

중량물 취급 근로자의 요통발생 형태와 인간공학적 평가

동국대학교 의과대학 예방의학교실

김 지 용

— Abstract —

The Ergonomic Evaluation of Low Back Pain of the Manual Lifting Workers

Ji-Yong Kim

Department of Preventive Medicine, Dongguk University College of Medicine

A cross-sectional study was conducted in the manufacturing welding metal company. The questionnaire survey was performed on 361 workers to investigate the status of low back pain(LBP), and 101 lifting jobs were ergonomically analyzed to evaluate the relationship between LBP and the exposure. Questionnaire survey was performed repeatedly for reliability test and the information in the questionnaire was compared to the absence record for validity test.

There were significant differences in tenure and job titles between groups with LBP and without LBP, but not in general characteristics such as age, tenure, marriage status, blood pressure and liver function test.

One hundred and one lifting jobs were analyzed by the physiological, psychophysical and biomechanical ergonomic methods. In logistic regression analysis, the lumbar disc compression force and the lifting frequency were the risk factors of the LBP. As the weight load over the action limit was the risk factor in the group of sudden LBP onset, so were the vertebral disc compression force and lifting frequency in the group of insidious LBP onset.

Therefore the author concluded that ergonomic analysis may be a useful preventive tool of the LBP. Further prospective epidemiological study will be needed to identify the risk factors of LBP by the ergonomic method.

Key Words : Low back pain, Manual material handling worker, Ergonomics

서 론

요추 부위는 일생 동안 많은 운동량을 담당하게 되고, 손상 받는 일이 많은 특수한 운동기관이다. 인류의 수명이 연장되고 산업 활동이 빈번해진 근래에는 요통의 빈도가 더욱 증가하여 산업장 근로자의 35-60 %에서 비교적 젊은 시절에 요통을 경험하여 (Leigh 와 Sheett, 1989; Kelsey 등, 1990) 노동력 상실을 초래하는 중요한 원인이 되고 있다 (Rowe, 1971). 미국 노동통계국의 1985년도 자료에 따르면 반복 외상성 질환으로 대표되는 근골격계 질환은 피부질환에 이어 두 번째로 많은 직업성 질환으로 전체 직업성 질환의 30 %를 차지하고 있는데, 이 가운데 요통이 가장 큰 비중을 차지하고 있다 (Levy 와 Wegman, 1988). 스웨덴에서는 장해 보상을 받는 전체 환자의 25 %가 만성 요추질환으로 인한 것이며 남자의 61 %, 삼림 근로자의 80 %가 요통을 경험한다고 한다 (Hult, 1954; Anderson 과 Svensson, 1979). 우리 나라의 경우 직업성 근골격계 질환에 대한 정확한 자료는 거의 없지만 비슷한 현상을 보이리라고 생각할 수 있다. 노동부 보고에 따르면 1994년 직업성 요추재해가 전체 산업재해 환자의 20 %를 차지하고 있으며 1992년에는 3년 이상의 요양을 요하는 산업재해 장기요양 환자중 29.5 %가 요추 질환자이었다 (노동부, 1996).

그러나 요통은 여러 가지 원인에 의하여 발생하며 정확한 진단이 어려워 주관적인 증상으로 진단하는 경우가 많은 질환이다 (Buckle 등, 1980; Damkot 등, 1984; Yu 등, 1984; Reisbord와 Greenland, 1985). 따라서 요통에 대한 원인과 치료에 대한 연구는 그 동안 상당히 많이 이루어져 왔지만 요통의 문제가 단지 의학적 질병의 차원을 넘어 사회적, 경제적, 법적 문제로 확대되고 있는 것이 현실이다. 근로자들에 있어서 요통이 주로 활동량이 많은 젊은 시절에 호발하여 산업장에서의 생산성 감소에 주요 원인이 되고 있으며 (Rowe, 1971) 그 원인의 다양성과 불확실성으로 인하여 작업과 관련성 규명이 어려워지기 때문에 직업성 질환으로의 인정 여부에 논란이 많아지고 있다.

따라서 주로 작업에 기인한 직업성 요통을 다루는

산업의학의 당면한 과제는 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 첫째로 작업 요소 중 요통의 원인을 파악하여 그 원인을 조정함으로써 요통의 발생을 억제할 수 있는 방법의 개발이며 둘째로는 발생된 요통 진단을 위한 정확한 평가 방법의 개발이라고 할 수 있다. 두 번째 과제에 비해 첫 번째 당면 과제에 대한 그 동안의 연구는 인간공학의 발전과 함께 국제적으로 활발히 진행되고 있는 편으로, 현재까지 이에 대한 연구들을 살펴보면 크게 세 가지 접근 방법에 의하여 이루어졌다고 할 수 있다 (Waters 등, 1993). 첫 번째는 생리학적 접근 방법으로 중량물 취급을 계속적으로 반복하게 되면 에너지의 소모와 피로 물질의 축적으로 인하여 근육 등을 포함한 생체에 무리가 간다는 것이다 (Astrand와 Rodahl, 1986). 따라서 작업강도(중량물의 무게, 작업횟수)와 생체적 요소(성별, 체중)를 고려하여 작업에 따른 에너지 소모량을 측정함으로써 반복 작업으로 인한 요통을 유발하는 요소를 제어하고자 하는 접근 방법이다 (Lehmann, 1958, Garg 와 Saxena, 1979). 두 번째는 심리물리학적 접근 방법으로 각종 실험을 통해 서로 다른 조건(작업 횟수, 작업 조건)에서 평균 근로자(남성의 99 %, 여성의 75 %)의 업무 수행에 지장이 없다고 하는 수치를 최저 허용한계로 설정함으로써 이를 기준으로 취급 중량물을 조정하려는 방법이다 (Ayoub와 Mital, 1989). 세 번째는 인체역학적 접근방법으로 작업조건이나 취급 중량물의 하중뿐만 아니라 생체적 요소(성별, 체중, 신장)를 고려하여 생체 즉 요추에 걸리는 하중을 예측함으로써 요통과의 관련성을 보고자 하는 접근 방법이다 (Chaffin, 1969; Garg 등, 1982). 그러나 우리 나라의 경우 작업과 관련된 요통의 발생은 많이 보고가 되고 있으나 (김대환 등, 1993; 박암, 1993; 천용희, 1994) 이러한 인간공학적 접근 방법을 통한 직업성 요통 발생 원인에 대한 연구는 적은 편이며 국내 작업장에 대한 적용과 소개도 극히 제한적으로 이루어졌다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 중량물을 취급하는 일개 사업장의 근로자를 대상으로 설문지와 정형외과적 검진을 통하여 요통의 발생 상태를 살펴보고, 둘째 작업 공정을 인체 공학적으로 분석하여 요통 발생 기전에 대한 모델에 적용함으로써 요통과의 관련성을 파악하는데 있다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

1996년 10월 포항시에 소재하는 용접봉을 생산하는 사업장에 근무하는 생산직 남자 근로자 463명중 조사가 가능하였던 361명을 대상으로 설문조사 및 이학적 검사를 시행하였다.

조사 대상인 사업장은 용접봉을 생산하는 사업장으로서 작업공정은 기계적으로 각종 성분을 용융 교반하여 사출된 선형의 용접봉을 일정한 크기로 절단하여 포장하거나 실패모양으로 감아 포장을 하여 출하하는 과정으로 되어 있다. 이때 출하되는 제품은 용도에 따라 또는 주문형태에 따라 상당히 다양한 형태로 출하되는데 보통 제품의 중량은 20 kg 이상이며 대형인 경우 1,000 kg 단위로 만들어진다. 이에 종사하는 생산직 근로자의 대부분의 업무는 실패모양으로 감겨진 제품을 기계에서 떼내어 지정된 장소에 쌓고 이를 다시 다른 부서로 운반하여 포장하는 업무로서 이 업무 대부분이 자동화되어 있지 않고 일일이 수동으로 하고 있었다. 중량이 1,000 kg인 제품은 담당 근로자가 밀고 당기는 수동식 방법으로 지정된 장소에 옮겨놓고 있었다. 두 공정이 어느 정도 떨어져 있고 대부분의 근로자들이 각 공정에 전담되어 있어 작업내용의 구분이 뚜렷한 편이었다.

설문 조사가 가능하였던 361명중 중량물을 취급한다고 응답한 자는 201명이었으며 이 중 20 kg 이상의 중량물을 취급하는 작업에 종사하는 근로자는 128명이었다. 설문조사상 요통의 발생원인이 회사작업에 기인한 것이 아니고 '집안 일을 하다가' 또는 '운동을 하다가' 라고 기입한 8명과 중량물 취급 작업 형태를 측정할 수 없었던 19명을 제외하고 총 101명에 대하여 실측 또는 사진 촬영을 통하여 작업내용을 파악하였다.

2. 연구 방법

1) 설문지 조사

가. 설문 조사 내용

작업자들의 직업력 및 요통 질병력, 요통 여부와 발생 양상, 증상의 정도 여부, 발생 시기, 약물 복용 등 치료력, 다른 골관절 계통의 질환 여부를 확인하였다. 또한 작업내용과 작업강도(취급 중량물의

무게, 평균 취급 횟수), 최근 2년간의 요통으로 인한 결근 여부를 물어보았다.

증상의 정도여부를 알아보기 위하여 'Oswestry의 요통 장애 설문'을 한글로 번역하여 이용하였다(Mcdowell과 Newell, 1987). Oswestry의 요통 장애 설문은 10개 문항으로서 각 문항당 6개 항목으로 이루어져 있으며, 각 문항의 내용은 요통으로 인하여 일상 생활에 어느 정도 장애를 주는가를 설문하는 것이다. 평가 방법은 항목당 0점부터 5점까지 부여한 뒤 각 항목의 점수를 합한 뒤 50점 만점에 대한 100분율로 점수를 매기는 것이다. 그 결과 총점이 0점부터 20점까지는 경증 장애(minimal disability)로, 21점에서 40점까지는 중등도 장애(moderate disability), 41점에서 60점까지는 중증 장애(severe disability), 61점 이상은 생활전반의 장애(severely disabled life)로 구분한다.

나. 설문 조사 방법

설문 조사는 사업장의 전 종업원을 대상으로 실시하는 일반 건강 검진을 할 때 동시에 실시하였다. 훈련된 조사원으로 하여금 조사 목적과 설문지 작성법을 충분히 설명하게 한 후 근로자 스스로 답을 하게 하였으며 작성된 설문지를 그 자리에서 검토하여 응답이 불충분한 부분은 조사원이 직접 면접하여 완성하였다.

설문지의 신뢰도를 확인하기 위하여 361명 중 혈압의 상승이나 간기능 수치의 이상을 주소로 2차 정밀 검사하기 위해 2주나 3주 뒤에 병원에 내원한 근로자 102명중 조사가 가능하였던 84명을 대상으로 요통의 발생 여부와 시기를 묻는 설문지를 반복하여 시행하였다. 또한 설문지에 대한 응답 내용의 타당도를 알아보기 위하여 1차 설문내용 중에서 요통으로 인한 최근 2년간의 결근 유무에 대한 응답내용과 사업장내 결근 기록지 및 이에 첨부된 진단서를 근거로 비교하였다.

2) 이학적 검사

근로자에 대한 이학적 검사는 정형외과 전문의에 의해 이루어졌다. 검진은 설문 조사가 시행되던 일반 검진 시에 동시에 실시하였는데 집단 검진의 특성상 충분한 시간을 가질 수가 없어 촉진을 통한 압통, 관절운동 범위의 제한 여부, 하지 신전 거상(straight leg rising) 검사 등 세 가지 검사만을

선택하여 실시하였다(대한정형외과학회, 1989). 또한 조사자의 편견을 제거하고자 근로자가 미리 작성하였던 설문 내용은 열람하지 못하게 하였고 문진을 통하여 병력을 청취하게끔 하였다. 검진이 끝난 뒤 진찰 소견을 종합하여 정상군, 의심군, 확진군으로 분류하여 최종 진단을 내리게 하였다.

3) 중량물 취급 작업 공정 분석

측정 가능하였던 101명의 근로자들을 대상으로 실제 작업공정에서 근로자들의 작업 형태, 작업 내용 등을 실측하였으며 실측하기 어려운 것은 사진 촬영을 통하여 보완하였다. 이와 동시에 검진 기록에 기재된 근로자의 신체지수(체중, 신장)와 설문조사에서 밝힌 요통과의 관련성을 살펴보았다. 인간공학적인 분석방법으로는 그 동안 연구되어진 생리학적인, 심리물리학적, 인체 역학적 접근 방법에서 제시한 공식을 각각 이용하여 분석하였다.

가. 생리학적인 방법(physiological method)

Garg가 실험적으로 산출한 다음과 같은 공식(Garg 와 Saxena, 1979)을 이용하여 중량물을 드는데 필요한 분당 열량을 계산하였다.

$$\text{Stoop lift } E=0.0109 \text{ BW}+(0.0012 \text{ BW}+0.0052 \text{ L}+0.0028 \text{ S} \times \text{L}) f$$

$$\text{Squat lift } E=0.0109 \text{ BW}+(0.0019 \text{ BW}+0.0081 \text{ L}+0.0023 \text{ S} \times \text{L}) f$$

$$\text{Arm lift } E=0.0109 \text{ BW}+(0.0002 \text{ BW}+0.0103 \text{ L}-0.0017 \text{ S} \times \text{L}) f$$

E: energy expenditure

BW: body weight, lb

L: weight of the load, lb

S: sex (female=0, male=1)

f: frequency of lifting, lifts/min

나. 심리물리학적 방법(psychophysical method)

작업공정에서 작업자들의 작업 형태, 작업 내용 및 작업 빈도수 등을 실측한 뒤 이를 기초로 1981년 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서 제시한 허용 기준치(action limit, AL)를 산출하였다(NIOSH, 1981). 허용 기준치는 다음의 식을 이용하여 산출하였으며, 취급 중량물의 초과율(overload)은 작업시 근로자가 취급하는 중량물의 중량을 허용 기준치로 나눈 값으로 하였다.

$$AL=40\left(\frac{40}{H}\right)(1-0.004|V-75|)(0.7+7.5D)\left(1-\frac{F}{F_{MAX}}\right)$$

Overload=Weight of the load (kg)

Action Limit(kg)

H : 수평거리, 발목 중간 점에서부터 손까지의 거리(cm)

V : 수직거리, 지면으로부터 손까지의 거리(cm)

D : 수직 인양거리(cm)

F : 물체를 들어올리는 빈도(횟수/분)

FMAX : 물체를 들어올리는 최대빈도로 다음 조 전에 따라 결정

작업시간(hr)	물체의 수직위치에 따른 FMAX (lifts/min)	
	V > 75	V ≤ 75
1	18	15
8	15	12

다. 인체 역학적 방법(biomechanical method)

측정 가능하였던 101명의 근로자들에 대한 각 작업 공정 분석 자료와 작업자의 신체지수를 이용하여 컴퓨터 모델링(3D SSPP, 3-Dimensional Static Strength Prediction Program ver 2.0; University of Michigan)을 함으로써 각 작업자의 요추부위(L5/S1)에 걸리는 압력을 산출하였다.

이 컴퓨터 모델링 프로그램은 작업자의 중량물 취급 자세, 중량물의 무게 및 작업자 개인의 신체지수에 따라 요추 각 부위에 걸리는 압력을 예측하는 생체 역학적 모델 프로그램이다. 그러나 현재의 3D SSPP 프로그램은 작업자가 천천히 움직이는 것을 가정하여 3차원적인 순간 정지 동작에서 요추부위에 걸리는 압력을 예측하는 수준이다. 실제 작업자들은 중량물 취급 작업 시에 다양한 형태의 작업자세, 동적인 신체의 운동을 취하므로 이 3D SSPP 모델로 실제의 작업 부하량에 따른 요추부의 압력을 정확히 예측하는 데는 한계가 있다. 따라서 작업공정 분석에서 최저 허용 기준(action limits)을 구할 때 단순한 작업 자세를 설정한 것과 마찬가지로 각 근로자들 별로 고정된 작업자세를 일률적으로 적용하고, 신장과 체중 및 취급하는 중량물의 무게는 각 작업자들의 수치를 사용하였다. 프로그램을 실행하면 피

검사자의 신체 각 관절부위에 부과되는 각종의 예측 압력치가 산출되는데 예측된 압력들 중 요추부위 즉 L5/S1에 걸리는 압력을 선택하여 분석에 이용하였다. 이 때 입력되어야 하는 측정항목으로는 height, weight, sex, hand position (horizontal, vertical, lateral distance - right, left) (cm), hand orientation(supine, prone, semiprone), trunk status (flexion, axial rotation, lateral bending) (degree), posture (ankle, hips, elbow), weight of the load (kg), force vector (N) 이다.

다음의 그림은 작업 공정의 사진과 그에 따른 컴퓨터 모델링의 예시를 보여준 것이다. 첫 번째 사진

의 공정은 기계적으로 사출된 용접봉을 일정량 담은 뒤 지정 장소에 쌓는 작업을 보여주며(Fig. 1), 두 번째 사진은 이를 컴퓨터 모델링한 것이다(Fig. 2).

4) 통계적 처리방법

수집된 자료나 측정된 모든 자료를 SPSS/PC+에 코딩한 후 각 측정값의 분포상태를 살펴보고자 test of goodness를 행하였다. Kappa값을 이용하여 1차 설문내용과 2차 설문내용의 일치도를 봄으로서 설문 응답의 신뢰도를 보았으며 민감도와 특이도를 이용하여 설문내용과 결근기록의 일치도를 통하여 설문 응답의 타당도를 살펴보았다. 요통이 있는 군과 요통이 없는 군간의 비교는 질적 변수는 χ^2 -test



Fig. 1. Photography of the worker lifting the spinning

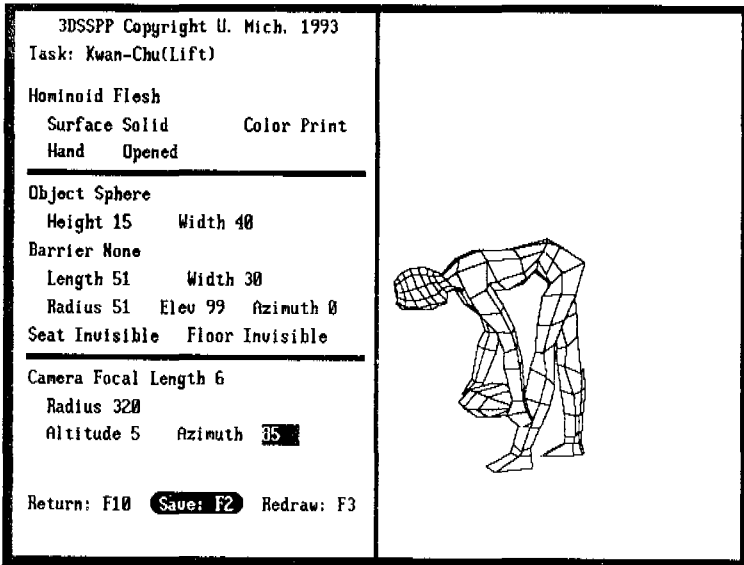


Fig. 2. Computer modelling to evaluate the L5/S1 disc compression force by 3D SSPP program for the above lifting worker

Table 1. The result of reproducibility in the 4 items about back pain between two questionnaires

	Status of back pain	First questionnaire				total
		no	past	intermittent	suspending	
Second question-naire	no	10	2	0	0	12
	past	4	6	1	0	11
	intermittent	2	3	34	1	40
	suspending	0	1	0	20	21
	total	16	12	35	21	84

Observed agreement : 0.83

Chance expected agreement : 0.31

Kappa coefficient : 0.76

를, 양적 변수는 student's t-test를 실시하였으며, P 값은 0.05 수준에서 유의하게 간주하였다. 또한 각종 요인과 요통과의 관련성을 보기 위해서 logistic regression analysis를 이용하였다.

연구 결과

1. 자료의 신뢰도 및 타당도 검사

설문조사의 신뢰도를 살펴보기 위하여 요통의 발생상태를 묻은 항목에 대하여 2차에 걸쳐서 조사를 실시하였다. 설문지 내용은 '허리에 통증을 느끼신 적이 있습니까?'에 대한 답으로 '없다' '과거에는 있었으나 현재에는 없다' '현재 가끔씩 아프다' '현재 항상 아프다' 라는 4가지 질문중 한 가지에 답하는 형태이다.

요통이 과거나 현재 없었다고 한 사람들은 첫 번째 설문조사에서는 16명이었는데 반해 두 번째 조사에서는 12명이었으며, 과거 요통을 경험한 경우는 첫 번째 조사의 경우 12명임에 반해 두 번째 조사에서는 11명으로 그렇다고 응답한 수가 감소하였다. 반면 현재 가끔씩 아프다고 호소한 사람들은 첫 번째 조사의 경우 35명임에 반해 두 번째 조사에서는 40명으로 응답수가 증가하였다. 처음 실시한 설문지에 답한 내용과 2차 실시한 설문지에 답한 내용의 일치도는 위의 Table 2와 같이 1차 때보다 2차 때 증상 호소율이 전체적으로 다소 증가한 편이었으나 Kappa치는 0.76으로 상당히 좋은 편(excellent)이었다(Table 1).

위의 질문에 답한 4개의 항목을 분석의 편리성을 위하여, 첫 번째와 두 번째 질문에 '그렇다'고 한

Table 2. The result of reproducibility in the 2 items about back pain between two questionnaires

	Status of back pain	First questionnaire		total
		no	yes	
Second questionnaire	no	22	1	23
	yes	6	55	61
	total	28	56	84

Observed agreement : 0.92

Chance expected agreement : 0.58

Kappa coefficient : 0.80

군을 합하여 '현재 혹은 최근에 요통과 관련이 없는 군'으로 하고, 세 번째와 네 번째 질문에 '그렇다'고 답한 군을 합하여 '현재 요통을 호소하는 군'으로 하여 크게 두 군으로 나누어 보아 비교해 본 결과, 위의 결과와 마찬가지로 현재나 최근 요통과 관련이 없는 군은 첫 번째 조사에서 23명인데 반해 두 번째 조사에서 28명으로 증가하였고 반면 현재 요통을 호소하는 군은 각각 56명, 61명으로 증가하였다. 두 군에 대한 두 설문 내용의 일치도는 Table 2와 같았으며 이 때 Kappa치는 0.80 이었다.

Table 3은 지난 2년간의 결론 여부에 대한 설문지의 타당도를 알아보기 위하여, 설문지에 대한 응답 내용과 회사내 출근부와 결론 사유서를 대조한 결과이다. 출근부에 요통으로 결론을 하였다고 한 사람은 13명으로 모두 설문조사에서도 요통으로 인하여 결론을 한 적이 있다고 응답을 하여 설문조사의 결론에 대한 민감도는 100 % 였다. 반면 출근부에 요통으로 인해 결론을 한 적이 없었던 사람은 총 348명

이었으며 이중 설문조사상 역시 요통으로 결근을 한 적이 없다고 응답한 사람은 345명으로서 설문조사의 결근에 대한 특이도는 99.1% 이었다(Table 3).

Table 3. The result of validity about absence due to back pain between questionnaire and absence record

Questionnaire	Status of absence	Absence record		total
		yes	no	
	yes	13	3	16
	no	0	345	345
	total	13	348	361

Sensitivity: questionnaire(+)/record(+)(%)=13/13×100=100

Specificity: questionnaire(-)/record(-)(%)=345/348×100=99.1

2. 연구 대상자의 특성

1) 조사 대상 근로자의 일반적 특성 비교

설문조사상 현재 가끔씩 허리가 아프거나 계속 아프다고 답한 군을 '요통을 호소하고 있는 군'으로, 전혀 허리가 아프지 않았거나 과거 아픈 적은 있었으나 현재에는 아무런 이상이 없다고 한 군을 '요통을 호소하지 않는 군'으로 크게 두 군으로 구분하여 비교 분석을 실시하였다.

Table 4는 조사 대상 근로자를 요통 호소에 따라 구분한 뒤 두 군간의 일반적 특성을 비교한 것이다. 조사 대상 근로자중 현재 요통을 호소하고 있는 비율은 조사 대상 361명중 160명으로 44.3%의 호소율을 보였으며, 현재 요통을 호소하고 있는 군과 요통을 호소하지 않는 군간의 연령별, 신장별, 체중별, 체질계수별로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 또한 두 군간의 결혼 여부나 수축

Table 4. Comparison of general characteristics between group without and with back pain

	Group without back pain (N=201)(%) Mean±SD	Group with back pain (N=160)(%) Mean±SD	P-value
Age(years)			
	34.8±7.8	33.2±8.2	0.072*
< 30	66(32.8)	70(43.8)	0.104**
30-39	88(43.8)	59(36.9)	
40 ≤	47(23.4)	31(19.3)	
Height (cm)	170.6±5.0	170.6± 9.5	0.988*
Weight (kg)	65.5±9.2	63.6±10.5	0.067*
BMI† (kg/m²)	22.5±2.9	21.9± 3.5	0.089*
Marriage			
yes	148(73.6)	114(71.3)	0.614**
no	53(26.4)	46(18.7)	
Blood pressure (mmHg)			
systolic	119.0±12.1	118.3±11.8	0.586*
diastolic	77.5± 8.6	76.8± 8.8	0.447*
SGPT (IU)††			
≤ 40	179(89.1)	143(89.4)	0.923**
40 <	22(10.9)	17(10.6)	

† : BMI (body mass index) ; weight(kg) / height(m)²

†† : SGPT ; Serum Glutamate Pyruvate Transaminase

* by t-test between group without and with back pain

** by χ^2 -test between group without and with back pain

기 혈압이나 이완기 혈압, 간기능 수치도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

2) 조사 대상 근로자의 직업특성 비교

Table 5는 조사 대상 근로자의 직업력을 비롯한 직업의 특성을 요통 여부에 따라 비교한 것이다. 현재 요통을 호소하고 있지 않는 군과 요통을 호소하고 있는 군간의 차이를 살펴보면, 요통을 호소하고 있지 않는 군이 요통을 호소하고 있는 군에 비해 근무기간이 길었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 작업 내용에 대한 요통의 발생여부를 살펴보면 중량물을 들거나 미는 작업을 하는 경우 그렇지 않은 경우에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 두 가지 작업을 병행하는 경우 더욱 큰 차

Table 5. Comparison of job characteristics between group without and with back pain

	Group without back pain (N = 201)(%) Mean±SD	Group with back pain (N = 160)(%) Mean±SD	P-value
Tenure (month)	101.9±74.0	82.9±73.7	0.016*
≤ 24	51(25.4)	62(38.8)	0.007**
25 - 48	16(8.0)	18(11.3)	
49 - 72	18(9.0)	6(3.9)	
73 ≤	116(57.6)	74(46.0)	
Major job content			
no lift or pull	85(42.3)	19(11.9)	0.000**
lift	63(31.3)	65(40.6)	
pull	42(20.9)	53(33.1)	
both(lift & pull)	11(5.5)	23(14.4)	

* : by t-test between group without and with back pain

** : by Fischer's exact test or χ^2 -test between group without and with back pain

Table 6. Distribution of study population of the department by the tenure

	Group with tenure ≤ 6 year (%)	Group with tenure > 6 year (%)	Total
Productive manager	13(39.4)	20(60.6)	33(100.0)
Maintenance	25(34.7)	47(65.3)	72(100.0)
Mix & pretreatment	22(25.9)	63(74.1)	85(100.0)
Spinning & packing	111(64.9)	60(35.1)	171(100.0)
Total	171(47.4)	190(52.6)	361(100.0)

이를 보인다고 할 수 있다($P < 0.01$).

Table 6은 Table 5의 결과 근속연수가 짧을수록 요통을 호소하는 근로자의 비율이 커 그 이유를 알아보기 위하여 각 부서에 근무하는 근로자를 근속연수별로 나누어 살펴 본 것이다. 조사 대상 사업장의 경우 6년 전부터 입사 근로자를 대상으로 요추 부위에 대한 방사선 검사 및 문진을 통해 요추 질환자나 방사선 이상 소견자에 대해 입사를 제한하여 왔기 때문에 근속연수가 6년이 넘는 군과 6년 이하인 군인 두 군으로 나누었다. 그 결과 중량물을 별로 취급하지 않는 생산직 관리자나 정비부, 혼합 및 전처리부의 경우 입사한지 6년이 넘는 군이 6년 이하인 군보다 약 2배지 3배의 비율로서 모두 비슷한 분포를 보이고 있다. 이에 반해 주로 중량물을 수동으로 취급하고 있는 신선, 방적 및 포장부의 경우 다른 부서와는 반대로 6년이 넘는 군보다 6년 이하인 군이 약 2배 가량 많은 분포를 보이고 있었다.

3) 요통 호소군의 특징

Table 7은 요통을 호소한 근로자들의 요통에 대한 특성을 살펴 본 것이다.

요통을 호소하는 160명중 입사후 1년 안에 통증이 생겼다고 한 사람은 49명(30.6%)이었으며 2년에서 5년 사이가 42명(26.3%)인데 반해 입사후 6년 뒤에 생겼다고 한 사람이 69명(43.1%)으로 가장 많았다. 요통이 발생한 원인은 근무중 생겼다고 한 사람이 129명(80.6%)으로 가장 많았고 집안일하다가 생긴 사람은 5명(3.1%), 운동 중에 요통이 발생한 사람은 9명(5.6%), 사고 등 기타의 원인으로 요통이 발생한 사람은 17명(10.6%)이었다. 요통이 발생한 지 1년 이상 되었다고 한 사람이 75명(46.9%)임에 반해, 요통 발생한 지 1년이 채 되지 않았다는 사람이 85명(53.1%)으로 더 많았다. 요통의 발생 형태를 살펴보면 갑자기 돌발적으로 발생

Table 7. Distribution of the subjects with back pain by the general characteristics

Characteristics	Number of subject (N=160)	%
Onset time after employment (yr)		
≤ 1	49	30.6
2 - 5	42	26.3
6 ≤	69	43.1
Cause of back pain		
at work	129	80.6
at homework	5	3.1
at exercise	9	5.6
other	17	10.6
Duration (year)		
≤ 1	85	53.1
1 <	75	46.9
Onset type		
sudden	50	31.3
insidious	110	68.7
Severity (Disability)		
minimal	125	88.1
moderate	35	21.9
severe	0	0.0
severely disabled	0	0.0
Treatment		
no	91	56.9
drug	12	7.5
acupuncture	13	8.1
physiotherapy	44	27.5
Other musculoskeletal problem		
no	63	39.4
yes	97	60.6
Physical finding		
negative	110	68.8
suspicious	47	29.4
definite	3	1.9

하였다는 사람이 50명(31.3%)임에 비해 서서히 점진적으로 발생하였다고 하는 사람이 110명(68.7%)으로 더 많았다. 요통에 의한 생활의 장애도를 살펴보면 경증 장애가 125명(88.1%)으로 가장 많았고 중증도 장애가 35명(21.9%)의 순이었다. 그 밖에 중증 장애나 다른 생활에 지장을 줄 정도의 중증 장애는 한 명도 없었다. 요통에 대한 치료의 행태를 살펴보면 별다른 치료를 하지 않고 있다고 응

Table 8. Comparison and distribution of energy expenditure between group without and with back pain

	Group without back pain	Group with back pain	P-value
Energy expenditure ^a (kcal/min)	1.70±0.25	1.73±0.28	0.473*
< 2.2	47(97.9)	50(94.3)	0.351**
2.2 ≤	1(2.1)	3(5.7)	
Total	48(100.0)	53(100.0)	

: mean ± standard deviation

* : by t-test between group without and with back pain

** : by Fischer's exact test between group without and with back pain

답한 사람이 91명(56.9%)으로 가장 많았고 물리치료 44명(27.5%), 한방치료 13명(8.1%), 약물치료 12명(7.5%)의 순이었다. 요통 외로 다른 골관절 계통의 통증을 동반한 사람은 97명(60.6%)으로서 주로 어깨와 목 부위의 통증을 호소하고 있었다. 요통에 대한 이학적 검사상 의심되거나 확진의 소견을 보이는 경우를 모두 양성 소견이라고 하였을 때 양성 소견을 보인 사람은 50명(31.3%)이었다.

3. 요통에 대한 인간공학적 평가

조사 대상 근로자들의 작업 내용중 순수하게 중량물을 드는 작업(lifting work)만을 하는 101명을 대상으로 작업내용에 대한 인간공학적 접근방법을 통해 요통호소와의 관련성을 살펴보았다.

1) 생리학적 방법(physiological method)

Garg가 실험적으로 산출한 공식(Garg, 1979)을 이용하여 중량물을 드는데 필요한 1분당 열량을 산출하여 요통과의 관련성을 살펴보았다.

요통을 호소하는 군의 중량물을 드는데 필요한 1분당 평균 에너지 소모량이 요통을 호소하지 않는 군의 평균치에 비해 높았으나 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다(Table 8)(P = 0.473). 또한 미국 산업안전보건국(NIOSH)에서 권고하고 있는 기준인 분당 2.2 kcal를 기준으로 나누어 살펴볼 때 요통을 호소하고 있는 군이나 호소하지 않는 군의 차이를 볼 수 없었다(NIOSH, 1981)(P = 0.351).

Table 9. Comparison of energy expenditure by onset type of back pain

	Group without back pain (N=48)	Group with sudden onset (N=17)	Group with insidious onset (N=36)
Energy expenditure (kcal/min)	1.70±0.25	1.68±0.26	1.75±0.29

P > 0.05 by ANOVA

Table 10. Comparison and distribution of action limit and overload between group without and with back pain

	Group without back pain	Group with back pain	P-value
Action Limit (kg) †	17.4±1.4	17.2±1.2	0.504*
Overload ††	1.6±0.5	1.9±1.5	0.005*
< 1.0	18(37.5)	9(17.0)	0.017**
1.0 - 3.0	30(62.5)	40(75.5)	
3.0(=MPL ††) <	0(0.0)	4(7.5)	
Total	48(100.0)	53(100.0)	

: mean ± standard deviation

† : Overload = weight of the load(kg) ÷ action limit(kg)

†† : MPL(maximum permissible limit) = AL × 3

* : by t-test between group without and with back pain

** : by Fischer's exact test between group without and with back pain

이를 요통의 발생형태에 따라 구분하여 비교한 결과 세 군간의 통계적인 차이는 보이지 않았다(Table 9)(P > 0.05).

2) 심리물리학적 방법(psychophysical method)
미국 산업안전보건국(NIOSH)의 최저 허용 기준(AL, action limit)과 이에 대한 취급 중량물 초과 정도(overload)를 요통 여부와 관계하여 살펴보았다(Table 10).

요통을 호소하는 군의 최저 허용 기준은 17.2 kg으로 요통을 호소하지 않는 군의 최저 허용 기준치인 17.4 kg와 차이가 나타나지 않았다(P = 0.504). 그러나 각 작업자가 실제로 취급하는 중량물의 무게를 그 작업자의 작업방법에 의한 허용 기준치로 나누어 살펴보면 요통을 호소하지 않는 군은 평균 1.6배의 중량물을 취급하는 반면 요통을 호소하는 군은 평균 1.9배의 중량물을 취급하여 통계적으로 유의하게 높은 소견을 보였다(P = 0.005). 허용 기준치 미만의 중량물을 취급하는 근로자는 요통을 호소하지

않는 군에서는 18명(37.5%)인데 반해 요통을 호소하는 군의 경우 9명(17.0%)에 불과했다. 또한 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 최저 허용 기준치의 3배 이상 되는 작업을 하는 경우 요추부의 장해를 일으킬 확률이 크다고 하여 최대 허용 기준치(MPL, maximum permissible limit)로 규정하고 있어 요통 호소와의 관련성을 살펴 본 결과, 요통을 호소하는 근로자중 4명(7.5%)이 이를 초과하고 있었으며 요통을 호소하지 않는 군에서는 나타나지 않아 통계적으로 유의한 차이를 보였다(P = 0.017).

허용 기준치와 초과 중량물 취급 정도를 요통 발생 형태로 나누어 살펴보면, 돌발적 요통 발생군이 최저 허용 기준치의 2.1배의 중량물을 취급하여 요통 비호소군의 1.6배에 비해 통계적으로 유의하게 높았다(Table 11)(P < 0.01). 반면 점진적 요통 발생군은 최저 허용 기준치의 1.8배의 중량물을 취급하여 요통 비발생군에 비해 높았지만 통계적인 차이는 보이지 않았다(P > 0.05).

또한 돌발적 요통 발생군은 17명 전원(100%)이 최저 허용 기준치를 초과한 중량물을 취급한 반면 점진적 요통 발생군중 27명(75%)이, 요통 비호소군은 30명(62.5%)이 최저 허용기준치를 초과한 중량물을 취급하고 있었다($P < 0.01$).

3) 인체 역학적 방법(biomechanical method)

측정 가능하였던 101명의 근로자들에 대한 각 작업 공정 분석 자료와 작업자의 신체지수를 이용하여 컴퓨터 모델링(3D SSPP, 3-Dimensional Static Strength Prediction Program ver 2.0, University of Michigan)을 함으로써 각 작업자의 중량물 취급시 요추부위(L5/S1)에 걸리는 압력을 산출하여 요통 호소와의 연관성을 살펴보았다(Table 12).

요통을 호소하는 근로자 53명에 대한 1회 중량물

인양 작업으로 인해 요추부에 걸리는 압력은 평균 4060.5 N(Newton)이었으며 최저 허용 한계치 설정 근거인 3400 N을 초과하였다(Table 12). 반면 요통을 호소하지 않는 군의 1회 중량물 인양 작업시 걸리는 요추부 압력은 3334.0 N으로 최저 허용 한계치인 3400 N보다 낮은 수준을 보였으며 요통을 호소하는 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮음을 알 수 있었다($P = 0.001$). 또한 미국 산업안전보건 연구원에서 권고하고 있는 최저 허용 한계치인 3400 N으로 나누어 두 군간의 차이를 살펴보면, 요통을 호소하고 있는 군은 한계치 이상이 38명(71.7%)으로 요통을 호소하고 있지 않는 군 19명(39.6%)에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P = 0.001$) (Table 12).

요추부위의 압력과 최저 허용 한계치와의 관계를 요통 발생 형태로 나누어 살펴보면 돌발적 요통 발

Table 11. Comparison and distribution of overload by onset type of back pain

	Group without back pain	Group with sudden onset	Group with insidious onset
Overload † * #	1.6±0.5	2.1±0.2	1.8±0.6
< 1.0 **	18(37.5)	0(0.0)	9(25.0)
1.0 - 3.0	30(62.5)	16(94.1)	24(66.7)
3.0 <	0(0.0)	1(5.9)	3(8.3)
Total	48(100.0)	17(100.0)	36(100.0)

: mean ± standard deviation

† : Overload = weight of the load ÷ action limit

* : $P < 0.01$ by t-test between group without back pain and with sudden onset

** : $P < 0.01$ by Fischer's exact test between group without back pain and with sudden onset

Table 12. Comparison and distribution of L5/S1 disc compression force between group without and with back pain

	Group without back pain	Group with back pain	P-value
L5/S1 Disc Compression Force # (Newton)	3334.0±476.0	4060.5±1310.1	0.001*
< 3400	29(60.4)	15(28.3)	0.001**
3400 ≤	19(39.6)	38(71.7)	
Total	48(100.0)	53(100.0)	

: mean ± standard deviation

* : by t-test between group without and with back pain

** : by χ^2 -test between group without and with back pain

생군의 요추 압력은 4109.5 N, 점진적 요통 발생군의 요추 압력은 4013.9 N으로 비요통 발생군의 3334.0 N 에 비해서는 모두 통계적으로 유의하게 높았지만($P < 0.01$) 두 발생 형태 군간의 유의한 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$)(Table 13). 또한 미국 산업안전보건 연구원에서 권고하고 있는 최저 허용 한계치인 3400N으로 나누어 차이를 살펴보면, 돌발적 요통 발생군의 경우 13명(76.5%), 점진적 요통 발생군의 경우 24명(66.7%)이 허용 한계치를 넘는 압력이 요추부위에 걸려 있는데 반해 요통 비호소군의 경우 19명(39.5%)이 초과된 압력에 폭로되고 있어, 돌발적 요통 발생군이나 점진적 요통 발생군이 비요통군에 비해 유의하게 많았지만($P < 0.01$) 두 발생 형태 군간의 유의한 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$)(Table 13).

(4) 인간공학적 방법을 통한 요통 유발 인자 규명 각 인간공학적 방법을 통해 구한 측정값과 요통 발생과의 관련성을 살펴보기 위하여 연령, 근무기

간, 요추에 걸리는 압력, 허용 기준치 초과 비율, 작업당 소모되는 에너지의 양, 1분당 중량물을 드는 횟수를 독립변수로, 요통의 호소 여부를 종속변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 이용하여 분석하였다(Table 14, 15, 16).

전체적인 요통 호소군과 비호소군을 종속변수로 로지스틱 회귀분석을 한 결과 요추 부위에 걸리는 압력의 경우 교차비가 10.02이었고, 1분당 중량물을 드는 횟수에 대한 교차비는 8.42로서, 요추부위에 걸리는 압력이 10 N 증가함에 따라 또는 1분당 중량물을 드는 횟수가 1회 증가함에 따라 요통의 발생이 각각 10.02배와 8.42배 증가함을 알 수 있다(Table 14). 그 밖에 연령, 근속연수, 취급 중량물 초과율, 에너지 소모량 등의 변화가 요통의 발생과 관련이 없음을 알 수 있다.

돌발적으로 생긴 요통에 대한 유발 요인을 알아보기 위하여 요통 비호소군을 '0'으로 코딩(coding)하고 점진적 요통 발생군을 제외한 돌발적 요통 발생군만을 '1'로 코딩하여 로지스틱 회귀분석을 시행하

Table 13. Comparison and distribution of L5/S1 disc compression force by onset type of back pain

	Group without back pain	Group with sudden onset	Group with insidious onset
L5/S1 disc compression force (Newton)* #	3334.0±476.0	4109.5±1108.6	4013.9±1414.7
< 3400 **	29(60.4)	4(23.5)	12(33.3)
3400 ≤	19(39.6)	13(76.5)	24(66.7)
Total	48(100.0)	17(100.0)	36(100.0)

: mean ± standard deviation

* : $P < 0.01$ by t-test between group without back pain and other groups

** : $P < 0.01$ by Fischer's exact test or χ^2 -test between group without back pain and other groups

Table 14. Association with back pain in logistic regression analysis (N=101)

Variable	Coefficient	S.E.	P-value	POR*	95% confidence interval	
Age (year)	0.05	0.06	0.39	1.05	0.93	1.19
Tenure (year)	-0.01	0.01	0.53	0.99	0.98	1.01
L5/S1 compression force(×10) (N)	0.01	0.01	0.01	10.02	10.01	10.03
Overload	0.12	0.18	0.51	1.12	0.79	1.59
Energy (kcal)	-1.41	1.26	0.26	0.25	0.02	2.88
Freq/min	2.13	0.99	0.03	8.42	1.21	58.69

* : POR : prevalence odds ratio

Table 15. Association with group of sudden onset with back pain in logistic regression analysis (N=65)

Variable	Coefficient	S.E.	P-value	POR*	95% confidence interval	
Age (year)	0.08	0.12	0.49	1.08	0.86	1.37
Tenure (year)	-0.01	0.01	0.48	0.99	0.97	1.02
L5/S1 compression force($\times 10$) (N)	0.01	0.03	0.12	10.04	9.99	10.10
Overload	2.67	1.24	0.02	14.48	1.28	163.95
Energy (kcal)	-3.49	3.06	0.25	0.03	0.01	12.26
Freq/min	0.01	0.06	0.08	1.01	0.99	1.02

* : POR : prevalence odds ratio

Table 16. Association with group of insidious onset with back pain in logistic regression analysis (N=84)

Variable	Coefficient	S.E.	P-value	POR*	95% confidence interval	
Age (year)	0.07	0.07	0.27	1.08	0.94	1.22
Tenure (year)	-0.01	0.01	0.70	0.99	0.98	1.01
L5/S1 compression force($\times 10$) (N)	0.01	0.02	0.01	10.04	10.01	10.08
Overload	-0.11	0.17	0.10	0.91	0.65	1.25
Energy (kcal)	-2.64	1.99	0.18	0.07	0.01	3.54
Freq/min	0.01	0.01	0.05	1.01	1.00	1.02

* : POR : prevalence odds ratio

였다. 그 결과 최저 허용 기준치를 초과한 중량물을 취급한 경우 교차비가 14.48로서 취급 중량물 초과율이 1.0배 초과함에 따라 요통의 발생이 약 14.48배 증가함을 알 수 있었다(Table 15). 반면 연령, 근속연수, 요추에 걸리는 압력, 에너지 소모량, 분당 중량물 드는 횟수의 증가에 따른 돌발적 요통의 발생 증가는 보이지 않았다.

반대로 점진적으로 생긴 요통에 대한 유발 요인을 알아보기 위하여 요통 비호소군을 '0'으로 코딩하고 돌발적 요통 발생군을 제외한 점진적 요통 발생군을 '1'로 코딩하여 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과, 전체 요통 호소군과 비호소군간의 관계와 마찬가지로 요추 부위에 걸리는 압력과 분당 인양 횟수에 대한 교차비가 각각 10.04, 1.01로서 각각의 증가에 따라 점진적 요통 발생의 가능성을 높인다는 것을 알 수 있었다(Table 16).

고 찰

최근 들어 반복적이며 지속적으로 힘을 가하는 작업이 상지의 근육, 인대, 신경에 장애를 유발한다는 많은 연구들이 있다. 그러나 이러한 작업이 일으킬

가능성이 있는 신체부위별 모든 근골격계 질환에 대한 객관적이며 명확한 기준이 설정되어 있지 않기 때문에 많은 연구에서 질환의 진단 기준에 따르기보다는 설문이나 문진 등을 통해 응답한 통증 자체를 많이 이용하고 있다. 이러한 문제점은 그 동안 직업성 요통의 발생요인에 대한 조사나 연구를 분석한 연구에서도 알 수 있다. 1981년부터 1990년까지 실시된 조사나 연구의 형태를 분석한 연구에 의하면, Medline에 게재된 논문 중 직업성 요통에 대한 역학적 연구 총 81편중 47편은 폭로 위험 요소에 대한 분석이 전혀 시행되지 않았으며 나머지 34편중 폭로 평가를 설문지로만 이용한 것이 26편, 관찰을 통한 폭로 평가가 5편에 반해 직접적인 측정을 통한 분석은 3편에 불과하였다고 하였다(Frymoyer 등, 1980). 또한 설문조사를 이용한 연구에서 요통에 대한 정확한 정의가 이루어지지 않은 상태에서 이루어지는 경우가 많았으며, 설문과 관찰을 동시에 실시하여 설문에 답한 내용의 타당도를 평가한 연구에 의하면 작업자세나 작업방법에 대한 내용 중 단지 10%만이 일치율을 보였다고 하였고 하여 설문조사의 타당도나 신뢰도에 문제가 있었음을 알 수 있다(Hagberg 등, 1982).

본 연구에서는 요통으로 인한 상태나 요통군과 비요통군을 비교하기 위한 기준을 설정하기 위하여 설문조사를 이용하였다. 요통에 대한 설문을 두 차례 시행하여 그 신뢰도를 파악하였으며 결근 여부에 대한 응답 내용과 실제 결근 자료를 비교 검토함으로써 타당도를 파악하고자 하였다. 그 결과 1차와 2차 설문에 대한 응답의 차이는 1차때 다른 근로자들이나 관리자들이 주위에 있는 등의 외적 환경 요건에 의해 덜 답하였거나, 2차 설문시 일반 질환에 과민한 상태에서 답하여 과잉 반응을 보였다고도 볼 수 있다. 또는 1차와 2차 설문의 실시 기간의 차이가 있어 그 동안의 요통 발생 등에도 역시 영향을 미칠 수 있었으리라 볼 수 있지만 두 설문간의 큰 차이는 보이지 않았다. 또한 결근여부에 대한 질문에 답한 경우가 출근부의 내용보다 3건이 초과한 것은 본인은 요통으로 결근하였다고 보았으나 회사에서 처리가 되지 않았거나 이에 따른 진단서를 제출하지 않은 경우이거나 설문 내용에 대한 과대 반응이라고도 볼 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에 대한 신뢰도와 타당도 검증 결과 상당히 좋은 결과를 보여 이후의 분석을 시행하는데 어려움이 없었으나 검증 결과가 좋지 않을 때 과연 어떻게 보정해야 하며 검증 결과를 좋게 하기 위해서 어떠한 요소가 필요한지에 대해서는 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다. 또한 질문상의 요통에 대한 정확한 정의나 그 정도에 대한 명확한 규정이 주어지지 않은 상태에서의 질문이 갖는 주관적인 측면이나 통증에 대한 개인적 역치의 차이를 보정하기 위한 다른 보완적 장치의 필요성이 있다고 하겠다.

본 연구 결과 조사 대상 사업장에 근무하는 근로자중 44.3 %가 조사 당시 현재 요통을 호소하고 있었는데 주로 생산직 근로자로서 중량물을 취급하는 작업에 종사하고 있는 근로자들이었다. 또 하나의 흥미로운 사실은 요통을 호소하고 있는 군이 요통을 호소하고 있지 않는 군에 비해 평균 근무기간이 통계적으로 유의하게 짧았다는 점이다. 이러한 현상에 대한 설명은 Table 6을 통해 할 수 있는데 중량물을 별로 취급하지 않는 생산직 관리자나 정비, 전처리 부서에 근무하는 근로자의 경우 부서간 비율이 장기 근속자나 최근에 입사한 근속자간의 큰 차이를 보이지 않는 반면, 주로 중량물을 취급하는 신선, 포장부서의 근로자들의 경우 최근에 입사한

근로자의 수가 많거나 혹은 오래 전에 입사한 근로자의 수가 적은 경향을 보이고 있다. 과거에 비해 현재의 공정이 별로 바뀐 것이 없으며 각 부서간의 이동이 거의 없고 각 부서간의 근로자들의 비율이 비슷하다고 볼 때 중량물을 취급하는 부서에서 근무하는 근로자들의 경우 장기 근속자들이 어떤 원인으로 인하여 이직 등의 이유로 조사대상에서 제외되었다는 사실을 알 수 있다. 즉 중량물을 주로 취급하는 부서일수록 요통 환자가 급증하였을 뿐만 아니라 이로 인해 이직을 하게 되는 경우가 많아 요통과 근속 연수간에 차이가 생겼다고 가정할 수 있다. 즉 근속 연수가 길수록 요통환자의 수가 감소되는 이유는 건강상의 이유로 이직을 하게 되어 건강 근로자 효과(healthy worker effect)가 나타난 것이라고 볼 수 있을 것이다. 그러나 자세한 원인은 본 연구와 같은 단면 조사에서는 불가능하며 추적 검사를 통해 규명할 수밖에 없을 것이다.

요통군과 비요통군을 구분하는데 있어서 사용할 수 있는 방법으로 본 연구에서 적용할 수 있는 다른 방법으로는 요통에 의한 장애정도에 따라 구분하는 방법과 이학적 검사상 결과를 이용하는 방법이 있을 것이며 그 외로 방사선 소견을 이용하는 방법이 있을 것이다(Rom, 1992).

첫 번째의 요통에 의한 증상 즉 생활상 장애 정도로 나누어 비교하는 방법을 생각해 보면 역시 주관적 평가를 통한 방법으로서 설문에 의한 요통 여부로 구분하는 것과 같은 한계성을 갖게 된다고 볼 수 있다. 그러나 그 중증도에 따른 구분을 하여 비교할 수 있다는 점에 있어서는 장점이 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 설문에 의한 증상 조사결과 대부분(88.1%) 경증 장애이고 나머지(21.9%)는 중등도 장애로서 중증 장애나 다른 생활에 지장을 줄 정도의 심한 중증 장애는 한 명도 없었다. 이는 위에서 언급한 바와 마찬가지로 중증도 장애 이상의 경우 정상적인 작업을 하기 어려워 회사를 그만두어 탈락되었을 가능성이 있기 때문이라고도 볼 수 있다.

두 번째의 방법으로 이학적 검사상 음성군과 양성군을 비교하는 방법으로 위의 설문지를 이용하는 방법에 비해 좀 더 객관적인 방법이라고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 이의 타당도나 신뢰도를 높이기 위한 방법이 고안되어 있지 않은 상태라 분석을 더 진행시키지 못하였다. 또한 이학적 검사의 내용

Table 17. Variables in lifting equation of each analysis method

Variables	Physiological method	Psychophysical method	Biomechanical method
Worker factor	sex	○	○
	height		○
Work condition	weight	○	○
	static		○
Work intensity	dynamic	○	○
	load	○	○
	frequency	○	○

상 어느 한 검사에서 양성이라면 다른 검사에서 음성이라도 본 검사상에서는 양성군으로 처리하였는데 이러한 방법이 과연 타당성이 있는 방법인지 검증되지 않은 것이다. 즉 본 연구에서는 이학적 검사를 세 가지로 한정시켜 적용하였지만 그 수를 증가시키는 경우 양성 소견의 증가를 가져올 수 있다는 문제가 생긴다. 또한 본 연구에서 양성 소견의 숫자가 통계적 처리를 하기 힘들 정도로 적어 의양성 소견도 양성으로 처리하여 비교를 시도해 보았지만, 의양성에 대한 개념이나 정의가 내려지지 않고 단지 의사의 경험적 판단에 근거하였다는 측면에서 문제를 제기할 수 있으리라고 보여진다.

세 번째의 방법으로는 방사선 소견을 통하여 정상군과 비정상군으로 구분하여 비교를 시행하는 방법이다. 이러한 시도는 채용전 근로자들을 대상으로 요추부 방사선 촬영을 한 뒤 추적조사에서 요통의 발생과의 관련성을 살펴본 연구에서 이루어졌었다 (Rom, 1992). 그러나 연구결과에 의하면 채용전 검사에서 심한 척추분리증을 제외하고 척추 이분증이나 만곡증과 같은 이상 소견을 보인 근로자들에게서 더 높은 요통의 발생률을 보인다는 소견은 없었다고 하였으며 요통 호소군과 비호소군 사이의 방사선적으로 유의하게 감별할 수 있는 소견은 극히 제한적이라고 하였다. 따라서 요통을 진단하는데도 감별력이 떨어지게 되므로 근로자들의 선별(screening) 검사로서의 방사선 촬영은 비용-효과적인 측면에서도 그 효과가 의심된다고 할 수 있다. 본 연구 대상 사업장의 경우 약 6년 전부터 채용시 방사선 검사를 하여 요추에 이상이 조금이라도 있는 근로자의 경우 요통 유발 가능성이 높지 않을까 하여 채용을 하지 않아 왔는데 과연 6년전 이전에 입사한 근

로자들보다 방사선 촬영을 통해 선택된 근로자들에게서 요통이 덜 발생하였다는 근거는 본 조사에서는 알 수 없었다.

즉 요통을 유발시킬 수 있는 폭로치를 객관적으로 측정하지 않은 상태에서의 설문만을 이용한 조사나 연구는 한계점을 가질 수밖에 없다고 보아 최근 인간공학적 분석을 통하여 사업장 근로자의 폭로를 평가하고자 하는 시도가 아래의 Table에서 제시한 것과 같이 여러 방면에서 활발하게 이루어져 왔다 (Waters 등, 1993).

Table 17은 중량물 취급을 하는데 있어 각 분석의 접근 방법의 차이를 알 수 있도록 각 공식에서 사용되고 있는 변수를 조사자가 정리해 본 것이다. 즉 각각의 방법에서 사용하고 있는 공식에서 취급하고 있는 변수를 작업자 조건(성별, 신장, 체중), 작업 조건(작업자세나 방법을 단순 정적 작업으로 하는가 동적인 가속도를 이용하여야 하는가), 작업 강도(중량물의 하중, 빈도)의 면에서 고려하여 살펴본 것이다. 생리학적인 방법에서는 작업자의 조건중 성별과 체중, 작업강도 등의 변화에 따른 작업시 열량 소모량을 산출함으로써 피로에 의한 부하를 예측하는 것으로 불안정한 작업자세나 작업방법에 의한 차이는 고려되지 않았다. 따라서 요통을 예방하기 위한 목적으로 이 공식을 이용했을 때 불량한 작업자세나 작업장의 조건 개선의 요구는 그 근거가 희박하게 된다. 반면 심리물리학적 방법은 이러한 작업 조건과 작업강도에 대해서는 고려되었지만 작업자의 요소가 누락되어 있다. 마지막의 인체 역학적 방법은 위의 모든 장단점을 고려하여 대부분의 요소를 공식에 포함시켰지만 동적인 요소 즉 힘의 가속과 작업횟수에 의한 가중의 문제가 풀어야 할 문제로

남아 있는 것이다(Astrand 와 Rodahl, 1986).

이를 근거로 본 연구의 결과를 살펴보면 인체 역학적 연구결과 요추에 걸리는 압력과 작업 횟수가 증가할수록 또는 허용기준치를 초과한 중량물을 취급할수록 요통 호소와 유의한 관련성이 있었음을 알 수 있었다. 반면 생리학적 방법을 이용한 수치와는 큰 관련성을 보이지 않았다. 이를 통해 본 연구의 대상 사업장의 중량물 취급 근로자들의 경우 요통 발생이 작업자의 조건이나 작업 강도보다는 작업자 세나 작업방법과 같은 작업조건과 밀접한 관련이 있을 수 있다는 점을 알 수 있다. 더욱 흥미로운 사실은 요통 발생 형태에 따라 그 유발 요인의 차이가 있다는 점이다. 즉 요통의 발생 형태가 돌발적인 경우 허용 기준치를 얼마나 초과한 중량물을 취급하였는가에 따라 결정된다는 사실이다. 반면에 요통의 발생 형태가 점진적인 경우 얼마나 무거운 중량물을 취급했는가가 아닌 불안한 작업자세로 인해 요추부위에 걸리는 압력의 증가나 빈번한 작업 횟수 등으로 인해 요통이 유발되었다는 것을 볼 수 있다. 즉 요통에 대한 원인이 상당히 다양하기 때문에 어떠한 작업장에서 문제점을 파악하여 요통에 대한 대책을 세우는데 있어서 고려해야 할 것이 상당히 많아 곤란한 문제에 부딪혀 왔다. 따라서 일반적인 요통에 대한 무조건적인 대책을 세우는 것보다 요통 발생 형태의 분석을 통한 실제적인 대책의 성립이 필요하다는 것이다. 본 연구의 결과를 근거로 할 때 근로자들의 요통 발생 형태가 돌발적으로 일어나는 경우가 많은 사업장의 경우 가급적 중량물의 무게를 줄이는 방법이 우선적으로 이루어져야 하는데 반해 요통 발생 형태가 점진적으로 일어나는 경우가 많은 경우 중량물의 무게가 아닌 불안정한 작업자세를 교정함으로써 요추부위에 걸리는 압력을 줄이고 작업 횟수와 같은 작업 강도를 줄이려는 노력이 우선적으로 이루어져야 한다는 사실을 알 수 있을 것이다.

그러나 본 연구의 결과는 작업자의 중량물의 취급 방법이 드는 작업(lifting)에 한하여 동적인 요소보다는 정적인 요소에 의한 작업을 하는 근로자에 국한시켜 적용할 수 있는 분석 방법들로서, 미는 작업(pushing)을 하는 근로자의 경우나 주로 동적 작업을 하는 군에 대해 이러한 방법들을 적용하기가 어려운 점이 있다고 할 수 있다. 즉 위에서 적용한 방법이나 이를 통해 얻어진 결과는 제한된 일부 영역

에서 사용될 수는 있지만 다른 골관절 계통의 문제에 대한 인간공학적 접근 방법으로는 아직 풀어야 할 문제점이 많다고 할 수 있다(Waters 등, 1993).

미국 산업안전보건국(NIOSH)에서는 1991년 모임을 갖고 과거 1981년도 제시한 허용 기준치(action limit)의 개념에 위의 세 가지 접근 방법을 고려하여 중량물 취급 권고 허용치(recommended weight level, RWL)를 산출하는 공식을 제시하였다(Waters 등, 1993). 이 공식은 과거 허용 기준치를 산출하는 공식에 작업자세의 비대칭성, 물건 취급 자세의 안정성 등에 대한 요소를 첨가시킨 것으로 발전적 의미가 있지만 동적인 요소의 고려는 아직 미흡한 형태이다(Waters 등, 1993). 본 연구를 시행하면서 이 공식도 역시 적용시켜 본 결과 1981년 공식으로 구한 허용 기준치에 비해 상당히 낮은 수준의 중량이 권고 기준치로 산출됨으로서 근로자의 보호적 측면에서 상당히 바람직하다고 볼 수 있었다. 그러나 요통을 호소하거나 호소하지 않는 군들에 적용하여 권고치 초과 부하량을 비교하여 본 결과, 모든 근로자가 권고치를 상회하는 중량물을 취급하고 있었으며 두 군간의 감별력이 떨어지게 되는 문제점이 발생하였다. 또한 본 연구 대상의 사업장과 같이 거의 일정 중량의 물건을 취급하는 사업장의 경우 이 권고치를 적용하여 권고치 이하의 작업량으로 감소시키기 위해서는 기술적, 경제적 어려움을 동반하여 현실화시키기에는 어려운 점이 있을 것이라고 보여져 계속적인 검토 연구가 필요하다. 또한 더 고려해야 할 점은 위의 접근 방법 중 심리 물리학적 방법이나 생리학적 방법과 이들 연구를 토대로 제시한 NIOSH의 방법들의 경우 주로 미국과 같은 서구에서 이루어졌다는 사실이다(Ayoub 와 Mital, 1989). 즉 공식에 포함한 상수(constant)나 허용 기준치의 근거가 평균 미국인이나 유럽인들과 같은 서구인들을 중심으로 산출한 것이므로 한국인과 같은 동양인들에게 적용할 수 있을 지에 대한 검증과정이 이루어져야 하며 이에 맞도록 조정을 해야 한다고 생각한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같은 점을 들 수 있다.

첫째, 본 연구의 대상 근로자를 설문 조사를 근거로 현재 요통을 호소하는 군과 호소하지 않은 군으로 나누어 비교한 점이다. 위에서 지적한 바와 같이

설문조사 자체가 한계성을 지니고 있어 본 연구에서는 설문조사의 신뢰도를 증가시키기 위하여 반복 설문과 객관적 자료 대조 등을 통하여 이 점을 극복하였다고 하지만 통증이라는 자체가 갖는 주관적 요소를 배제할 수는 없다고 본다. 즉 통증을 호소한다는 점에 대해서 개인적 감수성과 문화적, 사회적 특성들에 의해 크게 좌우된다고 할 수 있다. 그러나 현재의 연구 수준상 이를 효과적으로 대체할 만한 방법이 개발되지 못한 상태에서 추후 연구에 있어서 적절한 응답을 받아 낼 표준적인 설문지의 개발의 의미는 크리라고 본다.

둘째, 요통군을 분류하는데 과거 요통의 경험이 있는 군을 현재 요통을 호소하지 않는 군으로 분류함으로써 갖게 되는 문제점이다. 그러나 설문 조사 시 과거 요통의 경험이 있다고 응답한 사람의 요통 실병력은 주로 어릴 적이나 군대 훈련시 사고나 갑작스런 무리한 동작으로 요통을 경험한 경우이며 단시간의 안정 요법이나 물리 요법으로 치유되어 현재는 문제가 없다고 한 경우들이 대부분으로 요통 발생 형태가 돌발적이지 점진적 형태는 거의 없었다. 따라서 본 연구의 목적이 요통 발생 형태중 점진적 발생을 주된 관점으로 보았을 때 점진적 군과 그 외의 군과의 비교 분석 방법에 있어서 분류의 오류(misclassification bias)는 거의 나타나지 않으리라는 점이다.

셋째, 조사 대상 사업장의 경우 요통 환자의 발생을 예방하고자 약 6년 전부터 요추 부위에 대한 방사선 촬영을 통해 비정상 소견을 보이고 있는 경우 입사를 제한시켰다는 점에서 근속 연수에 따른 선택편견(selection bias)이 있을 수도 있다는 점이다. 이는 위에서 제시한 바와 같이 이에 대한 다른 연구에서 별로 큰 영향이 없었다고 제시하고 있지만 본 조사의 결과에서 이를 확실하게 입증할 만한 증거를 찾을 수는 없었다. 단지 각 부서간 근속 연수별 차이를 통해 건강 근로자 효과(healthy worker effect)가 있었음을 알 수 있었지만 이러한 점이 선택편견에 대한 점을 설명할 수는 없다. 이는 단면조사가 가진 한계성으로서 추적조사를 통해서만이 위에서 언급한 바와 같은 입사전 방사선 촬영에 대한 효과나 선택편견의 여부, 나아가 건강 근로자 효과에 대한 명확한 결론을 얻을 수 있으리라 본다.

넷째, 인간공학적 평가에 있어서 상당히 제한적인

경우에만 적용하여 얻어진 결과를 일반화하기가 무리라는 점이다. 이러한 문제점은 위에서도 언급한 바와 같이 조사 대상 사업장에 종사하는 근로자들 중 다수를 차지하는 미는 작업을 하는 근로자들에 대한 정확한 평가가 힘들뿐만 아니라, 드는 작업에 있어서도 단지 정적인 동작만을 통해 분석한다는 점은 현실적이지 못하다고 할 수 있다. 따라서 이를 극복할 수 있는 새로운 방법들의 개발이 시급하며 이러한 방법들은 좀더 경제적이고 간단하게 고안되어 현장에서 쉽게 적용할 수 있다면 바람직하다고 본다.

결 론

중량물을 취급하는 일개 사업장에 종사하는 성인 남성 근로자를 대상으로 요통의 현황 파악 및 요통을 유발시키는 작업요인을 규명하고자 생산직 근로자 361명을 대상으로 요통에 대한 설문조사를 실시하였으며, 중량물 취급 근로자 101명의 작업 분석을 인간공학적 접근 방법을 통해 인체에 미치는 영향을 측정하여 아래와 같은 조건을 얻었다.

요통 여부에 대한 설문을 2차에 걸쳐 시행한 후 신뢰도를 조사한 바 Kappa 값은 0.76-0.80 이었으며, 요통으로 인한 결근 여부에 대한 타당도를 살펴본 결과 민감도는 100%, 특이도는 99.1% 이었다.

조사 대상 361명에 대한 설문 조사 결과 '요통 호소군'과 '요통 비호소군'으로 나누어 분석한 바, 요통 호소군은 160명(44.3%)이었으며 연령별, 체형별, 결혼 여부 및 혈압, 간기능 검사상 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 요통 호소군이 요통 비호소군보다 근무 기간이 유의하게 짧았고 작업 내용상 중량물 취급 근로자들에게 요통 호소율이 유의하게 높았다.

요통 호소군의 특성을 살펴보면 요통의 발생이 작업에 기인하였다고 답한 사람들이 많았으며(80.6%), 요통 발생이 점진적으로 된 사람들(68.7%)이 돌발적으로 발생한 사람들보다 많았다. 요통에 의한 장해정도는 대부분 경미하였으며(88.1%) 치료를 하지 않고 있는 사람들(56.9%)이 많았고 이학적 검사상 음성의 비율이 높았다(68.8%).

인간공학적 접근 방법에 따른 평가와 요통 호소와의 관련성을 살펴보면 생리학적 방법으로 분석한 분

당 평균 에너지 소모율은 두 군간의 차이가 없었으나, 심리물리학적 방법으로 분석한 허용 기준치를 이용하여 작업당 초과 중량물 취급율은 요통 호소군이 허용치의 1.9배를 취급하여 1.6배를 취급하는 요통 비호소군에 비해 유의하게 높았다. 컴퓨터 모델링 방식을 이용한 인체 역학적 방법으로 분석한 요추부위에 걸리는 압력은 요통 호소군이 비호소군에 비해 유의하게 높았으며, 각 방법으로 구한 값과 근로자의 일반 특성을 독립변수로 하여 요통 호소에 대한 로지스틱 회귀분석을 시행한 바 요추에 걸리는 압력과 분당 중량물 취급 횟수가 통계적으로 유의하였다. 이를 요통 발생형태에 따라 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과 돌발적 요통발생군의 경우 초과 중량물 취급율이, 점진적 요통발생군의 경우 요추에 걸리는 압력과 분당 중량물 취급 횟수가 요통 발생과 관련이 있음을 알 수 있었다.

이상으로 인간공학적 평가를 통해 요통에 대한 유발인자를 밝힐 수 있었으며 요통 발생 형태에 따라 다른 형태로 나타남을 알 수 있었다. 그러나 추후 전향적 추적 검사를 통해 인간공학적 위험 평가군에서의 요통의 발생 여부에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 본다.

인용 문헌

김대환, 김정호, 신해림, 전진호, 김용완, 이채언, 제조업 근로자들의 작업과 연관된 요통의 위험 요인에 관한 연구. 예방의학회지 1993; 26(1): 20-36.

노동부. 근로자 건강진단 실시 결과. 서울: 노동부, 1996.

대한정형외과학회. 정형외과학. 제 3판. 서울: 최신회사, 1989: 365-366.

박암. 일부 제조업 근로자들의 요통 유병율과 요인에 관한 조사. 예방의학회지 1993; 26 (1): 37-48.

천용희. 경인 일부지역 정기간강진단 수진 근로자중 요통 호소자의 방사선소견. 대한산업의학회지 1994; 6(1): 26-31.

Anderson G, Svensson HO. Prevalence of low-back pain(in Sweden). Social Plan on National Report 1979; 22: 11.

Astrand PO, Rodahl K. Textbook Work Physiology. 3rd ed. New York: McGraw Hill Inc, 1986: 356.

Ayoub MM, Mital A. Manual Materials Handling. London: Taylor & Francis, 1989.

Buckle PW, Kember PA, Wood AD, et al. Factors influencing occupational back pain in Bedfordshire. Spine 1980; 5(3): 254-258.

Chaffin DB. A computerized biomechanical model: development of and use in studying gross body actions. J Biomechanics 1969; 2: 429-441.

Damkot DK, Pope MH, Frymoyer JW. The relationship between work history, work environment and low back pain in men. Spine 1984; 9(4): 395-399.

Frymoyer JW, Pope MH, Costanza MC, et al. Epidemiological studies of low-back pain. Spine 1980; 5(5): 419-423.

Garg A, Saxena U. Effects of lifting frequency and techniques on physical fatigue with special reference to psychophysical methodology and metabolic rate. Am Ind Hyg Associ J 1979; 40: 894-903.

Garg A, Chaffin DB, Freivalds A. Biomechanical stresses from manual load lifting: a static vs dynamic evaluation. Transactions of the American Institute of Industrial Engineers 1982; 14: 272-281.

Hagberg M, Michaelson G, Ortelius A. Serum creatine kinase as an indicator of local muscular strain in experimental and occupational work. Int Arch Occup Environ Health 1982; 50: 377-386.

Hult L. Cervical, dorsal and lumbar spinal syndromes. Acta Orthop Scand Suppl 16. 1954.

Kelsey JL, Golden AL, Mundt DJ. Low back pain / prolapsed lumbar intervertebral disc. Rheum Dis Clin North Am 1990; 16(3): 699-716.

Leigh JP, Sheett RM. Prevalence of back pain among fulltime United States workers. Brit J Ind Med 1989; 46: 651-657.

Lehmann G. Physiologic measurements as a basis of work organization in industry. Ergonomics 1958; 1: 328-344.

Levy BS, Wegman DH. Occupational Health. 2nd ed. Boston/Toronto: Little Brown and Company, 1988.

NIOSH. Work Practice Guide for Manual Lifting. NIOSH Technical Report. US Department of Health and Human Services, Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, 1981.

Reisbord LS, Greenland S. Factors associated with self-reported back pain prevalence: A population

- based study. *J Chron Dis* 1985; 38(8): 691-702.
- Rom WN. *Environmental and Occupational Medicine*. Boston: Little Brown and company, 1992.
- Rowe ML. Low back disability in industry. Updated position. *J Occup Med* 1971; 12: 476-478.
- Waters TR, Anderson VP, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 1993; 36(7): 749-776.
- Yu TS, Roht LH, Wise RA, et al. Low back pain in industry: An old problem revisited. *J Occup Med* 1984; 26(7): 517-524.