Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 3 pp.53-60, August 2008

워크샘플링 장면과 극단치 작업장면의 작업평가 결과 비교*

신 충 규 · 정 병 용

한성대학교 산업시스템공학과

Comparison of Task Assessment Results between Work Sampling Scenes and Extreme Task Scenes

Chung Kyu Shin, Byung Yong Jeong

Department of Industrial Systems Engineering, Hanaung University, Seoul, 136-792

ABSTRACT

The work-related musculoskeletal disorders have constantly increased since it became an issue in 1996. In 2002, the Government established the risk factors analysis system in order to prevent musculoskeletal disorders. The proclamation by the Ministry of Labor defined eleven spheres of work associated with musculoskeletal disorders. As a result, business proprietors, who have workers engaged in tasks associated with musculoskeletal disorders, are required to conduct the risk factor analysis on a regular basis every three years. However, numerous issues have been raised while carrying out the risk factor analysis in various industries. One of the issues is that even though work sampling is an ideal method in risk factor analysis, most cases have selected extreme task postures, which is judged by an expert, due to limited time. This study will propose the desired direction of the risk factor analysis by comparing task assessment results between work sampling scenes and extreme task scenes.

Keyword: Work Sampling, OWAS, RULA, REBA

1. 서 론

산업현장에서 발생하는 근골격계질환의 예방을 목적으로 정부에서는 2002년 12월에 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치) 제1항 5호에 '단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해'를 신설하였으며, 근골격계부담작업에 근로자를 종사하도록 하는 사업장들은 산업보건기준에 관한 규칙 9장에 의하여 3년마다 유해요인조사를 정기적으로 실시하도록 하였다(한국산업안전공단, 2003).

유해요인조사 제도에 따라 3년마다 정기 유해요인조사를 실시해야 하는 사업장들은 근골격계부담작업의 선정이나 유해요인조사 실시 등과 관련하여 크고 작은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 현재 논란이 되고 있는 문제점들은 유해요인조사의 근간이 되는 근골격계부담작업의 정의 및 적용에서 현행 11가지 항목의 확대(이창민 등, 2005), 부담작업의 판정에 관한 어려움(김현호 등, 2006; 박국무 등, 2006), 작업평가의 다양성과 적용의 어려움(기도형 등, 2005, 박재희 등, 2006) 등이 있다. 그러나, 현행 유해요인조사 제도에 관하여 체계적으로 문제점을 분석하고 정리하

*본 연구는 2008년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임.
교신저자: 정병용
주 소: 136-792 서울시 성북구 삼선동 3가 389, 전화: 02-760-4122, E-mail: byjeong@hansung.ac.kr

여 향후 제도 개선이나 보완에 기여할 수 있는 연구는 부족한 편이다.

유해요인조사 시 사용하는 작업평가도구인 OWAS, RULA, REBA는 개발 배경의 차이로 인한 적용 대상, 특성, 평가 정확도 등에서 차이가 있는 것으로 언급되고 있다(한국산업안전공단, 2003; 이인석, 2003). 유해요인조사에서 작업평가를 위하여 조사자들은 주로 OWAS(Karhu et al., 1977), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA(Hignett and McAtamney, 2000) 등을 이용하고 있다(박재희 등, 2006). 미국내의 인간공학 전문가(CPE)들을 대상으로 한 조사에서도, 전문가들은 작업부하 평가나 재해보상 평가 과정에서 RULA 56.1%, OWAS 21.4%, REBA 17.9% 순으로 사용하고 있다고 보고된 바 있다(Dempsey et al., 2005).

작업평가에서 작업장면을 일정시간 동안 촬영하고 이로부터 작업장면을 샘플링하여 작업부하 평가를 수행하는 것이 일반화되어 있지만(Corlett et al., 1979; Karhu et al., 1977; Shuvala and Donchin, 2005; Vedder, 1998), 국내 유해요인조사에서 워크샘플링에 의하여 단위작업의 유해도를 평가하는 연구는 제한적으로 이용되고 있다(오순영 등, 2004; 이창민 등, 2005). 국내 유해요인조사에서는 시간적, 비용적 한계 때문에 주로 극단치를 이용한 분석이 수행되고 있다. 특히, 많은 작업내용을 짧은 시간 동안에 조사하는 데는 극단적인 작업자세를 추출하여 위험요인을 도출하고 개선항목을 도출하는 방법이 현실적으로 이용되고 있으며(박재희 등, 2006), 이로 인해 극단적인 작업장면의 평가만으로는 작업장면의 분포 등을 반영하지 못한다는 논란이 야기되고 있다(정병용, 2007).

따라서, 본 연구는 작업평가에서 논란이 되고 있는 극단치 작업장면의 선택이 샘플링 방법에 의한 평가와 어떤 차이가 있는가를 비교하여 유해요인조사제도의 기본자료를 제공하는데 목적이 있다. 즉, 극단치 작업장면의 선택이 샘플링 방법에 근거한 분석과 얼마나 차이가 존재하는가를 비교하여, 작업평가 방법의 사용에 관한 지침을 제공하는데 목적이 있다.

2. 연구방법

2006년도에 요양 승인된 근골계질환의 54.6%는 제조업에서 발생하였으므로(산업안전공단), 본 연구에서는 대규모 제조업체의 전체 공정을 대상으로 작업내용이 다른 40개의 정형작업을 단위작업으로 선정하여 연구 대상으로 선정하였다. 40개의 단위작업은 컨베이어라인과 셀(cell)라인의 공정을 포함하여 물류, 조립, 검사, 포장 공정에서 선정하였다. 즉 제조현장에서 나타날 수 있는 작업유형을 미리 공정별로 파악하고 공정별로 다른 특성을 갖는 작업을 선별하여 다양성을 확보하도록 노력하였다. 20개의 작업은 컨베이어 작업, 나머지 20개의 작업은 셀 형태의 작업이었으며, 컨베이어작업은 21.0초(표준편차: 6.415), 셀 형태의 작업은 148.2초(표준편차: 21.681)의 평균 작업주기시간을 가지고 있다. 40개의 단위작업은 연구 대상 업체의 구성 인력 비율을 중심으로 물류(2 작업), 조립(29 작업), 검사(6 작업), 포장(3 작업)으로 구성되었다.

각 단위작업은 캠코더를 이용하여 약 10분간 촬영하였으며, 촬영한 작업은 작업 분석을 위해 작업의 형태를 잘 나타내는 3 사이클의 작업주기를 선택하였다. 선택된 3주기 동안의 작업내용을 분석하기 위해 샘플링 방법과 극단치 방법으로 작업장면을 추출하여 비교하였다. 샘플링 방법은 각 단위작업에서 3주기 동안의 작업내용을 60장면으로 등간격으로 샘플링하여 분석하였다. 극단치 방법은 분석자가 3주기 동안의 작업내용 중에서 힘들어 보이는 3개의 작업장면을 선택하여 분석하였다. 선정한 각 단위작업의 작업장면들은 인간공학적 작업부하 평가도구인 OWAS와 RULA와 REBA를 이용하여 작업 분석을 실시하였다.

본 연구에서는 샘플링 방법과 극단치 장면 선택에 따른 비교를 위하여 평가 결과값의 평균과 분포를 비교하였다. 두 방법에 대한 비교는 각 단위작업평가 결과 비교와 전체 40개 작업평가 결과의 비교로 나뉜다. 단위작업평가 결과에 대한 비교는 단위작업 각각의 작업장면 60장면과 극단치 작업장면 3장면의 특성을 비교한다. 전체 평가 결과에 대한 비교는 40개 단위작업에 대한 전체 장면들을 대상으로 샘플링 방법과 극단치 방법의 특성을 비교한다.

3. 연구 결과

3.1 분석작업의 특성

표 1은 본 연구의 분석 대상인 40개 작업들에서 나타난 총 2400 작업장면에 대한 OWAS, RULA, REBA의 작업평가 결과의 분포를 나타낸 것이다.

표 1. OWAS, RULA, REBA의 작업평가 결과 분포

등급	OWAS 점유비율	RULA 점유비율	등급	REBA 점유비율
1	83.4%	16.0%	0	48.8%
2	15.9%	73.5%	1	36.1%
3	0.5%	9.5%	2	14.5%
4	0.1%	1.0%	3	0.6%

표 1에서 보면 전신동작 측면에서 자세위주의 평가를 위하여 OWAS와 REBA에 의하여 작업평가를 한 결과 OWAS는 1등급이 83.4%, 2등급이 15.9%, 3등급이 0.5%, 4등급이 0.1%로 나타났으며, REBA의 등급분포를 살펴보면 0등급에 48.8%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 1등급이 36.1%, 2등급이 14.5%, 3등급이 0.6%로 나타났고, 4등급은 나타나지 않았다. 상체위주의 평가인 RULA의 등급분포를 살펴보면 2등급에 73.5%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 2등급이 16.0%, 3등급이 9.5%, 4등급이 1.0%로 나타났다.

연구 대상 작업들의 작업자세 분포를 파악하기 위하여 OWAS 분류법 의하여 작업 분포를 조사하였다. OWAS 분류표에서 허리, 팔, 무게 코드(code)는 코드 숫자가 높아지면 불편도도 높아지는 서열척도에 해당하지만 기존 평가코드의 다리 항목은 분류 코드의 코드가 커질수록 부하가 커지는 서열척도로 볼 수 없다. 이런 문제를 해결하기 위해 허리, 팔, 무게 코드를 고정시켜 놓고 7종류의 다리 코드의 변화에 따른 판정값의 변화와 REBA의 다리 자세를 가지고 비교하여 부하의 크기를 비교 검토한 결과, OWAS 기존의 분류 코드 1-2-3-4-5-6-7를 1-2-7-3-4-5-6으로 변환하여 새로운 순서를 부여하는 서열척도로 만들었다(표 2).

표 2. 다리 부위의 수정된 OWAS 분류 코드

수정된 코드	기존의 코드	자세 설명
1	1	앉은 자세
2	2	두 다리를 펴고 선 자세
3	7	걷기
4	3	한 다리로 선 자세
5	4	두 다리를 구부린 선 자세
6	5	한 다리로 서서 구부린 선 자세
7	6	무릎 꿇는 자세

표 3은 OWAS의 평가 부위별 결과의 분포를 나타낸 것이다. 허리 부위는 곧 바로 편 자세가 71.5%로 가장 높게 나타났으며, 허리를 굽힌 자세(12.4%), 옆으로 비튼 자세(13.1%) 순으로 나타났다. 팔 부위는 양손을 어깨 아래로 내린 자세가 97.9%로 대부분을 차지하였으며, 무게는 10kg 미만이 99.1%로 가장 높게 나타났다. 다리 부위는 두 다리를 펴고 선 자세가 86.0%로 가장 높게 나타났고, 다리 자세는 기존의 코드 1-2-3-4-5-6-7을 1-2-7-3-4-5-6으로 변환하여 새로운 순서를 부여하여 수정된 코드를 사용하여 작성하였다. 다리 자세의 분포는 두 다리를 펴고 선 자세가(86.0%)로 제일 많았고, 무릎을 꿇는 자세(6.2%), 한 다리로 서서 구부린 자세(4.3%) 순으로 나타났다.

표 3. OWAS 부위별 평가점수

평가 부위	평가 code	설 명	점유비율 (%)
허리	1	곧 바로 편 자세	71.5%
	2	굽힌 자세	12.4%
	3	옆으로 비튼 자세	13.1%
	4	굽히고 비튼 자세	3.0%
팔	1	양손 어깨 아래 자세	97.9%
	2	한 손 어깨 위 자세	1.4%
	3	양손 어깨 위 자세	0.7%
다리	1	앉은 자세	2.5%
	2	두 다리를 펴고 선 자세	86.0%
	3	걷기	0.6%
	4	한 다리로 선 자세	0.3%
	5	두 다리를 구부린 선 자세	0%
	6	한 다리로 서서 구부린 선 자세	4.3%
	7	무릎 꿇는 자세	6.2%
무게	1	10kg 미만	99.1%
	2	15kg 미만	0.3%
	3	15kg 이상	0.6%

표 1과 표 3의 작업평가 결과를 검토하여 볼 때 연구 대상으로 선정된 40개 평가작업들은 상체위주의 작업평가에서 개선이 필요한 작업이 10% 정도 나타나는 전형적인 정형작업의 특성을 나타내는 작업으로 구성되어 있음을 볼 수 있다.

3.2 개별 단위작업별 평가 결과 비교

3.2.1 평균 비교

단위작업별로 샘플링 방법에 의한 60개의 작업장면과 극단치 작업장면 3장의 평가항목별 평균값에 유의적인 차이가 있는가를 t-검정에 의하여 조사하였다.

표 4는 단위작업별 샘플링 방법과 극단치 방법의 작업장면에 대한 OWAS, RULA, REBA 평가항목별 평균에 유의적인 차이가 존재하는 단위작업의 비율을 조사하여 나타낸 것이다.

표 4에서 보면 단위작업별 OWAS 평가 결과에 대한 t-검정에서 허리는 92.3%, 팔은 82.6%, 다리는 65.5%, 무게는 70.0%, 목은 74.4%, 종합등급 판정에선 97.1%가 샘플링 방법과 극단치 방법간의 평균에 유의적인 차이가 존재하는 것으로 나타났다. RULA 평가 결과에서도 허리(100%), 목(90.0%), 다리(66.7%), 어깨(92.5%), 팔꿈치(85.0%), 손목(52.0%), 근육(77.8%), 중량(88.9%), 총점수(100%),

표 4. 단위작업별 샘플링 방법에 따른 평균에 차이가 존재하는 비율의 비교

OWAS		RULA		REBA	
허리	92.3%	허리	100%	허리	100%
팔	82.6%	목	90.0%	목	80.0%
다리	65.5%	다리	66.7%	다리	68.2%
무게	70.0%	어깨	92.5%	어깨	92.5%
목	74.4%	팔꿈치	85.0%	팔꿈치	90.0%
		손목	52.0%	손목	54.2%
		근육	77.8%	중량	71.4%
		중량	88.9%	손잡이	88.0%
		총점수	100%	총점수	100%
등급	97.1%	등급	100%	등급	100%

종합등급(100%)에서 샘플링 방법과 극단치 방법간의 평균에 유의적인 차이가 존재하는 것으로 나타났다. REBA 평가 결과에서도 허리(100%), 목(80.0%), 다리(68.2%), 어깨(92.5%), 팔꿈치(90.0%), 손목(54.2%), 중량(71.4%), 손잡이(88.0%), 총점수(100%), 종합등급(100%)에서 샘플링 방법과 극단치 방법간의 평균에 유의적인 차이가 존재하는 것으로 나타났다.

3.2.2 분포 비교

극단치 장면이 샘플링 장면의 분포에서 어느 정도의 위치에 있는가를 평가항목별로 조사하기 위하여 40개의 단위작업별로 극단치 작업장면 3장의 작업평가 결과에 대한 평균이 60개의 샘플링 장면에 대한 작업평가 결과의 분포에서 어느 위치에 있는가를 백분위수(%tile)로 나타내었다 (그림 1).

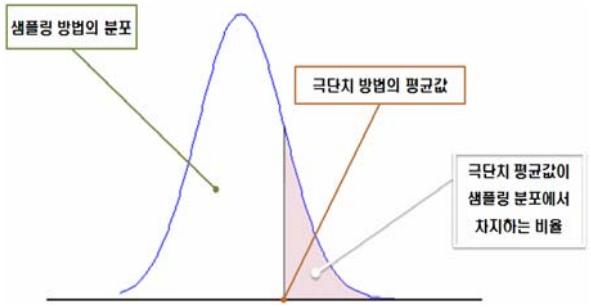

그림 1. 단위작업별 극단치 값의 백분위수 정의

표 5는 40개 각 단위작업별로 OWAS의 평가항목 값들에 대해 극단치 평균값들이 60장의 샘플에서 어느 위치에 있는가를 백분위수로 표시한 후, 백분위수 값들의 분포를 나타낸 것이다. 표 5에 의하면 극단치 장면들의 OWAS 평가 평균이 60장의 평가값들 중에서 70%tile 이상값에 위치하는 비율이 허리 84.2%, 팔 100%, 다리 81.4%, 무게 100%, 목 62.1%, 판정 81.8%로 나타나 목 부위를 제외한 모든 항목에서 70%tile 이상의 위치에 있는 작업이 80% 이상으로 나타났다.

표 5. OWAS 극단치값의 백분위수의 분포

항목	백분위수 범위						
	~50	~60	~70	~80	~90	~100	합계
허리	0	2.6%	13.2%	26.3%	21.1%	36.8%	100%
팔	0	0	0	0	11.1%	88.9%	100%
다리	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	31.3%	43.8%	100%
무게	0	0	0	0	0	100%	100%
목	13.5%	10.8%	13.5%	32.4%	21.6%	8.1%	100%
등급	9.1%	0	9.1%	12.1%	33.3%	36.4%	100%

표 6과 표 7은 RULA와 REBA 방법에 의한 극단치 평균값들이 60장의 샘플에서 어느 위치에 있는가를 백분위수로 표시한 후, 백분위수 값들의 분포를 나타낸 것이다.

표 6. RULA 극단치값의 백분위수의 분포

항목	백분위수 범위						
	~50	~60	~70	~80	~90	~100	합계
허리	2.6%	7.7%	5.1%	7.7%	38.5%	38.5%	100%
목	33.3%	10.3%	7.7%	10.3%	23.1%	15.4%	100%
다리	9.1%	0	9.1%	18.2%	18.2%	45.5%	100%
어깨	0	7.7%	10.3%	12.8%	23.1%	46.2%	100%
팔꿈치	16.7%	16.7%	19.4%	13.9%	27.8%	5.6%	100%
손목	18.2%	0	0	9.1%	9.1%	63.6%	100%
근육	42.9%	14.3%	42.9%	0	0	0	100%
중량	0	0	0	0	20.0%	80.0%	100%
총점수	0	0	2.5%	2.5%	7.5%	87.5%	100%
등급	7.7%	2.6%	5.1%	5.1%	10.3%	69.2%	100%

표 6에서 RULA 방법의 항목별 평가 결과에 의하면 극단치의 평균값들이 60장의 값들 중에서 70%tile 이상값에 위치하는 비율이 허리 84.7%, 목 48.8%, 다리 81.9%, 무게 100%, 어깨 82.1%, 팔꿈치 47.3%, 손목 81.8%, 총점수 97.5%, 등급 84.6%로 나타나 목과 팔꿈치 부위를 제외한 모든 항목에서 70%tile 이상의 위치에 있는 작업이 80% 이상으로 나타났다.

표 7에서 REBA 방법의 항목별 평가 결과에 의하면 극

표 7. REBA 극단치값의 백분위수의 분포

항목	백분위수(%tile)						
	~50	~60	~70	~80	~90	~100	합계
허리	2.6%	7.7%	2.6%	10.3%	38.5%	38.5%	100%
목	43.2%	5.4%	13.5%	10.8%	13.5%	13.5%	100%
다리	8.3%	0	8.3%	16.7%	25.0%	41.7%	100%
어깨	0	7.7%	10.3%	12.8%	23.1%	46.2%	100%
팔꿈치	16.7%	19.4%	16.7%	11.1%	30.6%	5.6%	100%
손목	0	0	0	11.1%	11.1%	77.8%	100%
중량	0	0	0	0	0	100%	100%
손잡이	0	0	0	20.0%	53.3%	26.7%	100%
총점수	0	0	0	2.5%	7.5%	90.0%	100%
등급	0	5.0%	2.5%	17.5%	17.5%	57.5%	100%

단치의 평균값들이 60장의 값들 중에서 70%tile 이상값에 위치하는 비율이 허리 87.3%, 목 37.8%, 다리 83.4%, 무게 100%, 어깨 82.1%, 팔꿈치 47.3%, 손목 100%, 손잡이 100%, 총점수 100%, 등급 92.5%로 나타나 목과 팔꿈치 부위를 제외한 모든 항목에서 70%tile 이상의 위치에 있는 작업이 80% 이상으로 나타났다.

3.3 샘플링과 극단치 장면의 전체 분포 비교

3.3.1 평균 비교

40개 작업의 전체 작업장면에서 샘플링 장면 2400장(40개 작업×60장면)과 극단치 장면 120장(40개 작업×3장면)에 대해 OWAS, RULA, REBA 각 평가도구별 평가항목과 조치수준의 분포별 평균에 차이가 있는가를 검정하여 표 8에 나타내었다.

표 8에서 보면 OWAS 평가 결과에서는 각 평가항목별로 샘플링 분포와 극단치의 분포의 평균에서 모두 차이가 있는 것으로 나타났다(유의수준 0.05). RULA 평가 결과에서는 '근육' 항목을 제외하고는 모든 평가항목에서 샘플링 분포와 극단치의 분포의 평균에서 차이가 있는 것으로 나타났다. REBA의 모든 평가항목에서도 샘플링 장면과 극단치 작업장면의 선택에 따른 평가값에 관한 분포들의 평균에 차이가 있다고 나타났다(p<0.05).

3.3.2 분포 비교

극단치 장면 120장(40개 작업×3장면)에 대해 OWAS, RULA, REBA의 평가항목별 분포의 평균이 샘플링 장면 2400장(40개 작업×60장면)의 분포에서 상위 몇 %에 위치하는가를 분석하였다(그림 2).

표 9는 샘플링 장면 2400장과 극단치 장면 120장에 대

표 8. 샘플링과 극단치 장면 분포의 평균 비교

OWAS		RULA		REBA	
허리	0.848* p<0.001**	허리	1.197 p<0.001	허리	1.205 p<0.001
팔	0.247 p<0.001	목	0.462 p=0.001	목	0.29 p<0.001
다리	0.225 p=0.044	다리	0.068 p=0.036	다리	0.13 p=0.018
무게	0.076 p=0.016	어깨	1.265 p<0.001	어깨	1.265 p<0.001
목	0.942 p<0.001	팔꿈치	0.276 p<0.001	팔꿈치	0.282 p<0.001
		손목	0.053 p=0.044	손목	0.052 p=0.048
		근육	0.006 p=0.791	중량	0.105 p=0.014
		중량	0.18 p=0.006	손잡이	0.216 p=0.004
		총점수	1.886 p<0.001	총점수	2.738 p<0.001
등급	0.551 p<0.001	등급	0.862 p<0.001	등급	1.208 p<0.001

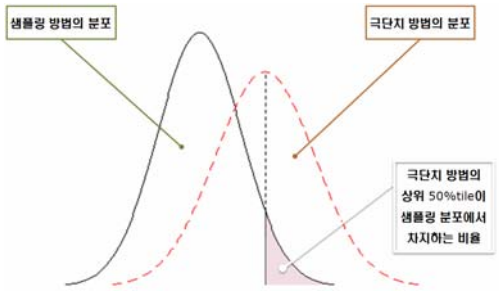

그림 2. 극단치 분포의 평균이 샘플링 분포에서 차지하는 %tile

해 OWAS의 평가항목과 등급의 평가점수 및 평가등급 값들이 어떻게 분포되는가를 점수 및 등급별 점유비율(%)로 나타내고, 극단값의 평균이 샘플링 분포의 상위 몇 %tile에 위치하는가를 나타낸 것이다. 표 9에서 보면 샘플링과 극단치 평가 방법에 따라 평가점수나 등급의 점유비율이 다르게 분포되고, 극단값의 평균값이 샘플링 분포에서 차지하는 위치는 평가등급이 91.1%tile로 나타났으며, 세부평가항목에서도 극단치 방법이 샘플링 방법에 비해 매우 높게 평가되었다는 것을 알 수 있다.

표 10은 샘플링 장면과 극단치 장면에 대해 RULA의 평가항목과 등급의 평가점수 및 평가등급 값에 대한 분포와 극단치 평균의 샘플링 %tile값을 나타낸 것이다. 표 10에서 보면 샘플링과 극단치 평가 방법에 따라 평가점수나 등급의

표 9. OWAS의 샘플링과 극단치 방법의 분포 비교

항목		점수 및 등급별 점유비율(%)								극단치 평균의 샘플링 %tile*
		1	2	3	4	5	6	7	계	
허리	샘플링	71.5	12.4	13.1	3.0				100%	91.9%tile
	극단치	20.8	17.5	44.2	17.5				100%	
팔	샘플링	97.9	1.5	0.7					100%	89.0%tile
	극단치	78.3	15.8	5.8					100%	
다리	샘플링	2.5	86	4.3	6.3	0.6	0.3	0	100%	66.8%tile
	극단치	2.5	74.2	5.8	12.5	3.3	1.7	0	100%	
무게	샘플링	99.1	0.3	0.6					100%	64.1%tile
	극단치	95.0	2.5	2.5					100%	
목	샘플링	43	27	3.2	3.4	23.5			100%	72.5%tile
	극단치	26.7	6.7	5.8	28.3	32.5			100%	
등급	샘플링	83.4	15.9	0.5	0.1				100%	91.1%tile
	극단치	36.7	56.7	5.0	1.7				100%	

*: 극단치 방법의 상위 50%tile이 샘플링 분포에서 차지하는 위치 %tile

표 10. RULA의 샘플링과 극단치 방법의 분포 비교

항목		점수 및 등급별 점유비율(%)									%tile*
		1(0)	2(1)	3(2)	4(3)	5	6	7	8+	계	
허리	샘플링	49.4	27.7	17	5.1	0.8	0			100	89.7
	극단치	11.7	14.2	42.5	25.8	5	0.8			100	
목	샘플링	22.3	29	36.3	11.6	0.8	0			100	69.3
	극단치	20	25	10.8	34.2	10	0			100	
다리	샘플링	93.5	6.5							100	62.3
	극단치	85.8	14.2							100	
어깨	샘플링	54.9	27.2	14.5	1.5	1.8	0.1			100	91.2
	극단치	16.7	21.7	35.8	6.7	16.7	2.5			100	
팔꿈치	샘플링	67.3	31.3	1.4	0					100	71.4
	극단치	39.2	59.2	1.7	0					100	
손목	샘플링	0.1	96.0	4.0	0					100	60.6
	극단치	0	90.8	9.2	0					100	
근육	샘플링	87.3	12.7							100	50.7
	극단치	86.7	13.3							100	
중량	샘플링	96.5	2.5	0	0.9					100	69.5
	극단치	90	5.0	0	5					100	
점수	샘플링	0	16.0	47.9	25.6	5.7	3.8	1.0		100	96.8
	극단치	0	0	6.7	25.8	17.5	37.5	12.5		100	
등급	샘플링	16	73.5	9.5	1.0					100	94.0
	극단치	0	32.5	55.0	12.5					100	

*: 극단치 방법의 상위 50%tile이 샘플링 분포에서 차지하는 비율
단위: %, ( )는 근육, 중량의 경우

점유비율이 다르게 분포되고, 극단값의 평균값이 샘플링 분포에서 차지하는 위치도 최종평가점수 96.8%tile, 최종등급 94.0%tile로 나타나 매우 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 11은 샘플링 장면과 극단치 장면에 대해 REBA의 평가항목과 등급의 평가점수 및 평가등급 값에 대한 분포와 극단치 평균의 샘플링 %tile값을 나타낸 것이다. 표 11에서 보면 샘플링과 극단치 평가 방법에 따라 평가점수나 등급값의 점유 비율이 다르게 분포되고, 극단값의 평균값이 샘플링 분포에서 차지하는 위치는 최종평가점수는 96.8%tile, 최종등급은 94.0%tile로 나타났으며, 세부평가항목 점수에서도 허리(89.7%tile), 어깨 부위(91.2%tile)에서는 매우 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

전체적으로 보면 OWAS, RULA, REBA의 평가점수나 등급면에서 극단치 방법이 샘플링 방법에 비해 모두 고평가된 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 11. REBA의 샘플링과 극단치 방법의 분포 비교

항목		점수 및 조치수준									%tile*
		1(0)	2(1)	3(2)	4(3)	5(4)	6	7	8+	계	
허리	샘플링	50.1	27.2	16.8	5.1	0.8				100	89.7
	극단치	11.7	14.2	42.5	25.8	5.8				100	
목	샘플링	43.0	47.3	9.8						100	68.7
	극단치	26.7	48.3	25						100	
다리	샘플링	92.9	6.6	0.2	0.3					100	66.5
	극단치	82.5	15.0	0.8	1.7					100	
어깨	샘플링	54.9	27.2	14.5	1.5	1.8	0.1			100	91.2
	극단치	16.7	21.7	35.8	6.7	16.7	2.5			100	
팔꿈치	샘플링	68.3	31.8							100	73.3
	극단치	39.2	60.8							100	
손목	샘플링	96.0	4.0	0						100	60.5
	극단치	90.8	9.2	0						100	
중량	샘플링	98.1	1.0	0.9	0					100	64.0
	극단치	93.3	1.7	5.0	0					100	
손잡이	샘플링	91.7	0.8	7.3	0.2					100	63.3
	극단치	83.3	0	15.8	0.8					100	
점수	샘플링	48.8	21.0	15.1	9.9	1.7	2.2	0.8	0.6	100	97.4
	극단치	0.8	8.3	13.3	30.8	10.8	19.2	5.8	10.8	100	
등급	샘플링	48.8	36.1	14.5	0.6	0				100	94.8
	극단치	0.8	21.7	66.7	10.8	0				100	

*: 극단치 방법의 상위 50%tile이 샘플링 분포에서 차지하는 비율
단위: %, ( )는 중량, 손잡이, 판정의 경우

4. 결론 및 검토

본 연구는 작업평가에서 논란이 되고 있는 극단치 작업장면의 선택이 샘플링 방법에 의한 평가와 어느 정도 차이가 있는가를 분석하였다. 연구 결과에 의하면 샘플링 작업장면과 극단치 작업장면의 선택에 따른 작업평가 결과에서 매우 차이가 큰 것을 확인할 수 있었다.

개별 단위작업에 대한 샘플링 방법과 극단치 방법에 의한 평균 비교에서 OWAS 평가등급은 97.1%가 차이가 있었으며, RULA와 REBA의 평가점수 및 평가등급 모두에서 100.0% 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 각각의 작업에 대한 작업평가에서 극단치 평균이 OWAS 평가등급에서는 샘플링 분포의 80%tile 이상에 위치하는 비율이 69.7%로 나타났다. RULA 평가에서는 극단치 평균이 샘플링 분포의 90%tile 이상으로 나타난 비율이 평가점수에서는 87.5%, 평가등급에서는 69.2%로 나타났다. REBA 평가에서도 극단치 평균이 샘플링 분포의 90%tile 이상으로 나타난 비율이 평가점수에서는 90.0%, 평가등급에서는 57.5%로 나타나 극단치 평가 방법이 샘플링 방법보다 매우 고평가 되었음을 알 수 있다.

40개 작업의 모든 분석작업장면을 대상으로 극단치 방법에 의한 분포와 샘플링 방법에 의한 분포를 비교하면 OWAS, RULA와 REBA의 평가등급, 평가점수 모두에서 통계적으로 유의적인 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 또한, 극단치 분포의 평균이 OWAS 평가등급에서는 샘플링 분포의 91.1%tile에 위치하였으며, RULA 평가에서는 평가점수에서는 극단치 평균이 샘플링 분포의 96.8%tile에 위치하였고, 평가등급에서는 극단치 평균이 샘플링 분포의 94.0%tile로 나타났다. REBA 평가에서도 평가점수에서는 극단치 평균이 샘플링 분포의 97.4%tile에 위치하였고, 평가등급에서는 극단치 평균이 샘플링 분포의 94.8%tile로 나타났다. 즉, 본 연구는 연구 대상이 정형작업에만 한정되어 있음에도 불구하고 극단치 장면의 분석이 OWAS, RULA와 REBA의 평가등급, 평가점수 모두에서 91.1%tile 이상에 위치하고 있어 극단치 장면 분포는 샘플링 장면 분포보다 매우 고평가 된쪽에 치우쳐 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 유해요인조사에서 극단적인 장면을 선택하여 분석하는 방법이 전체 작업내용의 구성 비율을 반영하지 못하여 작업내용을 왜곡할 수 있기 때문에 목적에 따라 신중한 접근이 필요하다는 결과를 나타내고 있다.

일반적으로 작업의 평가는 작업부하의 강도, 빈도, 지속시간에 대하여 관심을 갖으나 현재 유해요인조사에서는 시간적, 비용적 한계 때문에 주로 극단치 장면을 이용한 분석을 수행하고 있다. 특히, 현재 유해요인조사제도에 의하여 많은 작업내용을 짧은 시간 동안에 조사하는 데는 극단적인 작업자세를 추출하여 위험요인을 도출하고 개선항목을 도출하는 방법이 현실적으로 이용되고 있다. 그러나, 극단치에 의한 작업장면 분석은 제한적인 작업자세에 근거한 부하강도 평가에 치중이 되며 작업의 부하빈도나 작업부하수준별 분포시간 등에 관한 정보 등을 파악하기 위해서는 샘플링에 근거한 분석이 필요하다. 즉, 상대적인 작업별 부하수준의 분포나 나쁜 자세의 분포, 작업시간 중에서 개선이 요구되는 작업의 분포 등을 체계적으로 분석하고 평가하기 위해서는 샘플링에 의한 분석이 요구된다.

본 연구 결과는 극단치 장면에 의한 작업평가와 샘플링 방법에 의한 작업평가 특성치들을 비교함으로써 유해요인조사제도에서 목적에 맞는 평가 방법의 선택의 중요성을 강조하고 있다. 앞으로 샘플링 방법을 이용한 체계적인 분석을 위해서는 단위작업에 대한 샘플링 방법과 샘플링 수에 관한 지침 등에 관한 연구가 요구된다.

참고 문헌

기도형, 박기현, "작업자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교", *대한인간공학회지*, 20(2), pp.127-132, 2005.

김현호, 정병용, "유해요인조사를 위한 실무용 작업위험평가 시스템 개발", *대한인간공학회 추계학술대회논문집*, 2006.

박국무, 류태범, 기도형, 정민근, "인간공학적 작업부하 평가 방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가", *대한인간공학회지*, 25(2), pp.119-123, 2006.

박재희, 곽원택, "근골격계 부담작업평가에서 개별장면의 대표값들과 전문가판정 결과 간의 비교", *대한인간공학회지*, 25(2), pp.205-210, 2006.

오순영, 정병용, "조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선", *대한인간공학회지*, 24(1), pp.27-35, 2004.

이인석, 정민근, 최경임, "지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교", *대한인간공학회지*, 22(1), pp.43-56, 2003.

이창민, 정병용, 장성록, 이경태, *근골격계 부담작업 정밀실태조사 연구*, 한국산업안전공단 보고서, 2005.

정병용, 유해요인조사 제도의 고찰 및 발전방향, *대한인간공학회지*, 26(2), pp.123-129, 2007.

한국산업안전공단, *2006년도 산업재해 현황분석*, 2006.

한국산업안전공단, *근골격계부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA CODE H-30-2003)*, 2003.

한국산업안전공단, *사업장 근골격계질환 예방·관리 프로그램 (KOSHA CODE H-31-2003)*, 2003.

Corlett, E. N., Madeley, S. J. and Manenica, I., "Posture targeting: a technique for recording working postures", *Ergonomics*, 22(3), pp.357-366, 1979.

Dempsey, P. G. McGorry, R. W. and Maynard, W. S., "A survey of tools and methods used by certified professional ergonomists", *Applied Ergonomics*, 36(4), pp.489-503, 2005.

Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment", *Applied Ergonomics*, 31(2), pp.201-205, 2000.

Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka I., "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis", *Applied Ergonomics*, 8(4), pp.199-201, 1977.

McAtamney, L. and Corlett, E. N., "RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, 24(2), pp.91-99, 1933.

Shuvala, K. and Donchin, M., "Prevalence of upper extremity musculo-skeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(6), pp.569-581, 2005.

Vedder, J., "Identifying postural hazards with a video-based occurrence sampling method", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22(4), pp.373-380, 1998.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 신 충 규 ❖ ergonomic.mang@gmail.com
한성대학교 산업시스템공학과 학사
현 재: 한성대학교 대학원 산업시스템공학과 석사
관심분야: 인간공학, 산업안전, 근골격계질환

❖ 정 병 용 ❖ byjeong@hansung.ac.kr
KAIST 산업공학과 공학박사
현 재: 한성대학교 산업시스템공학과 교수
관심분야: 인간공학, 근골격계질환예방, 안전경영

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2008년 06월 08일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2008년 07월 10일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 08월 19일