

수작업의 반복성 평가 척도 및 측정 방법 분석

An Analysis of Repetitiveness Assessment Measures and Measurement Methods for Hand Intensive Tasks

권오채, 선미선, 유희천

포항공과대학교 기계산업공학부

ABSTRACT

반복성의 평가는 수작업으로 인해 발생 가능한 근골격계 질환의 위험정도를 분석하기 위한 중요한 부분이다. 본 연구에서는 수작업의 반복성 평가에 사용되어지는 평가 척도들과 측정 방법들을 분석하였다. 이를 위해, 기존 수작업의 반복성 연구에서 사용되어진 여러 가지 평가 척도와 측정 방법들을 조사하여 공통 요소들을 추출하였다. 결과적으로 반복성의 평가 척도들은 시간, 빈도수, 그리고 속도 측면에서 분석되었으며, 이에 따라 관련된 측정 방법들은 주관적 측정법과 객관적 측정법으로 분류되었다. 마지막으로 실험연구나 현장적용 시 반복성의 평가 척도 및 측정 방법들의 특성을 파악하기 위한 8개의 항목(정확성, 신뢰성, 민감성, 강건성, 간섭성, 효율성, 사용용이성, 적용범위)을 선정하였다.

1. 서론

수작업이란 산업 현장과 일상 생활에서 손으로 행해지는 작업을 의미하는데, 산업 현장에서의 수작업으로 인한 피해 사례는 산업의 자동화에도 불구하고 줄어들지 않고 있는 실정이다. 실제로 국내의 1999년 산업재해통계에 따르면, 수작업이 주를 이루는 제조업과 건설업에서의 사고율이 전체 산업사고율의 약 90%를 차지하고 있으며, 특히 손가락, 손목, 팔 등의 상지와 관련된 부상사고는 전체 부상사고 중 40%를 차지하고 있다 (KOSHA, 2002).

수작업의 주기적인 성질을 나타내는 반복성은 수작업으로 인한 손가락, 손목, 팔 등 상지에 발생하는 부상사고의 주된 원인 중 하나이다. 반복성

의 문제는 과도한 힘의 사용이나 극심한 관절의 움직임 등의 문제와 더불어 수작업의 가장 위험한 요인으로 알려져 있다 (Putz-Anderson, 1988; NIOSH, 1997).

이러한 수작업의 반복성 연구는 지금까지 많이 수행되어져 왔다. 그러나, 기존의 연구들은 반복성 평가를 위해 오로지 한 종류의 평가 척도만을 사용하거나 또는 두 종류 이상의 평가 척도나 측정 방법들을 비교한 것이 대부분이다. 즉, 수작업 반복성의 평가방법에 대한 체계적인 분석이나 분류 등의 기준을 제시한 연구는 없었다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 수작업 반복성 평가에 사용되어진 방법들을 기준으로 반복성의 평가 척도 및 측정 방법들을 분석하여 체계적으로 분류·정리하였다. 또한, 평가 척도와 측정 방법들

을 수작업의 반복성 평가 연구에 적용 시 고려되어야 하는 특성들을 파악하기 위하여 특성파악 항목들을 개발하였다.

2. 반복성 평가 척도

반복성의 평가 척도라 함은 반복성을 평가함에 있어 기준이 되는 요소를 의미한다. 예를 들어, 전체 작업 시간 (Babski and Crumpton, 2002; Juul-kristensen et al., 2001; Ketola et al., 2001), 손목 관절의 사용 횟수 (Carey and Galloway, 2002; Spieholz et al., 2001; Hansson et al., 2000) 등이 있다.

본 연구에서는 반복성의 평가 척도들을 분석하기 위해 기존 연구의 문헌 조사를 통해 지금까지 주로 사용해 오고 있는 척도들을 기준으로 선정하였다. 결과적으로 반복성의 평가 척도들은 시간(time), 빈도수(frequency), 그리고 속도(speed) 3가지의 대분류를 중심으로 11가지 중분류와 28가지 소분류로 구분되었다(표 1 참조).

먼저, 시간과 관련된 척도들의 중분류로는 작업(work) 시간, 휴식(rest) 시간, 그리고 작업시간과 휴식시간의 비율(w/r ratio)이 선정되었다. 6가지의 소분류는 중분류와 관련되어 반복성을 평가할 수 있는 세부 항목들이다.

두번째, 빈도수와 관련된 척도들은 작업 횟수, 몸 동작(body movement) 횟수, 관절 운동(joint motion) 횟수, 힘 적용(force exertion) 횟수가 중분류를 구성하였다. 소분류는 중분류의 세부 항목들로 수작업의 반복성 평가에 사용되어질 수 있다.

마지막으로 속도와 관련된 척도들은 빈도수와 동일하게 사용되어질 수 있다. 즉, 작업 속도, 몸 동작 속도, 관절 운동 속도 및 힘 적용 속도의 중분류가 있으며, 빈도수의 세부항목과 동일한 11가지의 소분류가 있다.

표 1. 반복성의 평가 척도 분류

대분류	중분류	소분류
시간 (Time)	작업(Work)	전반적(Overall) 근본적(Fundamental)
	휴식(Rest)	작업 내(Within task) 작업 간(Between tasks)
	W/R 비율 (ratio)	전반적(Overall) 근본적(Fundamental)
빈도수 (Frequency)	작업(Work)	전반적(Overall) 근본적(Fundamental)
	몸 동작(Body movement)	손가락(Finger) 손과 손목(Hand and wrist) 손과 팔(Hand and arm)
	관절 운동 (Joint motion)	손가락(Finger) 손목(Wrist) 팔꿈치(Elbow) 어깨(Shoulder)
	힘 적용(Force exertion)	Power Pinch
속도 (Speed)	작업(Work)	전반적(Overall) 근본적(Fundamental)
	몸 동작(Body movement)	손가락(Finger) 손과 손목(Hand and wrist) 손과 팔(Hand and arm)
	관절 운동 (Joint motion)	손가락(Finger) 손목(Wrist) 팔꿈치(Elbow) 어깨(Shoulder)
	힘 적용(Force exertion)	Power Pinch

3. 반복성 측정 방법

반복성의 측정 방법은 반복성 평가에 기준이 되는 평가 척도의 측정을 위한 방법을 의미한다. 스톱워치 (Babski and Crumpton, 2002; Ketola et al., 2001)나 비디오 (Juul-kristensen et al., 2001; Spieholz et al., 2001), electrogoniometer (Carey and Galloway, 2002; Hansson et al., 2000) 등이 반복성을 측정할 때 주로 사용되는 측정 방법들이다.

본 연구에서는 반복성 측정 방법을 분석할 때, 평가 척도 분석 시와 마찬가지로 기존 연구의 문헌 조사를 통해 지금까지 주로 사용해 오고 있는 방법들을 기준으로 조사하였다.

그 결과, 수작업과 관련된 반복성의 측정 방법들은 크게 객관적(objective) 측정법과 주관적(subjective) 측정법으로 분류되었다. 또한, 객관적 측정법은 전통적(conventional)인 방법과 전자적(electronic)인 방법으로 구분하였으며, 주관적 측정법은 범주(category)형 방법과 비율(ratio)형 방법으로 나누었다. 본 연구에서 분류된 반복성 측정 방법의 자세한 내용은 표 2와 같다.

4. 평가 척도/측정 방법의 특성파악

실험 연구나 현장 적용 시 반복성의 평가에

사용되어지는 평가 척도와 측정 방법은 수작업의 특성이나 평가 목적에 따라 선택적으로 사용되어야 한다. 이를 위해 평가 척도와 측정 방법들의 특성분석이 선행되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 반복성의 평가 척도 및 측정 방법들의 특성을 파악하기 위하여 표 3과 같은 8개의 특성파악 항목들을 선정하였다. 특히, 이 항목들은 일반적으로 정확성(accuracy), 신뢰성(reliability), 민감성(sensitivity), 효율성(efficiency), 사용 용이성(ease of use), 적용 범위(applicability), 간섭성(interference), 강건성(robustness)의 순서로 반복성 평가에 중요한 기준이 된다.

표 2. 반복성의 측정 방법 분류

대분류	소분류	설 명	예
객관적(Objective) 측정법	전통적(Conventional) 방법	반복성의 측정에 전통적으로 사용되어지던 고전적인 방법	Stopwatch, Video
	전자적(Electronic) 방법	전자적인 시스템을 이용하여 반복성을 측정하는 방법	Electrogoniometer, Electromyography (EMG)
주관적(Subjective) 측정법	범주(Category)형 방법	여러 가지 반복성의 범주 중 한 값을 선정하는 방법	Rating index
	비율(Ratio)형 방법	일정한 비율구간 내에서의 한 값을 선정하는 방법	Visual analogue scale (VAS)

표 2. 반복성 평가 척도 및 측정 방법들의 특성파악 항목

우선순위	항 목	설 명
1	정확성(Accuracy)	정량적인 결과값이 얼마나 정확할 수 있는가의 정도
2	신뢰성(Reliability)	반복적으로 측정된 결과값의 차이가 얼마나 있는가의 정도
3	민감성(Sensitivity)	측정한 결과값이 얼마나 상세 단위까지 나올 수 있는가의 정도
4	효율성(Efficiency)	결과값을 얻기까지 어느 정도의 시간과 비용이 필요한가의 정도
5	사용 용이성(Ease of use)	실험준비에서 실험, 분석에 이르기까지 실험자나 피실험자가 사용하기에 얼마나 쉬운가의 정도
6	적용 범위(Applicability)	사용 방법이 얼마나 다양한 분야에 사용될 수 있는가의 정도
7	간섭성(Interference)	결과값이 작업의 특성에 얼마나 영향을 받는가의 정도
8	강건성(robustness)	결과값이 측정 환경에 얼마나 영향을 받는가의 정도

5. 결론

본 연구에서는 수작업의 반복성 평가에 사용되는 평가 척도들과 측정 방법들을 분석·분류하고, 이들의 특성을 파악하기 위한 기준들을 제시하였다.

이를 위해, 기존 수작업의 반복성 연구에서 사용되어진 여러 가지 평가 척도와 측정 방법들을 조사하여 공통 요소들을 추출하였다. 결과적으로 반복성의 평가 척도들은 시간, 빈도수, 그리고 속도 측면에서 분류되었으며, 관련된 측정 방법들은 주관적 측정법과 객관적 측정법으로 구분되었다. 마지막으로 실험연구나 현장적용 시 반복성의 평가 척도 및 측정 방법들의 특성을 파악하기 위한 8개의 기준을 선정하였다.

본 연구의 결과는 수작업의 특성에 적합한 반복성의 평가 방법을 적용할 수 있음으로 인해 수작업의 반복성 평가에 있어 시간, 비용 등 제반 문제뿐만 아니라 실험결과에서도 좋은 결과를 보장할 수 있는 인간공학적 적용지침이 될 수 있을 것이다.

참고 문헌

한국산업안전공단 (KOSHA), 산업재해통계.

Retrieved September 2, 2002, from
<http://www.kosha.or.kr/>

Babski-Reeves, K.L., and Crumpton-Young, L.L.,

"Comparisons of measures for quantifying repetition in predicting carpal tunnel syndrome," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30, 1-6, 2002.

Carey, E.L., and Gallway, T.J., "Effects of wrist posture, pace and exertion on discomfort," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29, 85-94, 2002.

Hansson, G.A., Balogh, I., Ohlsson, K., Palsson, B., Rylander, L., and Skerfving, S., "Impact of physical exposure on neck and upper limb disorders in female workers," *Applied Ergonomics*, 31, 301-310, 2000.

Juul-kristensen, B., Hansson, G.A., Fallentin, N., Andersen, J.H., and Ekdahl, C., "Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements," *Applied Ergonomics*, 32, 517-524, 2001.

Ketola, P., Toivonen, R., and Viikari-Juntura, E., "Interobserver repeatability and validity of an observation method to assess physical loads imposed on the upper extremities," *Ergonomics*, 44(2), 119-131, 2001.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Musculoskeletal Disorders (MSDs) and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back, Second Printing*, 1997.

Putz-Anderson, V., *Cumulative Trauma Disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. Taylor & Francis: New York, 1988.

Spieholz, P., Silverstein, B., Morgan, M., Checkoway, H., and Kaufman, J., "Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors," *Ergonomics*, 44(6), 588-613, 2001.