8 ± 1.1 세, 평균 신장 174.6 ± 4.9 cm, 평균 체중 66.9 ± 7.3 kg)이 본 실험에 참여하였다. 특히 과거 근육골격계 질환의 병력 (病歷)이 있었거나 현재 치료중인 자는 본 실험에서 제외되었다. 피실험자는 실험에 앞서 들기 작업, 실험 장비, 심리육체적 방법, 직접추정법 등에 관한 교육과 예비훈련을 60분동안 받았다.

2.2 실험 장비

2.2.1 들기/내리기 기구

학교에서 주문 제작한 것으로서 들거나 내림을 자동적으로 수행하며 규칙적인 반복시, 반복 속도의 조절이 가능하다. 수직이동거리의 범위는 최대 150cm, 작업빈도는 분당 0.2회-6회, 허용 무게는 최대 40Kg이며 1시간 동안 연속 동작할 수 있다.

2.2.2 공구 상자

산업 현장에서 흔히 사용되는 형태의 플라스틱 공구 상자로서 48cm * 38cm * 20cm 의 제원을 가진다. 상자안에다 물체를 넣거나 빼내서 무게를 자유롭게 조절할 수 있다.

2.3 실험 계획 및 절차

본 연구에서는 4 수준의 들기 빈도 (분당 1, 2, 4, 6회)와 2 수준의 수직 이동거리 (Floor to knuckle, Knuckle to shoulder)로 구성되는 8가지 들기 작업조건에 대한 평가가 수행되었다. 8가지 작업 조건 모두에 대하여 심리육체적 방법과 직접추정법이 적용되었다. 들기 작업의 그 외 작업조건은 고정되었다.

2.3.1 심리육체적 방법

본 실험에서는 피실험자가 들기 작업을 실제로 수행함에 있어 하루 8시간동안 정상적으로 작업함을 가정하였다. 드는 상자의 무게는 8시간 기준으로 자신에게 가장 적합하다고 느껴질 때까지 피실험자가 상자의 무게를 조절하도록 하였다. 8가지 들기 작업의 조건은 무작위로 제시되었으며, 실험간에는 피로의 방지를 위하여 적절한 휴식 시간을 주었다. 무게의 조정에는 각 실험 조건당 약 20분이 소요되었으며 본 실험은 하루내에 수행되었다.

2.3.2 직접추정법

본 실험은 심리육체적 방법에 의한 실험이 수행된 후, 피로에 의한 영향을 줄이기 위해 다른 날에 수행되었다. 피실험자 16명 중 8명씩 두 집단으로 나누었다. 그리하여 한 집단은 바닥~손잡이 높이(Floor to knuckle)까지 드는 작업 중 한 가지 작업빈도를 무작위로 정하여 이를 표준 작업(standard task)으로 기준하였다. 이와 마찬가지로 다른 한 집단은 Knuckle to shoulder까지 드는 작업 중 한 가지 작업빈도를 기준작업으로 정하였다. 즉, 각 집단은 무작위로 4번의 기준작업 각각에 대해서 직접추정법을 수행하였다.

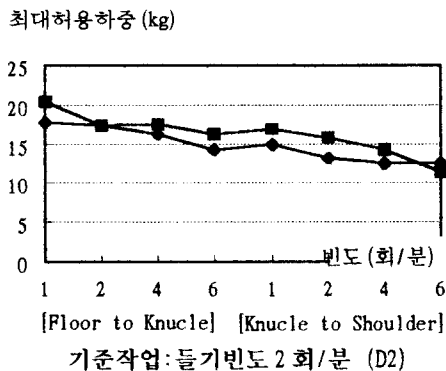
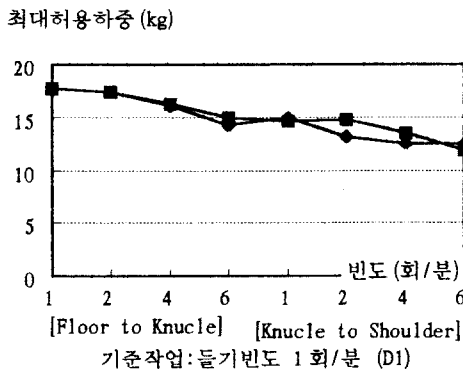
직접추정법하에서의 각 작업조건별 최대허용하중은 기준부하(기준작업의 최대허용하중)와 당 작업조건의 평가치(rating)을 아래식 (1)에 대입하여 산출되었다.

$$\text{최대허용하중 (kg)} = \text{BASE} \times \left[1 - \frac{(\text{RATING} - 100)}{100} \right] \dots\dots\dots (1)$$

3. 결과

3.1 심리육체적 방법과 직접추정법에 의한 최대허용하중 결정

8가지 작업조건을 각각 심리육체적 방법과 직접추정법을 사용하여 구해진 최대허용하중 값의 평균치가 <그림1> <그림2>에 나타나있다. 직접추정법에 의한 작업평가치(task rating scores)의 피실험자간 일관성에 대한 분석 결과, 피실험자간에 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다.



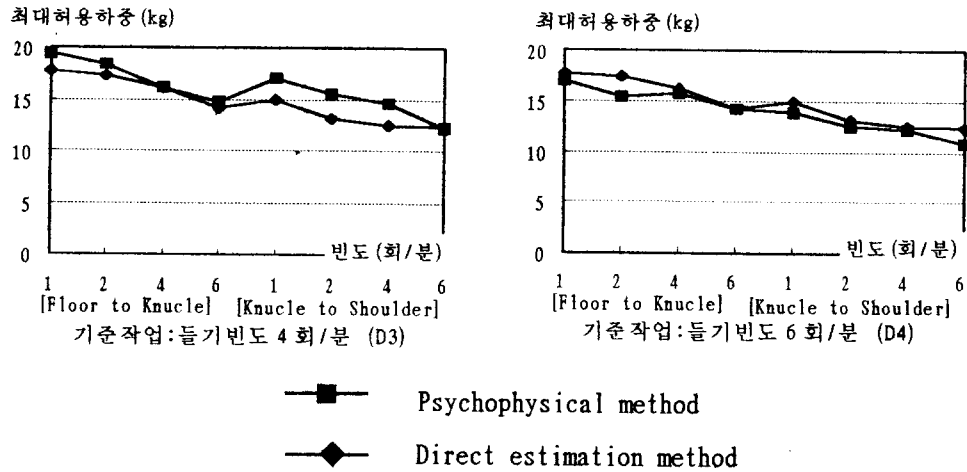


그림 1. Floor to Knuckle에서의 기준작업 변화에 따른 심리육체적 방법과 직접추정법에 의한 MAWOL의 평균치 비교

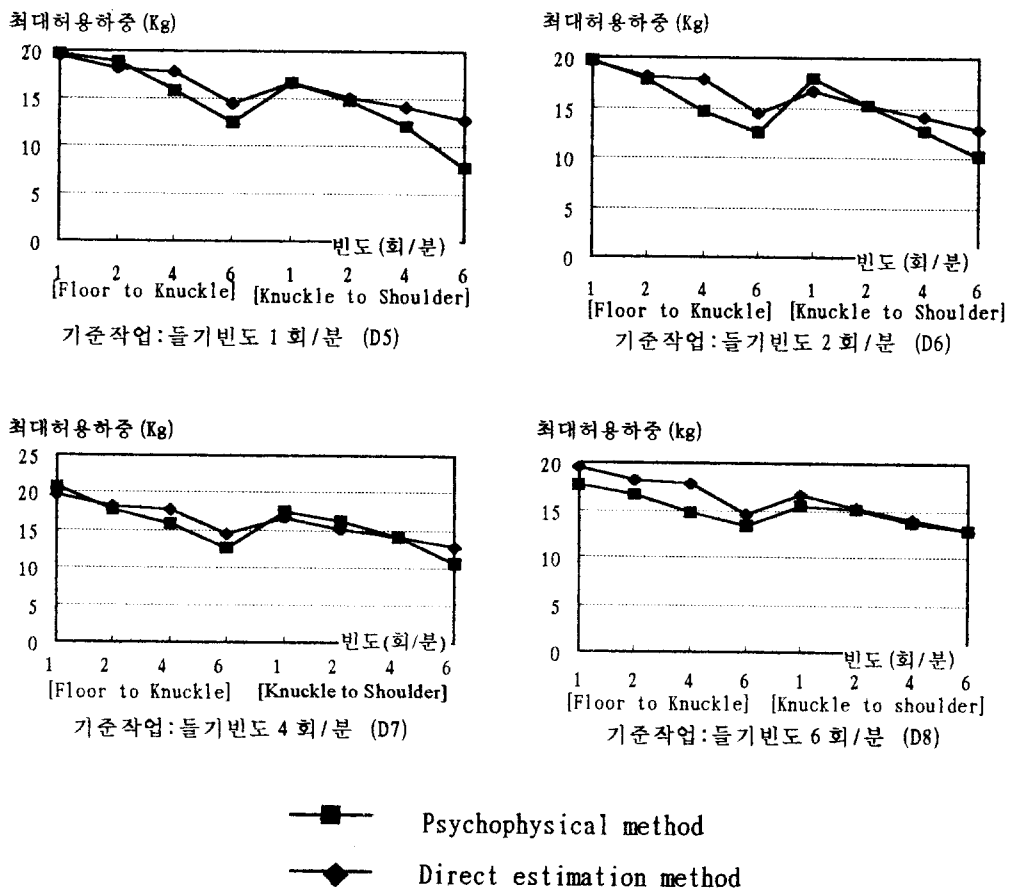


그림 2. Knuckle to Shoulder에서의 기준작업 변화에 따른 심리육체적인 방법과 직접추정법에 의한 MAWOL의 평균치 비교

평가치 데이터를 앞장에서 서술된 식 (1)을 사용하여 최대허용하중치로 환산한 결과치에 대하여 분산분석을 실시한 결과, 단지 들기 빈도만이 유의한 것으로 나타나, 심리육체적 방법과 동일한 결과를 얻었다.

3.2 심리육체적 방법과 기준작업이 다른 직접추정법의 비교

심리육체적 방법과, 기준작업(8수준)을 달리한 직접추정법에 의하여 얻어진 최대허용하중간의 비교를 실시하였다. 한 집단은 Floor to Knuckle에서의 작업(4수준)중 한 가지를 기준작업으로 삼았고, 다른 한 집단은 Knuckle to Shoulder에서의 작업(4수준)중 한 가지를 기준작업으로 삼아 직접추정법을 수행하였다. 심리육체적 방법과, 기준작업을 달리한 직접추정법간의 최대허용하중의 차이에 대하여 쌍체비교분석을 수행한 결과는 <표1>에 나타나 있고, Floor to Knuckle 작업에서는 들기빈도 1회/분당 기준작업이, Knuckle to Shoulder작업에서는 들기빈도 4회/분당 기준작업으로 추정된 최대허용하중이 심리육체적 방법에 의한 결과치에 가장 근접하였다.

표1. 심리육체적인 방법과 기준작업을 달리한 직접추정법간의 최대허용하중의 차이에 대한 쌍체비교분석 결과치

Direct estimation	Mean	Std Error	T	Prob > T
D1	-0.31	0.525	-0.592	0.5559 *
D2	-1.38	0.461	-2.987	0.0040
D3	-1.19	0.297	0.297	0.0002
D4	0.84	0.434	1.926	0.0587
D5	1.14	0.534	2.141	0.0361
D6	1.02	0.534	1.907	0.0611
D7	0.42	0.489	0.862	0.3921 *
D8	1.15	0.453	2.533	0.0138

4. 결론 및 토의

본 실험에서는 직접추정법에서 기준작업을 달리하였을 경우, 심리육체적 방법에 의한 MAWOL과 비교하여 어떤 영향을 미치는지 연구하였다. 한 집단은 Floor to Knuckle에서의 작업(4수준)중 한 가지를 기준작업으로 삼았고, 다른 한 집단은 Knuckle to Shoulder에서의 작업(4수준)중 한 가지를 기준작업으로 삼아 직접추정법을 수행하였다. 심리육체적 방법과, 기준작업을 달리한 직접추정법간의 최대허용하중의 차이에 대해 비교분석한 결과, Floor to Knuckle 작업에서는 들기빈도 1회/분당 기준작업이, Knuckle to Shoulder작업에서는 들기빈도 4회/분당 기준작업으로 추정된 최대허용하중이 심리육체적 방법에 의한 결과치에 가장 근접하였다. 하지만, 기준작업 변화에 따라 직접추정법의 추정능력(범위) 정도가 각각 다르기 때문에 기준작업 선정에 신중을 기하여야 한다. 따라서 추후에는 어떤 기준작업이 가장 추정능력이 뛰어난지 8가지수준의 모든 방법을 기준작업으로 삼아 실험을 수행하는 것이 필요하리라 본다.

參 考 文 獻

- [1] Aghazadeh, F., Lee, K. S., Waikar, A.M. (1988) Utilization of direct estimation method to determine the effects of task variables on the capacity to lift loads. Proceeding of the Human Factors Society - 32nd Annual Meeting.
- [2] Aghazadeh, F., Lu, H. (1993) Determination of the maximum acceptable weights of lifting and lowering using the direct estimation method. Proceedings of the Human Factors Society - 37th Annual Meeting.
- [3] Ayoub, M. M., Bethea, N. J., Deivanayagam, S., Asfour, S.S., Bakken, G. M., Lies, M. S., Mital, A., and Sherif, M., 1978, Determination and modeling of a lifting capacity, Final Report, DHEW (NOISH) Grant Nos. IRO10H00545-01SOH AND 5R00H0054-02.
- [4] Chen, F., Aghazadeh, F., Lee, K. S. (1992) Utilization of direct estimation method to predict the maximum acceptable weight of symmetrical and asymmetrical lift. In: Proceeding of the Human Factors Society 36th Annual Meeting, pp 679-683.
- [5] D.B. Chaffin (1994), Computerized biomechanical models for high exertion manual jobs. In: Proceedings of The 3rd Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, pp 1-15
- [6] Gamberale, F. 1985, The perception of exertion, Ergonomics, 28, 289-208
- [7] Mital, A. 1983, The psychophysical approach in manual lifting - a verification study, Human Factors, 25, 485-491
- [8] Mital, A. 1984, Maximum weights of lift acceptable to male and female industrial workers for extended work shifts, Ergonomics, 27, 1115-1126.
- [9] Morrissey, S. J., Bittner, A. C., JR., and Arcangeli, K. K. (1990). Accuracy of a ratio-estimation method to set maximum acceptable weights in complex lifting tasks. International Journals of Industrial Ergonomics, 5, pp 169-174.
- [10] National Institute for Occupational Safety and Health, *Work Practices Guide for Manual Lifting*, DHHS Publication NO. 81-1222, American Industrial Hygiene Assoc; Akron, OH, 1981.
- [11] Snook, S. H. and Irvine, C.H. 1967, Maximum acceptable weights of lifts, American Industrial Hygiene Association Journal, 28, 322-329.
- [12] Snook, S. H. and Irvine, C. H. 1968, Maximum of lift acceptable to male industrial workers, American Industrial Hygiene Association Journal, 29, 531-536.
- [13] Snook, S. H. 1978, The design of manual handling tasks, Ergonomics, 21, 963-985.