

정비 작업에 대한 인체역학적 분석 및 작업 자세 분석

송영웅*, 정민근*, 김상호**, 최경임*, 이명수*

*포항공과대학교 산업공학과

**금오공과대학교 산업공학과

ABSTRACT

Although the tasks are being mechanized or automated today, many tasks are still performed manually in several industrial settings and low back pain has been a social and economic problem. In this study, five machine repair tasks are selected from one manufacturing company in Pohang, which are accountable for relatively high complaints of low back pain. The purpose of this study is to quantitatively evaluate the hazards of the tasks, and finally to recommend the improved methods and guidelines for safe work practices. For most of the tasks under study, workers were found to be exposed to relatively high stresses in low back, mainly due to the heavy objects handled and the improper working postures.

1. 서론

근골격계 질환(Musculoskeletal Disorders)의 하나인 요통(Low Back Pain)은 산업현장의 조업 활동에서 뿐만 아니라 일상적인 생활에서도 경험할 수 있는 것으로, 미국에서는 약 480 만 명의 성인이 요통을 경험하고 있으며, 일년에 평균 28.6 일의 작업시간이 요통때문에 손실되고 있다고 보고되었다[1].

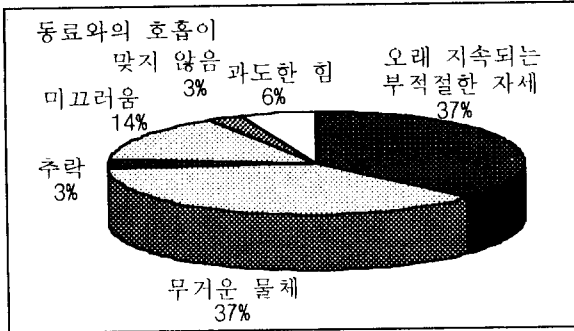
요통 발생율이 다른 작업보다 높은 것으로 알려진 인력운반에서 과도한 중량물의 취급, 몸통의 비틀림, 구부림 등이 요통 유발에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 산업 현장에서 일어나고 있는 인력운반 작업의 분석을 통한 작업 부하를 줄이기 위한 연구를 살펴보면,

Leskinen 등[5]은 여러가지 들기 작업에서 동역학적인 인체역학 모델 분석을 통하여 요추 부위의 응력을 기준으로 부하가 작은 들기 작업의 형태를 제시하고자 하였다. Fumioki 등[3]은 Toyota 자동차회사의 조립작업에서 20 개 주동근의 근전도(EMG) 신호를 측정하여 표준화 과정을 거쳐 작업부하를 산출하고 이것을 근거로 작업의 개선을 시도하였다. 한편, Karhu 등[4]은 작업자세 분석기법의 일종인 OWAS 기법을 개발하여, 철강산업에 적용하였다.

본 연구에서는 포항지역의 모 제조업체의 요통호소율이 상대적으로 높은 정비 부서의 작업을 대상으로 인체역학적 분석과 작업 자세 분석을 통하여 요통을 위시한 근골격계 부하를 줄이기 위한 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

우선 선정된 정비 부서에서 작업 경험이 많은 작업자 15 명을 대상으로 면담을 실시하여 요통 발생 원인을 조사하였다. 면담 대상자는 근무 경력이 9-21 년(평균 17 년)이었으며, 67%가 요통 경험을 하였다. 면담 결과, 요통이 발생한 원인 중 가장 많은 것이 무거운 물체의 취급(37%)과 오래 지속되는 부적절한 자세(37%)였다. 그림 1은 면담 대상자가 응답한 요통 발생의 원인을 나타낸 것이다.



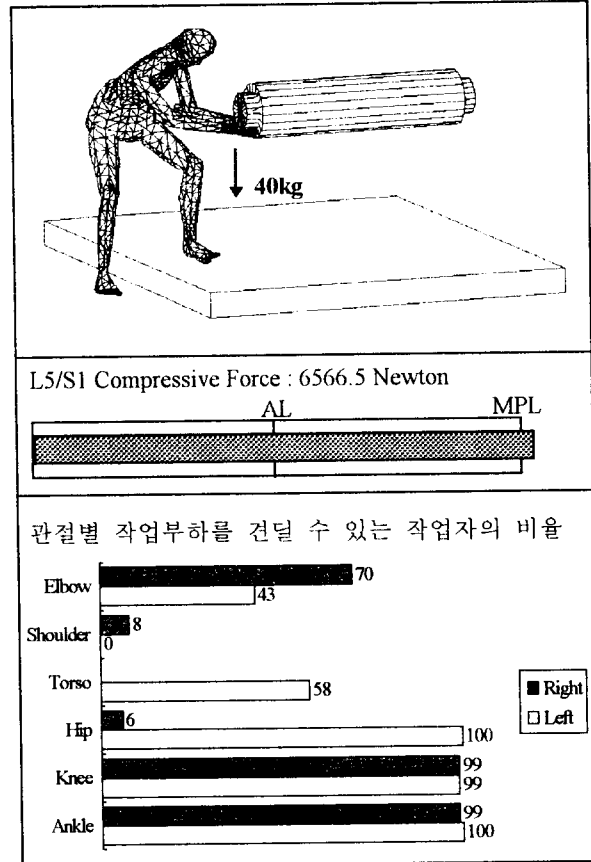
<그림 1> 면담대상자가 응답한 요통발생원인

정비 부서의 여러 작업 중 요통 호소율이 상대적으로 높은 5개 작업(A,B,C,D,E 로표기)을 선정하였다. 이들 5개 작업에 대하여 정량적인 부하를 평가하기 위하여 컴퓨터 상의 인체역학 모델을 사용하였다. 선정된 5개 작업들은 비정형적인 작업형태가 많아서, 5개 작업을 요통을 일으키는 위험 작업 요소를 포함하고 있는 6개의 대표적인 단위작업으로 분류하여 분석을 수행하였다. 6개 단위작업은 크레인 운반 및 조절, 연마, 해머링, 수동 운반, 나사 풀기 및 조이기, 용접 및 가열 작업으로, 이중 크레인 운반 및 조절 작업은 크레인에 매달린 작업물을 인력으로 밀고 당기거나 드는 작업으로 정의하였다.

5개 작업 중에서 현장 조사에서 비디오로 연속적으로 촬영한 2개 작업을 대상으로 OWAS(Ovako Working-posture Analysis System) 분석 기법을 사용하여 작업 자세 분석을 수행하였다.

3. 인체역학적 분석

작업시 요추부위의 스트레스 추정을 위한 인체역학적 분석에는 미시간 대학교의 인간공학 연구실에서 개발한 3DSSPP 프로그램[2]을 사용하였으며, 작업 부하를 정량적으로 제시하고 이를 개선하였을 때의 효과를 정량적으로 평가하였다.

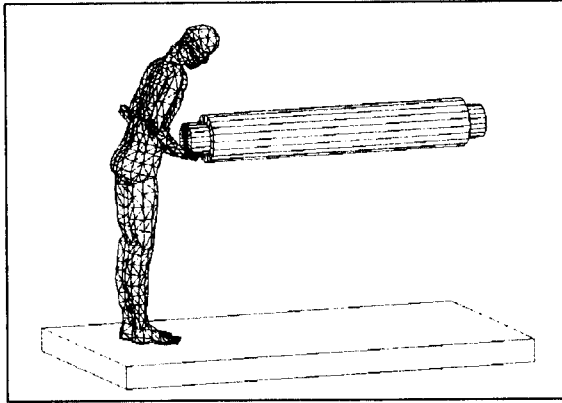


<그림 2> A 작업의 크레인 운반 및 조절작업에 대한 인체역학적 분석 결과

5개 대상 작업의 단위작업을 대상으로 수행한 인체역학적 분석 결과 중 부하가 큰 것을 중심으로 살펴보면, 우선 A 작업 중 크레인 운반 및 조절 작업의 자세 및 분석 결과가 그림 2에 제시되어 있다.

크레인에 매달린 작업물의 무게는 80kg 정도로, 이것을 두 사람이 짧은 거리지만 들어올려서 작업을 하게 된다. 이때, 한사람이 드는 무게를 40kg으로 가정하면, 허리에 걸리는 부하(L5/S1 Compressive Force)는 6566.5 Newton으로 최대허용하중(MPL)을 넘어서 대부분의 작업자에게 위험한 작업으로 나타났다. 그리고 어깨 부위와 오른쪽 엉덩이 부위에도 큰 부하가 걸리는 것으로 나타났다.

이 작업은 긴급히 개선을 해야 할 작업으로 그림 3과 같이 허리를 편 자세로 작업을 할 수 있도록 바꾸어주면 허리에 걸리는 부하를 AL보다 작게 감소하는 것을 알 수 있다.



<그림 3> A 작업의 크레인 운반 및 조절작업에서 허리에 부하가 작은 작업자세

C 작업에서는 작업물에 부착된 기어를 분리하기 위하여 해머링을 하는 작업이 부하가 큰 것으로 나타났다. 기어를 제거하기 위해서는 상당한 힘을 들여서 해머링을 해야 하고 해머의 무게도 5kg 보다 무거운 것을 사용하였다. 해머가 기어부분을 가격할 때의 순간을 분석하였으며, 충격시의 해머의 가속도를 100m/sec^2 으로 가정하였을 때 허리에 걸리는 부하가 AL을 넘어서는 것으로 나타났다. 이와 같은 경우에는 해머링을 대신할 수 있는 기계적인 도움을 사용하는 것이 요구된다.

D 작업의 경우, 수동운반 작업에서 40kg 이상의 기어를 크레인을 사용할 수 없을 때에는 인력으로 운반하는 경우가 있는데 이 때에도 허리에 걸리는 부하가 AL을 넘어서는 것으로 나타났다. 이 작업의 경우 크레인을 이용하도록 하거나, 손수레나 소형지게차 등을 이용하는 것이 요통 예방을 위해 필수적이다. 그리고 같은 작업의 크레인 운반 및 조절 작업이 허리에 걸리는 부하가 매우 큰 것으로 나타났으며, 나머지 다른 작업에서는 비교적

부하가 낮은 것으로 나타났다.

3. 작업 자세 분석

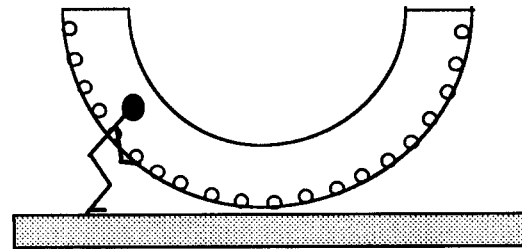
부적절한 작업 자세를 정량적으로 평가하기 위하여 OWAS 기법을 사용하여 A와 E 작업에 대하여 분석을 수행하였다. A와 E 작업은 현장조사에서 연속적으로 촬영하였으며, 작업 측정 시간은 각각 10분 15초, 19분 40초로, 5초 간격으로 측정하였다. OWAS 기법에서 허리를 4 가지, 팔은 3 가지, 다리는 7 가지, 무게는 3 가지로 구분하여 신체 부위별 분석과 작업 자세의 위험도에 따라 구분된 4 가지 작업자세 수준의 구분에 의한 분석이 이루어졌다.

신체부위별 분석에서, 허리 부위의 자세 중 두 작업 모두에서 허리를 굽힌 자세가 높은 비율을 나타냈으며(A: 68.29%, B:82.04%), 다리 부위는 A 작업에서 두발을 구부리거나 한발을 구부린 자세가 대부분이었으며, B 작업에서는 두발로 서거나, 두발을 구부린 자세, 그리고 한발을 구부린 자세가 대부분을 차지하여 이 자세에 대한 중점적인 개선이 요구되었다(표 1). 작업자세의 수준별 분석에 의하면, 두 작업 모두 수준 3과 수준 4가 차지하는 비율이 매우 높게 나타났다. 수준 3과 수준 4의 작업자세는 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세들로, 시급한 개선이 요구되는 작업자세이다. A 작업에서는 허리를 구부리고 쪼그려 앉은 자세나 다리를 굽힌 자세, 그리고 허리를 비틀고 다리를 구부리는 자세로 물을 조립하는 작업에서 많이 나타났고(수준 3 : 67%, 수준 4 : 11%), B 작업에서는 허리를 굽히고 다리를 구부리거나 쪼그려 앉아서 기어와 베어링을 구조물에서 분해하는 작업에서 많이 나타났다(수준 3 : 51%, 수준 4 : 7%).

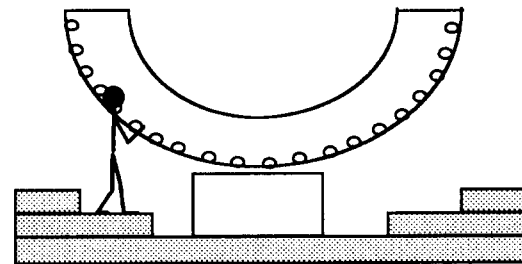
<표 1> 신체 부위별 작업자세 분석 결과

신체부위 코드	자세	작업	
		A	B
허리	1 바로 펴	17.89 %	6.80 %
	2 굽힘	68.29 %	82.04 %
	3 비틀	13.01 %	6.31 %
	4 굽히고 비틀	0.81 %	4.85 %
팔	1 양팔 어깨 아래	88.62 %	100.00 %
	2 한팔 어깨 아래	8.94 %	0.00 %
	3 양팔 어깨 위	2.44 %	0.00 %
다리	1 앉음	0.00 %	0.00 %
	2 두발로 섰	5.69 %	39.32 %
	3 한발로 섰	4.07 %	0.00 %
	4 두발 구부림	52.85 %	33.01 %
	5 한발 구부림	37.40 %	27.67 %
	6 무릎 꿇음	0.00 %	0.00 %
	7 걸음	0.00 %	0.00 %
힘	1 10kg 이하	79.67 %	78.64 %
	2 20kg 이하	20.33 %	14.08 %
	3 20kg 이상	0.00 %	7.28 %

허리보호에 효과적인 다점식 안전벨트의 사용등이 있다.



(a) 기존의 작업장 배치



(b) 개선된 작업장 배치

<그림 5> A 작업의 배치와 개선안

4. 결론

5 개 정비작업에 대한 인체역학적 분석과 작업자세 분석결과 무거운 물체의 취급과 오래 지속되는 부적절한 자세가 허리와 다른 근골격계에 큰 부하를 주는 것으로 나타났다. 위에서의 분석과 현장 조사, 그리고 면담을 통하여 직접-간접적으로 연관되는 문제점들을 추출하고 작업별 개선안과 일반적으로 적용 가능한 개선안을 제시하였다. 작업별 개선안에서 A 작업의 경우를 예를 들면, 허리를 구부리거나 다리를 구부리는 작업자세가 많은 기존의 작업장 배치에서 그림 5에서처럼 계단식 작업대를 제공하여 작업부하를 줄일 수 있도록 개선할 것을 제안하였다. 일반적 개선안으로는 각 작업의 특성에 맞게 전용작업장을 설치하고, 손쉽게 사용할 수 있는 운반도구의 사용, 그리고 기존의 일점식 안전벨트보다 추락시

참고 문헌

- [1] Anderson, G.B.J., et al., 1991, Epidemiology and Cost, In Occupational Low Back Pain(Eds. M.H.Pope, et al.), 95-113, Mosby Year Book, Boston.
- [2] Chaffin, D.B., 1994, Computerized biomechanical models for high exertion manual jobs, Proc. Of the 3rd Pan-Pacific Conference on Occupational Biomechanics, 1994, 1-15.
- [3] Fumioki, S., et al., 조립작업부하의 정량평가법(TVAL) 개발, TOYOTA Technical Review, 43(1), 1993.
- [4] Karhu, O., et al., "Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method for Analysis", *Applied Ergonomics*, 8, 199-201, 1977.
- [5] Leskinen, T.P.J., et al., "A Dynamic Analysis of Spinal Compression with Different Lifting Techniques", *Ergonomics*, 26(6), 595-604, 1983.