

근골격계질환에 대한 물리적/심리적요인에 대한 연구

박 동 현* 배 성 규

인하대학교 산업공학과

본 논문에서는 근골격계질환, 특히 직업성요통에 관련되는 위험요인의 영향을 종합적으로 살펴보고자 하였다. 첫째로 물리적인 요인의 영향을 알아보기 위하여 해석적인 인체역학 모델과 NIOSH (National Institute for Occupational Safety & Health) Guidelines를 이용하여 자동차 조립작업의 직업성 요통관련 위험도를 평가하였다. 총 246 작업자에 대한 분석을 수행하였는데, 분석결과 총 20개의 작업에서 L5/S1에서의 압축력이 300kg이 넘었으며 44개의 작업은 NIOSH Guidelines에 의한 분석결과, 최저 허용기준치(ACTION LIMIT)을 넘는 것으로 나타났다. 둘째로 사회심리적 요인과 직업성요통의 관계에 대해 분석하였다. 사회심리적 요인의 영향을 알아보기 위하여 증상과 PWI(Psychosocial Well-being Index)를 토대로 한 설문을 이용하여 246명 작업자 모두에게 설문조사를 실시하였다. 그 결과 207명의 작업자가 직업성 요통증상을 경험한 적이 있으며 특히 27명의 작업자는 유병자로 분류된 바 있는 사람들이었다. PWI 점수를 근거로 하여 나눈 두 집단(저스트레스군, 고 스트레스군)은 증상이나 진단 결과에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 사회심리적 스트레스와 작업강도와의 관계를 살펴보면 주로 작업자세요인과 사회심리적 스트레스가 유의한 관계를 가지는 것으로 나타났다. 마지막으로 직업성요통의 발생에 대하여 경로분석을 수행하였다. 분석결과 인구학적 요인, 사회심리적 요인, 작업특성 요인이 직업성 요통에 직접적으로 영향을 미쳤으며, 개인특성요인 즉, 작업경험, 흡연, 수면시간 등은 직업성요통에 직접적인 영향을 미치는 것은 아니었다. 그러나 개인특성요인은 직업성 요통에 유의한 영향을 미치는 사회심리적 요인과는 밀접한 관계를 가졌다. 향후 다양한 직종에서의 이와같은 경험적 연구결과가 축적되어 우리나라의 조직문화적 특성을 고려한 직업성 요통에 대한 위험모델에 구축되어야 한다고 사료된다.

주요어 : 직업성 요통, 사회심리적 스트레스, 물리적 요인

* 이 연구는 2002년도 연구년 과제연구로 수행되었음.

† 교신저자 : 박동현, (402-751), 인천시 남구 용현동, 인하대학교 기계공학부 산업공학전공, e-mail : dhpark@inha.ac.kr

서 론

주요 근골격계질환의 하나인 직업성 요통문제는 오래 전부터 구미 선진국에서 주요 산업재해의 하나로 인식되어져, 그 동안 발생원인과 발생에 따르는 경제적 손실에 관한 많은 연구가 행하여져 왔다. 미국 National Safety Council(NSC, 1993)에 따르면 미국의 경우 직업성 요통은 모든 직업 관련 부상의 약 30~40%를 차지하며 건당 평균 의료 보상비는 60,000달러에 달한다(NSC, 1993). 또한 직업성 요통으로 인하여 약 1억 일의 작업 시간이 손실되고, 약 400억불의 정도의 직접, 간접비용이 발생되며, 특히 제조업에서의 발생빈도가 높은 것으로 알려져 있다(Mital 등, 1997). 우리나라의 경우, 직업성요통의 산업재해 여부에 대해서 많은 논쟁이 있어 왔으나 최근에 와서 산업재해로 인정하는 추세에 있다.

직업성 요통과 작업 환경 요인과의 관계는 앞서 언급한 바와 같이 많은 연구가 있어왔으나 아직 정확한 관계 규명은 되어있지 않은 상태이다. 한가지 분명한 사실은 직업성 요통의 발생은 작업 부하와 매우 관련이 깊다는 것이다. MMH환경(사람의 힘으로 무거운 물건을 들어올리고, 밀고, 당기고, 옮기는 일을 일상적으로 하는 작업환경)에 노출된 작업자들은 앉아서 일하는(sedentary work) 작업자들에 비해서 발병 확률이 높다고 알려져 있다. 그밖에도 MMH작업에 있어서 요통에 영향을 미친다고 알려진 요인들로서는 체격 및 신체치수, 비만도, 나이, 성별, 심·물리학적 요인, 훈련, 정적인 자세, 작업빈도, 공간제약, 열적 환경 등이 있다(박동현, 1996). 이와 같이 이제까지의 연구들은 대부분 직업성 요통발생에 많은 영향을 미치는 물리적인 요인들과 사업장에서의 직업성요통으로 인하여 발생하는 의료보상비의 증가 및 생산성 저하에 대하여 주로 언급하였다.

그러나 다른 근골격계질환들에서 좀 더 구체적인 핵심문제 파악 및 개선대책을 제시하는 데 있어서 많은 역할을 하였다고 알려진 사회심리적 요인들의 직업성요통에 대한 영향력을 파악하기 위한 시도는 아직까지 없었다. 본 연구에서는 자동차 조립 작업에 대하여 인체역학모델과 NIOSH 기준(1981) 등을 이용한 직업성요통의 물리적인 위험요인에 대한 평가뿐만 아니라, 직업성요통에 관련되는 부위의 증상설문의 결과와 사회심리적 요인(직업적 특성, 근무환경 만족도, 작업구조의 문제, 사회적 지지여부, 사회심리적 스트레스 등)과의 관련성에 대해 살펴보고자 하였다.

연구 방법

연구 대상

본 연구는 A 자동차 작업현장에서의 생산을 직접 담당하고있는 네 부서(부서1, 부서2, 부서3, 부서4)의 작업자 총 252명중 조사가 가능하였던 246명의 작업자와 그들의 작업을 분석하였다. 대상 작업자들의 평균 나이는 32.8세였으며, 평균 신장과 체중은 각각 170.38cm와 65.27kg 이었다. 네 부서를 통틀어서 분석된 총 작업의 수는 163 개였다.

연구 방법

사회심리적 요인에 대한 분석(설문 분석)

설문문항은 미국 ANSI(American National Standard Institute)에서 나온 설문지를 기본으로 하여 개발한 자각증상 설문지(송동빈 등, 1997)와 사회심리적인 요인들의 영향을 알아보기 위하여 개발된 사회심리적 건강측정도구인 PWI-45(Psychosocial

Well-being Index, 이하 PWI) (장세진, 1993)을 이용하여 설문지를 개발하였다.

설문지는 크게 세 부분으로 나뉘어졌다. 첫째는 인구학적 특성을 포함하여 음주, 운동, 커피, 음용습관, 수면시간을 묻는 생활습관 항목들과 과거 병력 등을 묻는 부분이고 둘째는 직업성 요통과 관련되는 목, 허리 부위 증상에 관한 항목들인데 여기서는 최근의 유사 증상 경험 여부, 최초 증상의 시기, 증상 지속기간, 증상의 빈도, 증상의 정도, 증상과 작업과의 관련여부, 병원이나 약국의 방문여부 등으로 구성하였다. 셋째는 사회심리적인 요인으로 인한 스트레스를 측정하는 부분인데 이 스트레스의 척도로서는 General Health Questionnaire(GHQ-60: Goldberg, 1978)를 바탕으로 장세진(1993)이 45개 문항으로 재구성하였으며, 이채용과 이종용(1996)이 그 신뢰도와 타당도를 검토한 사회심리적 건강측정도구인 PWI - 45 (Psychosocial Well-being Index: PWI)를 이용하였다.

PWI의 내용은 크게 네 부분으로 나뉘어지는데, 첫째는 사회적 역할수행 및 자기신뢰, 둘째는 우울, 셋째는 수면장애 및 불안 그리고 넷째는 일반건강 및 생명력에 관한 것이었다. PWI의 각 문항에 대해 ‘전혀 그렇지 않다’, ‘이따금 그렇다’, ‘자주 그렇다’, ‘항상 그렇다’의 Likert 4점 척도를 이용하였다. 본 연구에서는 사회심리적요인에 대한 분석의 주목적이 각 개인들간의 스트레스 수준이나 분포양상을 관찰하고자 하는 것이라기 보다는 스트레스 위험집단과 건강집단간의 물리적인 작업강도, 증상, 유병여부 등과의 관련성을 알아 보고자하는 것이었기 때문에 장세진(1993)이 제시한 바와 같이 기준점의 설정을 0-1-2-3의 방법의 아니라 0-0-1-1의 방법을 채택하여 총 점수가 21점 이상을 고스트레스집단으로 하여 분석하였다.

물리적 작업요인에 대한 분석

인체역학적 분석: 먼저 인체역학적 분석에 대한 이론적 배경을 살펴보면 다음과 같다. 인간공학 측면에서 요통의 주 요인은 무거운 물건을 많이 들어올릴 때 요추부에 대해서 발생하는, 매우 큰 외부 모멘트를 대항하기 위한 內力(internal force)이다. 일반적으로 인간공학이나 인체역학분야에서는 이 내력으로 작용하는 것이 두 가지가 있다고 보는데, 하나는 척추에서 평균 5cm 뒤에 위치한 등근육(extensor erector spinae muscle)이고, 또 하나는 척추 앞부분에서 발생하여 허리를 바로 세우게 하는 배압력(abdominal pressure)이다. 이러한 내력들의 작용은 그림 1에서와 같이 요추부에서 또 다른 반력(압축력-Fcomp)을 발생시키며, 이 압축력(Fcomp)이 디스크 파손에 결정적인 역할을 한다고 알려져 있다(Chaffin, 1984).

다음 단계는 two-segment 모델 상에서의 L5/S1에 걸리는 힘, 모멘트 등을 표현하는 역학모델의 구성인데 그 첫 단계로 hip에 걸리는 모멘트 M_H

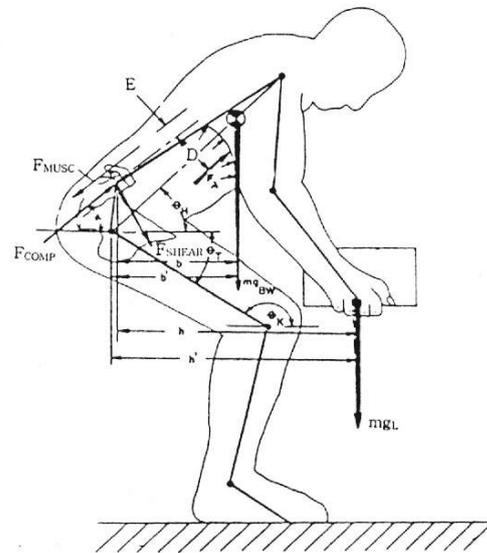


그림 1. Low Back Model

를 생각할 수 있고, 이 모멘트는 물건을 들어올릴 때 손에 걸리는 하중을 segmental approach(손 → 손목 → 팔꿈치 ...)를 적용하여 각 관절에서 발생하는 모멘트를 다음 관절로 전달하여 결국에는 hip에 걸리는 모멘트를 구할 수 있게 하는데, 구체적으로 모멘트는 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$M_H = M_{bodyweight} + M_{load}$$

$$= b mg_{bodyweight} + h mg_{load}$$

여기서 나온 hip관절에서의 모멘트는 횡경막과 배근육의 수축, 확장으로 인하여 발생하는 배압력(P_A : Abdominal Pressure)을 계산하는데 사용된다.

M_H 와 P_A 와의 관계는 다음과 같이 표시된다(그림 2 참조).

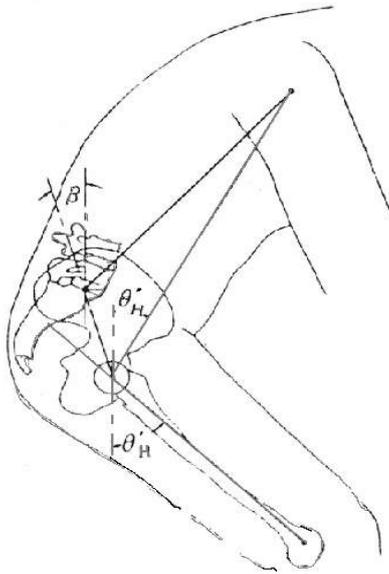


그림 2. Torso Linkage System

$$P_A = 10^{-4} [43 - 0.36(\theta_H + \theta_T)] [M_H^{1.8}]$$

when P_A : Abdominal Pressure(mm of Hg)

θ_H, θ_T : Hip & Thigh angles measured from the vertical axis(degrees)

M_H : Load moment at the hip(Nm)

또한 배압력(P_A)에 의해서 발생하는 힘 (F_A)에 대한 moment arm (D)은 다음과 같은 경험식으로 표현 될 수 있다 Fisher (1967).

$$D(cm) = 6.7 + 8.2 \sin(\theta_T - \theta_H)$$

F_A 와 더불어 L5/S1 에 걸리는 F_{comp} 를 대항하는 또 다른 힘 성분 (F_M)은 척추 뒤에 있는 등근육(erector spinae muscle)에서 발생한다고 보는 견해가 지배적인데 L5/S1부터 근육 중심까지의 moment arm(D)은 평균적으로 5cm 내외라고 알려져 있다(Chaffin, 1987).

이제까지 축적된 정보와 인체 계측학적 정보를 바탕으로 세 가지 미지수와 세 가지 평형식으로 이루어진 역학 모델을 구축할 수 있다. 여기서 미지수는 등근육에서 발생하는 힘(F_M), L5/S1에서 발생하는 압축력(F_C) 그리고 L5/S1에서 발생하는 전단력(F_S)이다.

이 모델의 모멘트 평형식으로부터 F_M 을 구하면 다음과 같다.

$$\sum M_{L5/S1} = b(mg_{bw}) + h(mg_{load}) - D(F_A) - E(F_M) = 0$$

$$F_M = \frac{b(mg_{bw}) + h(mg_{load}) - D(F_A)}{E}$$

F_M : Force generated by erector spinae muscle

b, h, D, E: Moment arms

mg_{bw} : Body segment weight above L5/S1 level

F_A : Force generated at the center of diaphragm by P_A

mg_{load} : Weight of load in the hands.

F_{comp} 와 F_{shear} 는 다음과 같은 각 방향의 힘 평형식으로부터 구할 수 있다.

$$\sum F_{comp} = mg_{bw} \sin \alpha + mg_{load} \sin \alpha - F_A + F_M - F_{comp} = 0$$

$$\sum F_{shear} = mg_{bw} \cos \alpha + mg_{load} \cos \alpha - F_{shear} = 0$$

NIOSH Guidelines: 1981년에 미국 NIOSH에서는 오랫동안의 연구결과를 토대로 직업성요통(Low Back Injury)을 예방하고 작업환경을 개선시킬 목적으로 물건을 들어올리는(Lifting)작업에 대한 평가 기준을 마련하였다. 이 기준은 크게 역학(Epidemiology), 인체역학(Biomechanics), 생리학(Physiology), 그리고 심·물리학(Psychophysics)적인 개념들을 기초하였고 2단계의 위험수준을 제시하였다. 여기서, 심·물리학적인 요인이라고 하는 것은 예를 들어서 작업자가 중량물 작업을 하는데 있어서 들어올리는 하중물의 무게를 작업자 자신이 정하는 방법이라고 할 수 있다.

NIOSH Guidelines의 기본 가정은 대칭 들어올리기, 부드러운 동작, 비제한적인 자세, 좋은 커플링이다. 여기서 대칭 들어올리기는 두 손을 한꺼번에 쓰고, 몸을 틀어지지 않게 하는 자세로써 들어올리는 것이고, 부드러운 동작은 들어올리는 자세가 끊어지지 않고 자연스럽게 하중물을 들어올리는 것이며, 좋은 커플링은 손하고 다루는 하중물의 인터페이스가 좋다는 의미이다. 예로, 손잡이가 있다던가, 손잡이가 없다하더라도

잡기 좋게 만들어 놓은 것을 의미한다.

1단계는 최저허용기준치(Action Limit: AL)인데, 작업평가결과가 이 수준을 넘어가면 부상율과 부상의 정도가 최소허용기준치수준 이하일 때보다 증가한다. 인체역학적으로 AL수준에서는 L5/S1에 걸리는 압축력이 350kg 정도이고, 생리학적으로 고찰하였을 때 분당 에너지 소비 價는 약 3.5kcal/분이다. 따라서 이 수준은 젊고 건강한 작업자(남자작업자 중 99%, 여자작업자 중 75%)에게는 일반적으로 별 무리 없이 허용될 수 있는 수준이다. 두 번째 위험수준(Maximum Permissible Limit: MPL)은 거의 모든 작업자들에게 있어서 부상의 가능성이 매우 높은 위험 수준이다. 이 수준을 넘는다고 평가된 작업에 있어서 부상율과 부상 정도는 그 이하일 때와 비교하여 매우 심각할 정도로 증가된다고 알려져 있다. 이 수준에 이르게 되면 L5/S1에 약 650kg의 압축력이 발생하며 평균 에너지 소비價는 약 5.0kcal/분이다. 따라서 이 경우에는 작업자중 극소수의 아주 강한 체격과 체력을 지닌 작업자들을 제외하고는 거의 모든 작업자에게 직업성 요통의 발생가능성이 매우 높아진다고 알려져 있다.

일반적으로 이에 대한 대책으로는 위험 평가치가 AL을 초과하고 MPL에는 미달하면 관리적인 대책을 제시하게되는데, 여기서 관리적인 대책이라 함은 작업자의 올바른 선정, 작업자 교육을 말한다. 만약 평가치가 MPL을 초과하면 거의 모든 작업자들에게 무리한 작업 조건이 되기 때문에 공학적인 대책을 제시해야 한다. 즉 작업자체의 개선(작업 재설계, 작업환경개선 등)을 요한다. 미국의 경우에는 NIOSH기준이 매우 강력하게 적용되고 있으며 각 기준을 초과했을 시에는 그에 대한 대책을 의무적으로 강구해야 한다는 것이 법으로 규정되어 있다. 본 연구에서는 한국인의 신체조건을 적용한 해석적 모델의 결과

와 NIOSH의 두 가지 위험 평가치(AL, MPL)에 있어서의 인체역학적 기준(L5/S1에서의 압축력; 350 kg, 650kg)과 비교 하고자 하였다.

NIOSH Guidelines을 이용한 분석에서는 작업내용 및 작업빈도수를 측정하여 중량물 취급 최저 허용기준치(Action limit) 최대허용기준치(Maximal Permissible limit)와 비교하였다. 여기서 최저 허용 기준치와 최대허용기준치를 구하는 식은 다음과 같다.

$$AL(Kg) = 40(15/H)(1 - 0.004 | v - 75 |)(0.7 + 7.5/D)(1 - F/F_{max})$$

$$MPL(Kg) = 3 \times AL$$

여기서 H: 수평거리, 발목중간점에서부터 물건의 질량중심까지의 거리로 15cm는 인체 접촉거리이며 최대 80cm까지 팔을 뻗을 수 있다고 가정한다.

V: 수직거리, 지면으로부터 175cm까지 가능하다고 가정한다.

D: 수직인양거리, 최초의 높이에서부터 최종의 높이까지의 거리이며 200cm까지 이동이 가능하다고 가정한다.

F: 인양빈도로서 분당 빈도를 나타낸다.

F_{max}: 인양 최대 빈도로서 표 1에 의하여 정의된다.

본 연구에서는 이제까지 근골격계질환의 호소율이 높다고 알려진 자동차 조립작업에 대한 인간공학적 연구 결과 Engstrom 등(1999)과 Kuddefors 등(1996)들을 토대로 하여 자동차조립의 작업 현장에서 직업성 요통 관련 실제 작업부하를 평가하기 위하여 인체역학적 방법인 미국 미시간 대학에서 나온 3차원 인체역학 모델 3 dimensional Static Strength Prediction Program(3DSSPP) (University of Michigan Center for Ergonomic, 1993)과 NIOSH Guidelines를 이용하였다. 이 분석과정에 있어서 필요한 정보는 예를 들면, 작업에 드는 힘, 하중물의 무게 등이었으며 그밖에 NIOSH Guidelines의 적용에 필요한 자료들은 현장에서 실측하여 취하였다. 또한 실제 작업 수행시의 자세는 디지털 카메라로 각 작업 당 2~3장씩을 촬영하여 동작 분석을 수행하였으며, 특히 작업 당 2~3개의 자세 중 제일 열악한 자세를 본 분석에 이용하였다. 먼저 3차원 인체역학모델을 이용한 분석에서는 각 작업자들의 작업 공정 분석 자료와 작업자의 인체특성을 이용하여 컴퓨터 모델링(3DSSPP)을 함으로써 각 작업자의 요추부위에 걸리는 압축력을 산출하고 이를 평가하여 작업 부하량과 요통 발생의 관계를 파악하였다. 이 프로그램은 개인에 따라 작업 중 요추 각 부위에 걸리는 압축력을 예측하는 인체역학 모델로서 작업중에 L5/S1에 걸리는 압축력을 산출할 수 있다. 이 컴퓨터 모델링에 있어서 필요한 자료는 다음과 같다.

표 1. Maximum Frequency of Lift (F_{max})

작업시간(hour)	물체의 수직위치	
	V > 75(cm)	V ≤ 75(cm)
1	18	15
8	15	12

측정항목

- 1) 작업자의 신장, 체중, 성별
- 2) 작업자의 손의 위치 (수평, 수직, 좌우) 및 손바닥의 방향
- 3) 체간의 상태(전후굽힘각, 비틀음각, 좌우굽힘각)
- 4) 관절의 각도
- 5) 취급 중량물의 무게

생명력

- 4) 작업특성요인: 압축력(L5/S1), 측면전단력(L5/S1), 총전단력(L5/S1)

선정된 관찰 변수에 대한 경로분석의 모수추정은 최대우도법(Maximum Likelihood Method)을 사용하였다. 모형의 결과를 종합적으로 평가하여주는 적합성은 카이 제곱값, GFI(Goodness of Fit Index) 등으로 평가하였다.

경로분석

경로분석은 기본적으로 일단의 변수들간의 선형관계(linear relationship)를 분해하고 이를 해석하는 방법이라 할 수 있다. 회귀분석에서 하나의 그룹으로 다루어지던 독립변수들 및 종속변수간에 인과적 관계가 설정되고, 설정된 인과적 가설을 검증함으로써 여러 변수들간의 인과 관계를 특정화하여 논리적으로 설명하는 방법이다(김두섭, 1994; Bohnstedt & Knoke, 1994).

본 연구에서는 LISREL 8을 이용하여 직업성 요통에 대한 경로분석을 실시하였다. 설문지상의 내용을 기초로하여 크게 4개의 외생변수(인구사회학적요인, 개인특성요인, 사회심리적요인(PWI 점수), 작업특성요인)과 1개의 내생변수(직업성요통)로 모형을 구성하여 총 5개의 잠재변인을 고려하였다. 특히 외생변수들에 대한 관찰변수들은 다음과 같이 설정하였다. 또한, 외생변수에 관련되는 관찰변수들은 로지스틱 회귀분석결과 고려한 모든 변수들 중에 증상 및 최종 진단결과에 관하여 유의한 것으로 도출된 변수들을 사용하였다.

- 1) 인구 사회학적요인: 나이, 학력, 결혼여부, 현재 직장에서의 근무년수
- 2) 개인특성요인: 흡연, 수면시간, 운동
- 3) 사회심리적 요인: 사회적 역할수행 및 자기 신뢰, 우울, 수면장애 및 불안, 일반건강 및

자료분석

수집된 자료에 대한 통계분석은 SAS (version 6.12)를 이용하여 수행되었다. 제1먼저, 조사대상 에 관련되는 정보들에 관해서 각 집단별로 빈도 수를 구하였다. 또한 각 집단 별로 평균 PWI점 수를 구한 다음, 이 점수들에 대한 각 집단별 유의성을 Kruskal-Wallis 검정을 통하여 살펴보았다. 증상 경험여부와 기존에 존재하였던 진단 결과에 대해서는 PWI점수를 기준으로 두 집단(저스트레스군, 고스트레스군)으로 이분화하여 χ^2 -test를 수행하였다. 또한 각 부서별로 작업환경에 관련되는 개별위험요인들의 평균치와 PWI점수와의 상관관계를 구하였다.

연구결과

인체역학모델

L5/S1에서의 압축력 및 전단력

L5/S1에서의 압축력을 계산해 본 결과, 잠재적으로 위험한 수준이라고 하는 350kg을 넘는 작업은 총 10개였다(표 2). 위험한 수준에 있는 대부분의 작업들은 들어올리는 물건의 폭이 넓거나,

표 2. 300kg 이상의 압축력(L5/S1)을 요구하는 작업과 담당 작업자의 신체조건

부서	작업	신장 (cm)	체중 (kg)	압축력 (L5/S1)(kg)
1	타이어교환	168	70	448.2
2	휠 올림	167	70	437.7
2	프론트시트 취부	174	70	424.6
2	자재보급	170	73	383.1
1	범퍼 수정	168	67	372.3
2	자재보급	173	72	368.0
1	범퍼 수정	168	67	363.3
3	자재보급	178	65	359.4
1	EBCM	181	90	356.5
3	자재보급	171	72	354.6
1	리어머플러	170	63	345.6
1	타이어교환	173	66	334.5
2	자재보급	173	67	325.6
1	휠 밸런스	160	60	324.4
2	프론트 리어시트	167	58	323.8
3	자재보급	178	65	321.8
1	자재보급	172	66	313.2
4	자재보급	175	66	309.0
2	자재보급	171	58	303.3

비대칭적 들어올리기를 하거나, 발(지지점)에서부터 손(작업점)까지의 수평거리가 너무 길거나, 허리굴절각도가 큰 경우들이었다. 즉 조사된 작업들은 직업성요통의 위험요인들의 대부분을 가지고 있는 것으로 나타났다.

NIOSH Guidelines에 의한 분석

조사된 246명의 작업자들이 수행하는 작업들 중에서 순수 lifting작업(하중물을 들어올리고 내리

는 작업)은 총 60개였으며 이 작업들에 대하여만 NIOSH Lifting Guidelines를 적용하였다. 구체적으로 각 작업에 대하여 1981년 기준의 최저허용기준치(AL)와 최대허용기준치(MPL)를 계산하였다. 해당되는 총 60개의 작업중 AL수준을 넘는 무게의 하중물을 다루는 작업은 44개였고, MPL수준을 넘는 경우는 15개 작업이었다(표 3).

표 3. MPL을 초과하는 작업에서의 기본요인 값과 하중물의 중량

부서	작업	H(HF)	V(VF)	D(DF)	F(FF)	AL (kg)	MPL (kg)	중량 (kg)
2	휠 올림 1	72(0.21)	40(0.86)	57(0.83)	8(0.33)	1.99	5.96	30
2	휠 올림 2	68(0.22)	50(0.90)	26(0.99)	8(0.33)	2.62	7.85	30
2	프론트 시트	72(0.21)	87(0.95)	27(0.98)	0.5(0.96)	7.43	22.30	25
3	휠 로딩	50(0.30)	70(0.98)	44(0.87)	8(0.33)	3.41	10.24	20
3	자재보급 1	43(0.35)	120(0.82)	66(0.81)	6(0.60)	5.58	16.76	20
3	자재보급 2	50(0.30)	100(0.90)	85(0.79)	6(0.60)	5.11	15.32	20
3	자재보급 3	61(0.25)	31(0.82)	129(0.76)	3(0.80)	4.91	14.75	20
3	자재보급 5	51(0.29)	20(0.78)	60(0.83)	3(0.75)	5.68	17.03	20
4	자재보급 1	50(0.30)	41(0.86)	154(0.75)	3(0.80)	6.21	18.63	20
1	휠 밸런스	53(0.28)	116(0.84)	32(0.93)	6(0.50)	4.42	13.26	15
1	자재보급 1	45(0.33)	25(0.80)	145(0.75)	3(0.80)	6.41	19.24	20
1	자재보급 2	43(0.35)	25(0.80)	102(0.77)	3(0.77)	6.64	19.95	20
2	자재보급 1	48(0.31)	30(0.82)	124(0.76)	3(0.77)	5.60	17.99	20

표 4. 조사 대상의 배경정보

배경정보	빈도 (%)	배경정보	빈도 (%)
<나이>		<교육>	
~ 29	64(26.0)	중졸	18 (7.8)
30 ~ 39	162(65.6)	고졸	225(91.9)
40 ~	20(8.4)	대졸	3(1.2)
<흡연>		<음주>	
비흡연자	49(20.0)	0회	39(15.8)
이전 흡연자	22(8.5)	2 ~ 3회/월	9 (3.7)
흡연자	175(71.5)	2 ~ 3회/주	198(80.5)
		<결혼>	
		미혼	59(23.7)
		기혼	187(76.3)

사회심리적 요인에 대한 분석

연구대상자의 인구학적 특성

연구대상이 된 246명의 현장 작업자들은 모두 남자였고, 그들의 나이는 평균 32.8세였다. 흡연의 경우에는 현재 흡연자 및 이전흡연자(흡연자였다가 현재는 끊은 사람)가 전체의 80.0%를 차지하였다. 교육수준은 전체 91.9%가 고졸이었으며, 결혼상태는 기혼자가 전체의 76.3%로 나타났다. 음주의 경우에는 전혀 하지 않는 경우가 전체의 15.8%에 불과하였다(표 4).

개인의 배경정보와 PWI 점수

연구대상자의 인구학적 특성과 PWI점수와의 관계에 있어서는 나이의 경우에 20대, 30대, 40대의 집단들간에 PWI점수에 있어서 유의수준 10%에서 차이가 있는 것으로 나타났다. PWI 점수를 근거로 하였을 때 사회심리적 스트레스는 20대가 가장 높았으며 그 다음이 40대, 30대순이

었다. 교육정도에 따른 집단간의 PWI점수는 유의수준 10%에서 차이가 없었지만, 학력이 높아질수록 PWI점수가 증가되는 것으로 나타났다. 결혼여부에 대해서는 기혼과 미혼은 유의수준 10%에서 차이가 있었고 미혼인 경우에 스트레스를 더 받는 것으로 나타났다(표 5).

연구대상자의 건강습관에 관련되는 특성과 PWI점수에 있어서는 수면시간대별로는 PWI점수에 있어서 유의수준 10%에서 차이가 있었으며, 수면시간이 많은 사람일수록 PWI점수가 높은 것으로 나타났다. 흡연과 음주의 경우에는 PWI점수에 있어서 유의수준 10%에서 차이가 없었고 지금은 끊었지만 예전에는 음주나 흡연을 하였던 사람들의 PWI점수가 높은 것으로 나타났다(표 6).

PWI점수를 근거로 하여 전체를 저스트레스군(21점 미만), 고스트레스군(21점 이상)으로 나누어 요통의 증상여부와 요통진단결과와의 관계에 있어서는 증상여부와 진단결과의 두 경우 모두 저스트레스군, 고스트레스군의 분류에 따라 다르다

표 5. 사회인구학적 특성에 따른 PWI 점수

특성	빈도 (%)	평균 PWI 점수	p-값
<나이>			0.0094(Kruskal-Wallis)
~ 29	64 (26.0)	33.11 ± 9.13	
30 ~ 39	162 (65.6)	31.22 ± 7.02	
40 ~	20 (8.4)	32.57 ± 6.73	
<교육정도>			0.4578(Kruskal-Wallis)
중학교	18 (7.8)	30.24 ± 2.12	
고등학교	225 (91.9)	31.90 ± 7.42	
대학교	3 (1.2)	34.00 ± 10.39	
<결혼 상태>			0.0625(Kruskal-Wallis)
미혼	59 (23.7)	32.21 ± 9.75	
기혼	187 (76.3)	31.68 ± 6.92	

표 6. 건강 습관 특성에 따른 평균 PWI 점수

특성	빈도 (%)	평균 PWI 점수	p-값
<수면시간>			0.0748(Kruskal-Wallis)
~ 6	43 (17.6)	29.27 ± 8.06	
6 ~ 8	179 (72.4)	32.21 ± 7.64	
8 ~	24 (10.0)	33.28 ± 5.38	
<흡연>			0.9658(Kruskal-Wallis)
비흡연자	49 (20.0)	31.47 ± 8.82	
이전 흡연자	22 (8.5)	37.25 ± 5.19	
흡연자	175 (71.5)	32.19 ± 7.46	
<음주 횟수>			0.1213(Kruskal-Wallis)
0회	39 (15.8)	30.91 ± 6.99	
2~3회/월	9 (3.7)	37.25 ± 5.19	
2~3회/주	198 (80.5)	32.19 ± 7.46	

고 볼 수 있는가를 분석한 결과, 통계적(χ^2 -test)으로 유의수준 $\alpha=0.1$ 에서 차이가 없었다. 그러나 요통의 증상여부의 경우, 전체의 84%가 증상을 호소하였는데, PWI점수에 근거하여 증상호소여부에 대한 민감도는 91.3%였고, 특이도는 5.1%로 나타났다. 진단결과의 경우를 살펴보면 전체의 10.9%가 직업성요통의 유병자로 나타났으며 민감도는 92.6%, 특이도는 8.2%로 나타났다. 따라서 PWI점수의 직업성요통 발생기준으로서의 민감도는 매우 높았다고 볼 수 있다(표 7, 8).

다음으로 조사된 작업장의 작업강도와 작업자들이 느끼는 사회심리적 스트레스와의 관계를 살펴보았는데 전반적으로 종합적인 작업강도라고 할 수 있는 압축력은 PWI점수에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 작업강도로서는 구체적으로 NIOSH Guidelines의 네 가지 기본요인들, 즉 수평거리요인(H/15), 수직거리요인(1-0.004 |v-75|), 수직인양거리요인(0.7 + 7.5/D), 빈도요인(1-F/Fmax)

표 7. 스트레스 집단과 증상 경험여부

집 단 \ 증상	증상 무경험	증상 경험	p-값
저스트레스집단 (< 21)	2	18	0.46
고스트레스집단 (≥21)	37	189	

표 8. 스트레스 집단과 유병여부

집 단 \ 증상	무병자	유병자	p-값
저스트레스집단 (< 21)	18	2	0.88
고스트레스집단 (≥21)	201	25	

과 신체역학 모델에 있어서 압축력, 전단력, 작업자의 각 신체부위에 요구되는 강도 등을 구하기

위한 기본 요인들, 즉 하완의 수평/수직 변위각도 (FAHA/ FAVA), 상완의 수평/수직 변위각도(UAHA/ UAVA), 대퇴부 수직변위각도(ULVA), 하퇴부 수직 변위각도(LLVA) 그리고 몸통굴절각도(TF) 등을 고려하였다.

상관관계를 살펴보면, NIOSH Guidelines를 구성하는 요인 중 수직거리, 수직인양거리, 빈도요인 등이, 인체역학 모델상의 요인으로서 하완의 수직변위각도(FAVA), 상완의 수평변위각도(UAHA), 그리고 대퇴부의 수직변위각도(ULVA)가 상대적으로 PWI점수와 높은 상관관계를 보였다. 그러나 들어올리는 작업시 제일 중요한 작업요인중의 하나라고 볼 수 있는 몸통굴절각도(Trunk Flexion)는 PWI에 별로 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다(표 9).

여기서, HM은 수평거리요인(Horizontal multiplier), VM은 수직거리요인(Vertical multiplier), DM은 수직인양거리요인(Distance multiplier), FM은 빈도요인(Frequency multiplier), FAHA은 하완수평변위각도(Front arm horizontal angle), FAVA은 하완수직변위각도(Front arm vertical angle), UAHA은 상완수평변

위각도(Upper arm horizontal angle), UAVA은 상완 수직변위각도(Upper arm vertical angle), ULVA은 대퇴부수직변위각도(Upper leg vertical angle), LLVA은 하퇴부수직변위각도(Lower leg vertical angle), TF은 몸통굴절각도(Trunk flexion)를 나타낸다.

경로분석

시도된 여러 모형 중에서 그림 3에 있는 모형의 적합도가 상대적으로 가장 우수하였다. 이 모형의 적합도를 살펴보면 모형의 절대적합측도(Absolute Fit Measures)중 카이제곱값(자유도 109; $P=0.00$)은 742.886이고 P 값은 0.0이므로 수용기준치인 0.05~0.20의 밖에 있으나 일반적으로 표본 크기가 200 이상으로 증가하면 카이제곱값은 대부분의 경우 $\alpha=0.05$ 에서 유의차가 있는 것으로 분석결과를 제시한다고 알려져 있다(1996, 조선배). 그러나 GFI(Goodness of Fit Index)는 0.802로서 한계 수용 수준 (Marginal Acceptance Level)에 들어가 있고, 증분적합측도(Incremental Fit Measures)중 AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index)는 0.722, NFI(Normal Fit Index)는 0.725로 산출되어 모형의 적합성이 비교적 양호한 것으로 판단되었다. 구성된 모형은 직업성요통에는 인구학적요인, PWI 점수, 작업특성요인 등이 동시에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 특히 인구학적요인(경로계수 0.375)은 작업특성요인과 PWI 점수요인(경로계수 0.051)보다 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 또한 이 모형에서는 PWI와 다른 세 가지 외생변수와의 관계도 살펴보았는데 인구사회학적 요인과는 음의 상관관계로, 개인특성요인과 작업특성 요인과는 양의 상관관계로 나타났고 특히 개인특성요인은 PWI점수 요인에 제일 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(그림 3).

표 9. 평균 PWI점수와 평균 작업요인의 상관관계

작업요인	상관계수
HM	0.256
VM	0.535
DM	0.701
FM	0.851
FAHA	0.167
FAVA	0.358
UAHA	0.458
UAVA	0.499
ULVA	0.474
LLVA	0.112
TF	0.033

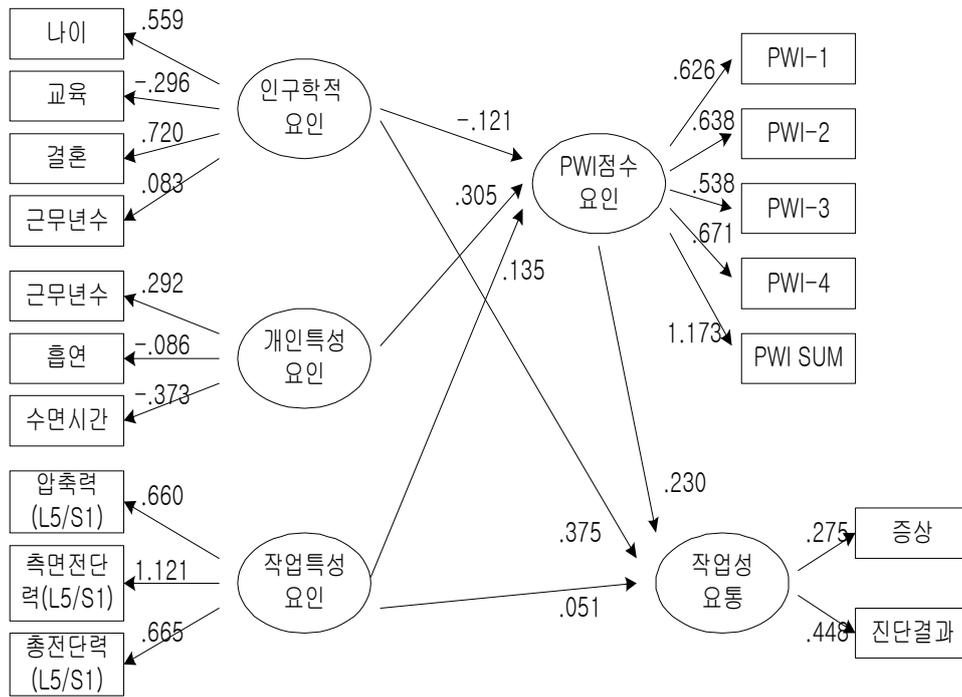


그림 3. 직업성요통에 대한 경로 모형

결론

본 연구는 작업특성과 사회심리적 스트레스를 중심으로 직업성 요통에 대한 위험요인을 규명하고, 그 경로를 분석하기 위하여 246명의 자동차 조립업종의 생산직 근로자를 대상으로 실시하였다.

이제까지의 결과들을 종합하면 결론적으로 조사된 조립작업들의 물리적인 작업요인은 대체적으로 직업성 요통의 발생 위험도가 그리 높지 않은 것으로 나타났다. 이것은 전반적으로 자동차 조립작업의 특성상 직업성 요통보다는 손과 손목에서 주로 발생하는 근골격계질환의 유병율이 더 높다는 연구 결과 Zetterberg 등 (1997)과 조사된 작업장의 작업환경이 어느 정도 인간공학적으로

고려가 된 점, 그리고 작업순환이 매우 체계적으로 이루어지고 있어서 위험작업에 집중적으로 노출될 가능성이 적다는 것을 이유로 들 수 있다. 그러나 몇몇 자재보급 작업들은 일선 라인의 작업들에서보다 인간공학적인 배려가 부족하여, 다루는 하중물의 무게, 작업위치 등에 대한 보조기구 사용 및 작업대 재설계 등이 필요하다고 생각된다.

PWI점수에 근거하는 사회적 스트레스의 직업성 요통에 대한 영향력에 있어서는 뚜렷하게 직접적인 관계를 도출하지는 못하였다. 그러나 본 연구의 조사대상의 기본 배경정보(사회인구학적 요인 등)와 PWI 점수와의 관계가 육체작업자를 대상으로 하였던 기존의 연구들과 비슷한 양상을 보였다는 데에서 본 연구에 있어서 PWI의 적용

에 대한 타당도는 어느 정도 만족하였다고 보인다. 그러나 PWI점수와 증상 경험여부, 진단결과 등의 관계를 직접 연결시키기에는 직업성요통의 특성이 누적된 영향에 의해서 발생하는 다른 근 골격계질환에 비하면 상대적으로 다른 측면이 있는 것으로 나타났다. 다만 인간공학적 측면에서의 몇몇 개별 위험요인(작업자세관련)은 PWI 점수에 의하여 정의되는 사회적인 스트레스와 비교적 높은 정적인 양의 상관관계를 보였다. 이것은 자동차 조립작업에 있어서 작업자세는 작업자의 사회심리적 스트레스의 형성에 적지 않은 영향을 준다는 것을 의미한다고 사료된다. 직업성 요통 발생의 경로 분석에 있어서는 작업강도보다는 인구학적요인과 사회심리적 스트레스요인(PWI 점수요인)이 직업성 요통의 진단결과 증상호소에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결론적으로 이제까지 고려되었던 직업성요통의 여러 위험요인 중에서도 사회심리적 스트레스의 영향은 기존의 연구결과에서는 주목하지 않았던 것으로, 향후 우리나라의 조직 문화적 특성을 고려한 사회심리적 스트레스 위험요인 파악과 구조모형구축이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김두섭. (1994). 사회과학을 위한 회귀분석. 법문사.
- 박동현. (1996). 운반작업에 대한 인간공학적 고찰. 안전보건, 8(8), 22-28.
- 송동빈, 김대성, 문종국, 박동현, 박종태, 백남중, 이명학, 장기언, 한상환. (1997). 누적외상성 질환의 발생실태와 발생특성 파악 및 의학적 평가기법 개발. 1997년도 한국산업안전공단 직업병 예방을 위한 연구 용역 최종보고서.
- 이채용, 이종영. (1996). Psychosocial Well-being Index의 신뢰도 및 타당도. 예방의학회지, 29(2), 255-264.
- 장세진. (1993). 건강통계자료수집 및 측정의 표준화연구. 대한예방의학회, 121~159.
- 조선배. (1997). LISREL 구조방정식모델. 영지문화사.
- Bohrstedt, G. W., Knoke, D. (1994). Statistics for Social Data Analysis. F.E. Peacock.
- Chaffin, D. (1987). Biomechanical strength Models in industry. In American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Ergonomics intervention to prevent musculoskeletal injuries. Chelsea, MI: Lewis Publishers.
- Engstrom, T., Hanse, J. J., & Kadefors, R. (1999). Musculoskeletal symptoms due to technical preconditions in long cycle time work in an automobile assembly plant: a study of prevalence and relation to psychosocial factors and physical exposure. *Applied Ergonomics*, 30, 443~453.
- Fisher, B. O. (1967). Analysis of Spinal Stresses During Lifting. Unpublished MS thesis, University of Michigan.
- Goldberg, D. P. (1978). Manual of the General Health Questionnaire. Windsor, England, NFER Publishing.
- Kudofors, R., Engstrom, T., & Sunstrom, P. J. (1996). Ergonomics in parallelized car assembly: a case study with references also to productivity aspects. *Applied Ergonomics*, 27, 101-110.
- Mital, A., Nicholson. A. S., & Ayoub, M. M. (1997). Manual Material Handling.
- National Safety Council. (1993). Accident Facts.
- NIOSH. (1981). Work Practice Guide for Manual Lifting.

- US department of health and human services, National Institute for Occupational Safety & Health, Cincinnati OH, NIOSH, technical report, p.81-122.
- University of Michigan Center for Ergonomics. (1993). 3D Static Strength Prediction Program. version 2.0 user's manual.
- Zetterberg, C., Forsberg, A., Hansson, E., Johansson, H., Nielsen, P., Danielsson, B., Inge G., & Olsson, B. (1997). Neck and upper extremity problems in car assembly workers ; A comparison of subjective complaints, work satisfaction, physical examination and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, p.277-289.

1 차원고 접수일 : 2002. 10. 5.

최종원고 접수일 : 2003. 1. 3.

Physiological and Psychological analysis of musculoskeletal symptoms.

Donghyun Park

Sung Kyu Bae

School of Mechanical Engineering, Inha University

The object of this study is to evaluate the prevailing physical and psychosocial conditions regarding occupational low back injury. This study consists of two parts. In the first part of the study, analytic biomechanical model and NIOSH guidelines are applied to evaluate risk levels of low back injury for automobile assembly jobs. Total of 246 workers are analysed. There are 20 jobs having greater back compressive forces than 300kg at L5/S1. Also, there are 44 jobs over Action Limit with respect to 1981 NIOSH guidelines. The relationship between psychosocial factors and low back injury was examined in the second part of the study. A battery of questionnaires concerning the psychosocial stress based on PWI (Psychosocial Well-being Index) and musculoskeletal pain symptoms at low back was completed by 246 workers at the same plant. Results showed that 207 out 246 workers experienced the symptoms and 27 workers were diagnosed as patients. Two groups(low stressed, high stressed) based on PWI score had no significant relationships with both symptoms and results of diagnosis. The relationships between physical work load and psychosocial stress were also analysed. Specifically, some postural factors(vertical deviation angle of forearm, horizontal deviation angle of upperarm, vertical deviation angle of thigh, etc) were highly correlated with psychosocial stress. The results illustrated that PWI scores were associated with some physical workloads. However, psychosocial stress levels couldn't be well related with the pain symptom as well as the actual incidence of low back injury since pain or discomfort regarding low back injury were more complex than that of other musculoskeletal disorders.

key words : Low Back Injury, Physical Workload, Psychosocial Stress