Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.19, No.2 2000. 8. 31

사회심리적 스트레스 및 작업특성 요인이 직업성요통에 미치는 영향

The Effects of Psychosocial Stress and Job Characteristics on Low Back Injury*

허 국 강**, 박 동 현**

ABSTRACT

The aim was to evaluate the prevailing ergonomic and psychosocial conditions regarding low back injury in an automobile assembly system. This study consisted of two parts. In the first part of the study, analytic biomechanical model and NIOSH guidelines were applied to evaluate risk levels of low back injury for automobile assembly jobs. Total of 246 workers were analysed. There were 20 jobs having greater back compressive forces than 300kg at L5/S1. Also, there were 44 jobs over Action Limit with respect to 1981 NIOSH guidelines. This might in part be explained by the ergonomic conditions of the company analysed generally being good, with a relatively low duration of 'combined' extreme work posture.

The relationship between psychosocial factors and low back injury was examined in the second part of the study. It has recently been recognized that overall reaction to working conditions was influenced by a range of factors, some of which were physical and some psychosocial. The psychosocial environment surrounding the work place may contribute to the perception of risk and eventual ill-health. 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. However, sensitivities for symptoms and diagnosis by PWI were 91.3% and 92.6% respectively. Finally, relationships between physical work load and psychosocial stress were 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.

Keyword: Low Back Injury, Physical Workload, Psychosocial Stress.

* 본 연구는 98년도 인하대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었음
** 인하대학교 산업공학과
주소 : 402-751 인천광역시 남구 용현동 253 인하대학교 산업공학과
전화 : 032) 860-7370
E-mail : dhpark@inha.ac.kr

1. 서 론

Manual Material Handling(MMH)에 기인하는 직업성 요통(Low Back Injury)문제는 오래 전부터 구미 선진국에서 주요 산업재해의 하나로 인식되어져 왔고, 그 동안 발생원인과 발생에 따르는 경제적 손실에 관한 많은 연구가 행하여졌다. 미국 National Safety Council에 따르면 미국의 경우 직업성 요통은 모든 직업 관련 부상의 약 3.40%를 차지하며 건당 평균 의료 보상비는 60,000달러에 달한다(NSC, 1993). 또한 직업성 요통으로 인하여 약 1억 일의 작업시간이 손실되고(lost work days), 약 400억 불의 정도의 직접, 간접비용이 발생되며, 특히 제조업에서의 발생빈도가 높은 것으로 알려져있다(Mital 등, 1997). 우리 나라의 경우, 직업성 요통의 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(무거운 물건을 들어올리고, 밀고, 당기고, 옮기는 일을 일상적으로 하는 작업환경)에 노출된 작업자들은 앉아서 일하는(sedentary work)작업자들에 비해서 발병 확률이 높다고 알려져 있다. 그 밖에도 MMH작업에 있어서 요통에 영향을 미친다고 알려진 요인들로서는 체격 및 신체치수, 비만도, 나이, 성별, 심물리학적인 요인, 훈련, 정적인 자세, 작업빈도, 공간제약, 열적환경 등이 있다(박동현, 1996).

이와같이 이제까지의 연구들은 대부분 직업성 요통발생에 많은 영향을 미치는 물리적인 요인들과 사업장에서의 직업성요통으로 인하여 발생하는 의료보상비의 증가 및 생산성 저하에 대하여 주로 언급하였다. 따라서 이제까지 직업성 요통의 물리적 발병원인 그리고 그로인한 폐해등에 대하여는 많이 알려져있다. 그러나 다른 근골격계 질환들에서 좀 더 구체적인 핵심문제 파악 및 개선대책을 제시하는데 있어서 많은 역할을 하였다고 알려진 사회심리적 요인들의 직업성요통에 대한 영향력을 파악하기위한 시도는 아직까지 없었다. 오늘날 일반적으로 작업환경에 영향을 미치는 요인으로는 크게 물리적인 것과 사회심리적인 것으로 나눌 수 있는데 특히 사회심리적요인들은 위험을 인식하고 궁극적으로는 특정 질환을 유발시키는 데 있어서 많은 영향을 미친다고 알려져있다(Kalimo 등, 1987; Mackay, 1989). 이와 같은 사회심리적 요인들은 통상적으로 많이 쓰이는 '스트레스'라는 말로 표현할 수도 있는데, 이 스트레스는 외부의 위협에 대한 인체의 반응, 자아위협에 대한 반응, 환경적 요구와 유기체의 반응능력간의 불균형, 그리고 자원의 위협이나 손실등을 야기시킬 수 있는 위험인자로 설명될 수 있다(장세진, 1993). 특히 스트레스는 많은 임상질환, 즉 고혈압, 두경부 통증, 경견완장애, 월경불순, 천식, 심혈관계질환, 면역질환, 소화기계질환, 불안 및 우울증, 상해폭력, 자살등에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려졌다(차철환, 1993). 구체적으로 몇몇

연구들(Wallace & Buckle, 1987; Linton & Kamwendo, 1989; Gao 등, 1990; Evans, 1987)에서는 작업자의 과도한 스트레스는 상지(upper extremity)에 발생하는 누적외상성 질환 (cumulative trauma disorders)과 같은 근골격계 질환과 밀접한 관계가 있다는 것을 언급한 바 있다. 따라서 직업성 요통의 경우에도 다른 근골격계질환과 같이 사회심리적 요인과의 관련가능성을 생각해볼 수 있다고 판단된다.

따라서 작업의 거의 대부분이 자동화되어 있어서 작업속도가 작업자가 아닌 자동화설비에 의하여 결정되는, 즉 사회심리적인 요소가 많이 내재되어있다고 판단될 수 있는 자동차 조립작업을 하는 작업자들이 갖는 사회심리적인 요인과 직업성 요통과의 관계를 파악하는 것도 매우 의미있는 일이다. 본 연구에서는 자동차 조립 작업에 대하여 인체역학모델과 NIOSH guidelines등을 이용한 직업성요통의 물리적인 위험요인에 대한 평가뿐 만 아니라, 직업성요통에 관련되는 부위의 증상설문의 결과와 사회심리적 요인 (직업적 특성, 근무환경 만족도, 작업구조의 문제, 사회적 지지여부, 사회심리적 스트레스 등) 과의 관련성에 대해 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 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 신장 및 체중은 각각 170.38cm와 65.27kg 이었다. 네 부서를 통틀어서 분석된 총 작업의 수는 163개 였다.

2.2 연구 방법

이제까지 근골격계질환의 호소율이 높다고 알려진 자동차 조립작업에 대한 인간공학적 연구 결과(Engstrom 등, 1999; Kudefors 등, 1996)들을 토대로하여 자동차조립의 작업 현장에서 직업성 요통 관련 실제 작업부하를 평가하기 위하여, 신체역학적 방법인 미국 미시간 대학에서 나온 3차원 인체역학 모델(3DSSPP; University of Michigan Center for Ergonomic, 1993)과 NIOSH Guidelines (NIOSH, 1981)를 이용하였다. 이 분석과정에 있어서 필요한 정보는, 예를 들면, 작업에 드는 힘, 하중물의 무게등 이었으며 그밖에 NIOSH Guidelines의 적용에 필요한 자료들은 현장에서 실측하여 취하였고, 실제 작업 수행시의 자세는 디지털 카메라로 각 작업당 2~3장씩을 촬영하여 동작분석을 수행하였다. 특히 작업당 2~3개의 자세중 제일 열악한 자세를 본 분석에 이용하였다.

또한 사회심리적인 요인들의 영향력을 알아보기위하여 미국 ANSI(American National Standard Institute)에서 나온 설문지를 기본으로하여 개발한 자각증상 설문지 (송동빈 등, 1997)와 사회심리적 건강측정도구인 PWI-45 (Psychosocial Well-being Index, 이하 PWI) (장세진, 1993)을 이용하여 설문지를 개

발하였다. 설문지는 크게 세부분으로 나뉘어 졌다. 첫째는 사회인구학적 특성을 포함하여 음주, 운동, 커피, 음용습관, 수면시간을 묻는 생활습관 항목들과 과거병력 등을 묻는 부분이고 둘째는 직업성 요통과 관련되는 목, 허리 부위 증상에 관련 항목들인데 여기서는 최근의 유사 증상 경험여부, 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 이종영(1996)이 그 신뢰도와 타당도를 검토한 사회심리적 건강측정도구 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 이용하였는데, 본 연구에서는 사회심리적요인에 대한 분석의 주 목적이 각 개인들간의 스트레스 수준이나 분포양상을 관찰하고자 하는 것이 라기 보다는 스트레스 위험집단과 건강집단간의 물리적인 작업강도, 증상, 유병여부등과의 관련성을 알아보고자하는 것이었었기 때문에 장세진(1993)이 제시한 바와 같이 기준점의 설정을 0-1-2-3의 방법이 아니라 0-0-1-1의 방법을 채택하여 총 점수가 21점 이상을 고스트레스집단으로 하여 분석하였다.

특히 사회심리적요인에 대한 분석으로서는 제일 먼저, 조사 대상에 관련되는 정보들에 관해서 각 집단별로 빈도수를 구하였다. 또한 각 집단별로 평균 PWI점수를 구한 다음, 이 점수들에 대한 각 집단별 유의도를 Kruskal-Wallis test를 통하여 살펴보았다. 증상 경험여부와 기존에 존재하였던 진단 결과에 대해서는 PWI점수를 기준으로 두 집단(저스트레스군, 고스트레스군)으로 이분화하여 χ^2 test를 수행하였다. 마지막으로 각 부서별로 작업환경에 관련되는 개별위험요인들의 평균치와 PWI점수와의 상관관계를 구하였다. 본 연구에 있어서는 통계적인 유의도를 $p=0.1$에 기준하였으며 이제까지 언급한 모든 분석은 SAS 6.12를 이용하여 수행되었다.

3. 결과 및 분석

3.1 인체역학모델

3.1.1 L5/S1에서의 압축력 및 전단력

앞서 언급한 L5/S1에서의 압축력을 계산해 본 결과, 잠재적으로 위험한 수준이라고 하는 350kg을 넘는 작업은 총 10개였다. 표 1에는 상대적으로 위험도가 높은(L5/S1에서의 압축력이 300kg이상인) 20개의 작업이 정리되어 있다. 특히 그림 1과 그림 2에서 볼 수 있듯이 타이어교환 작업은(그림 1) 모든 관절이 과도하게 변위가 된 상태에서 바닥에 있는 무거운 하중물을 들어올리고, 프론트시트 취부 작업(그림 2)의 경우, 작업하는

손의 위치가 지지하고 있는 발과의 수평 거리가 너무 멀어서 전반적으로 작업자세가 불안정하다고 볼 수 있다. 그 밖에도 표 1에 있는 작업들은 들어올리는 물건의 폭이 넓거나, 비대칭적 lifting을 하거나, 발(지지점)에서부터 손(작업점)까지의 수평거리가 너무 크거나, 허리굴절각도가 크거나 하였다. 즉 조사된 작업들은 직업성요통의 위험요인들의 대부분을 가지고 있는 것으로 나타났다.

표 1. 300kg 이상의 압축력(L5/S1)을 요구하는 작업과 담당 작업자의 신체조건

부서	작 업	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	177	70	314.2
1	자재보급	172	66	313.2
4	자재보급	175	66	309.0
2	자재보급	171	58	303.3

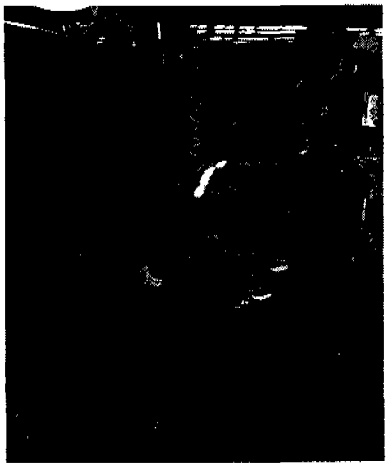

그림 1. 타이어 교환 작업

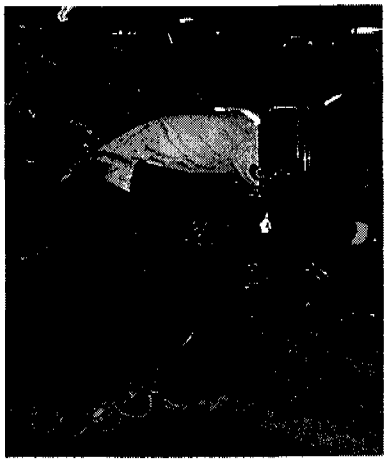

그림 2. 프론트시트 취부작업

3.1.2 몸통 및 둔부 Strength

해당 작업중에 요추부에 연결되어 있는 두 부위에 요구되는 강도를 계산하였다. 특히 부서 2의 빔 플레이트 작업(그림 3)의 경우, 매우 높은 몸통강도(torso strength)를 요구하는 것으로 나타났다. 여기서 35라는 숫자는 남자작업자들의 경우, 약 35%만이 이 작

업을 견딜 수 있는 몸통 강도를 요구한다는 것을 의미한다. 이외에도 부서 1의 도어탈거 작업 그리고 부서 2의 휠 올림작업 등이 상대적으로 높은 몸통강도를 요구하는 것으로 나타났다. 둔부강도(hip strength)의 경우, 몸통강도의 경우보다 더 많은 작업들이 높은 둔부강도(hip strength)를 요구하는 것으로 나타났다. 부서 2의 자재보급작업(그림 4)의 수치는 41로서 전체남자작업자의 41%만이 이 작업을 하기에 충분한 강도를 가졌다는 것으로서 비교적 큰 둔부강도를 요구하는 작업이라고 할 수 있다.

그림 3. 빔 플레이트 작업

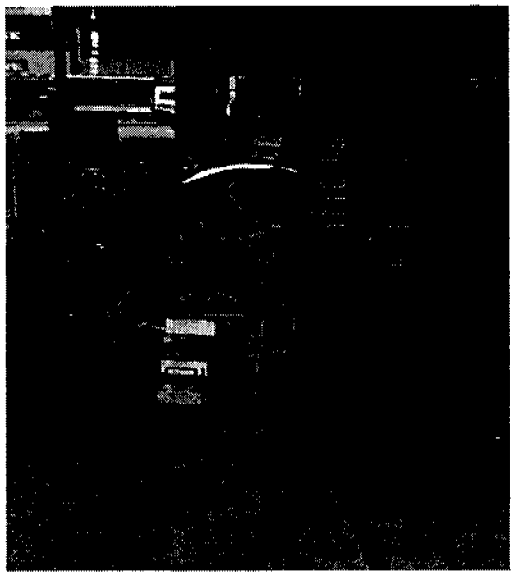

그림 4. 자재보급 작업

3.1.3 부서별 / 과별 L5/S1 압축력

부서별로 압축력 및 전단력의 평균치를 살펴보면 그 크기가 부서 4, 부서 3, 부서 1, 부서 2 순으로 나타났다(그림 5). 과별로 살펴보면 부서 1에서는 4과의 작업들이 상대적으로 위험한 것으로 나타났고(그림 6), 부서 2에서는 2과의 평균 압축력이 제일 높았다(그림 7). 앞으로 직업성 요통예방을 위한 대책을 준비한다면 앞서 언급한 순서의 우선도에 따라 작업들을 심층적으로 분석하는 것이 필요하다고 사료된다.

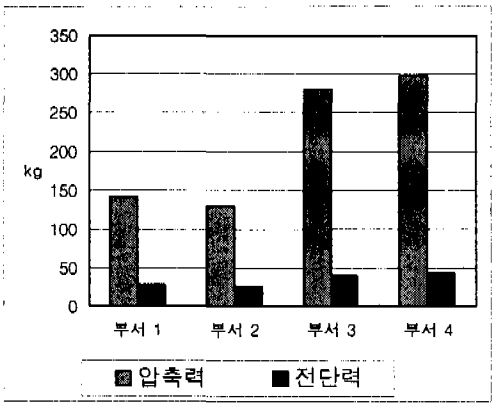

그림 5. 부서별 평균 압축력/전단력

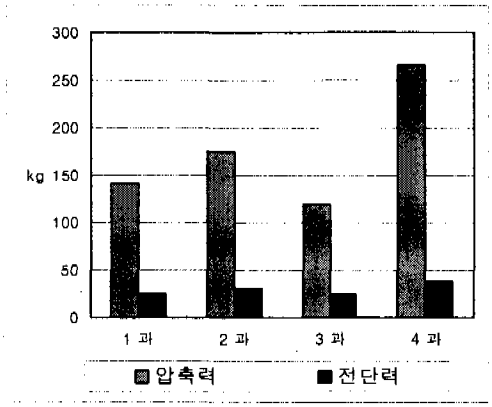

그림 6. 과별 평균 압축력/전단력 (부서 1)

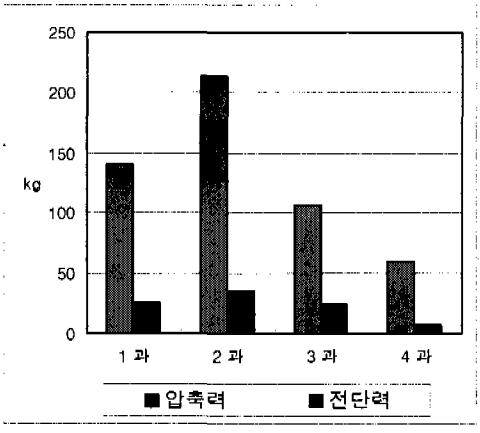

그림 7. 과별 평균 압축력/전단력(부서 2)

3.2 NIOSH Guidelines에 의한 분석

조사된 246명의 작업자들이 수행하는 작업들 중에서 순수 lifting작업(하중물을 들어올리고 내리는 작업)은 총 60개였으며 이 작업들에 대하여만 NIOSH Lifting Guidelines를 적용하였다. 구체적으로 각 작업에 대하여 1981년 기준의 AL(Action Limit)과 MPL(Maximum Permissible Limit)을 계산하였다.

예를 들면 프런트리어시트 작업의 경우, AL=13.44kg인데 실제 다루는 하중물의 무게는 20kg이므로 앞에서 설명한 바와 같이 다루는 하중물의 무게가 AL과 MPL사이의 범주에 들어가므로 근본적인 작업환경의 변화를 요구하지는 않지만, 적용가능한 모든 관리적인 대책이 요구된다고 말할 수 있다. 해당되는 총 60개의 작업중 AL수준을 넘는 무게의 하중물을 다루는 작업은 44개였고, MPL 수준을 넘는 경우는 15개 작업이었으며, 이 작업들은 표 2에 정리되어있다. 그러나 MPL을 넘는 경우에도 그 초과치가 매우 적은 것으로 나타났다. 표 2의 H(HF), V(VF), D(DF), F(FF)는 NIOSH guidelines는 구성하는 각 요인의 실제 측정치(측정치에 대한 각 요인의 factor)를 의미한다. 이 표를 살펴보면 구체적으로 부서 1의 휠 밸런스 및 자재보급, 부서 2의 휠 올림, 프런트시트 및 자재보급, 부서 3의 휠 로딩 및 자재보급작업 그리고 부서 4의 자재보급 등이 MPL을 넘는 것으로 나타났다.

부서 1의 경우에는 모든 작업들이 모두 수평거리요인에 있어서 문제가 있는 것으로 들어 났으며 특히 자재보급 작업 3에서 다루는

표 2. 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 4	61(0.25)	46(0.88)	34(0.92)	3(0.75)	6.00	18.01	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
1	자재보급 3	48(0.31)	25(0.80)	170(0.74)	3(0.75)	5.58	16.74	20
2	자재보급 1	48(0.31)	30(0.82)	124(0.76)	3(0.77)	5.60	17.99	20

하중물의 무게가 MPL과 가장 많이 차이가 났다. 또한 휠 밸런스인 경우, 작업빈도가 분당 6회로 다른 작업보다 빈도가 높았다. 부서 2에서는 무엇보다도 휠 올림 작업 1, 2에서 다루는 하중물의 무게가 MPL과 비교하여 각각 약 24kg, 22kg의 차이를 보였다. 특히 이 작업에서는 수평거리요인(horizontal factor)과 작업빈도요인(frequency factor)이 열악한 것으로 나타났다. 부서 3인 경우에는 휠 로딩 작업과 자재보급 작업들이 해당되었는데 휠 로딩작업에서는 MPL과의 차이가 약 9kg 정도 났다. 이 작업은 부서 2의 작업들에서와 같이 수평거리요인과 작업빈도요인에서 문제가 있는 것으로 나타났다.

3.3 사회심리적 요인에 대한 분석

3.3.1 연구대상자의 인구학적 특성

연구대상이 된 246명의 현장 작업자들은 모두 남자였고, 그들의 나이는 평균 32.8세였다. 흡연의 경우에는 현재 흡연자 및 이전 흡연자(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 14.5%에 불과하였다.

표 3. 조사 대상의 배경정보

배경정보	빈도 (%)	배경정보	빈도 (%)
〈나이〉		〈교육〉	
~29	64(26.0)	중학교	18 (7.8)
0~39	162(65.6)	고등학교	225(91.9)
40~	20(8.4)	대학교	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)

표 4. 사회인구학적 특성에 따른 PWI 점수

특성	빈도 (%)	평균 PWI 점수	p-value
〈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	

3.3.2 개인의 배경정보와 PWI 점수

표 4에서는 연구대상자의 사회인구학적 특성과 PWI점수와의 관계를 정리하였다. 나이의 경우에는 20대, 30대, 40대의 집단들간에 PWI점수에 있어서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. PWI 점수를 근거로 하였을 때 사회심리적 스트레스는 20대가 가장 높았으며 그 다음이 40대, 30대순이었다. 교육정도에 따른 집단간의 PWI점수는 유의한 차이는 없었지만, 학력이 높아질수록 PWI점수가 증가되는 것으로 나타났다. 결혼여부에 대해서는 기혼과 미혼과의 유의한 차이가 있었고 미혼인 경우에 스트레스를 더 받는 것으로 나타났다.

표 5는 연구대상자의 건강습관에 관련되는 특성과 PWI점수를 살펴보았다. 수면시간대별로는 PWI점수에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 수면시간이 많은 사람일수록

표 5. 건강 습관 특성에 따른 평균 PWI 점수

특성	빈도 (%)	평균 PWI 점수	p-value
〈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〉			
0회	39 (15.8)	30.91 ± 6.99	0.1213(Kruskal-Wallis)
2~3회/월	9 (3.7)	37.25 ± 5.19	
2~3회/주	198 (80.5)	32.19 ± 7.46	

수록 PWI점수가 높은 것으로 나타났다. 흡연과 음주의 경우에는 PWI점수에 있어서 유의한 차이가 없었고 지금은 끊었지만 예전에는 음주나 흡연을 하였던 사람들의 PWI점수가 높은 것으로 나타났다.

표 6과 7은 PWI점수를 근거로 하여 전체를 저스트레스군(21점 미만), 고스트레스군(21점 이상)으로 나누어 요통의 증상여부(표 6)와 요통진단결과(표 7)와의 관계를 정리하고 있다. 증상여부와 진단결과의 두 경우 모두 저스트레스군, 고스트레스군의 분류에 따라 분석한 결과, 통계적(x^2-test)으로 유의한 차이는 없었다. 그러나 요통의 증상여부(Table 6)의 경우, 전체의 84%가 증상을 호소하였는데, PWI점수에 근거하여 증상호수 여부에 대한 민감도는 91.3%였고, 특이도는 5.1%로 나타났다. 진단결과 (표 7)의 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 6. 스트레스 집단과 증상 경험여부

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

표 7. 스트레스 집단과 유병여부

집단	무병자	유병자	p-value
저스트레스집단 (< 21)	18	2	0.88
고스트레스집단 (≥21)	201	25	

다음으로 조사된 작업장의 작업강도와 작업자들이 느끼는 사회심리적 스트레스와의 관계를 살펴보았다. 그림 5, 6, 7에 정리되어있는 L5/S1에서의 평균 압축력들과 각 해당부서의 평균 PWI점수에 대하여 상관분석을 하였다. 그림 5에 있는 각 부서별(부서1, 부서2, 부서3, 부서4)의 평균 압축력과 평균 PWI점수와의 상관계수는 0.13, 그림 6에 있는 부서1의 각 과별(1과, 2과, 3과, 4과)의 평균 압축력과 평균 PWI점수와의 상관계수는 0.07 그리고 그림 7의 부서2에서의 상관계수는 0.28이었다. 전반적으로 종합적인 작업강도라고할 수 있는 압축력은 PWI점수에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 표 8에서는 작업강도를 구성하는 개별적인 요인과 PWI점수를 부서별로 평균하여 그 상관관계를 구하였다. 이 표에서는 각 개별요인의 부서별 평균에 대하여 PWI점수와의 상관관계를 구하였는데, 구체적으로 NIOSH Guidelines의 네 가지 기본요인들, 즉 수평거리요인(H/15), 수직거리요인(1-0.004 |v-75|), 수직이동거리요인(0.7 + 7.5/D), 빈도요인(1-F//Fmax)과 신체역학 모델에 있어서 압축력, 전단력, 작업자의 각 신체부위에 요구되는 강도 등을 구하기위한 기본 요인들, 즉 하완의 수평/수직 변위각도(FAHA/

FAVA), 상완의 수평/수직 변위각도(UAHA/UAVA), 대퇴부 수직변위각도(ULVA), 하퇴부 수직변위각도(LLVA) 그리고 몸통굴절각도(TF) 등을 고려하였다. 상관관계를 살펴보면, NIOSH Guidelines를 구성하는 요인 중 수직거리, 수직이동거리, 빈도요인 등이, 인체역학 모델상의 요인으로서는 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 8. 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

HM: Horizontal multiplier(수평거리요인)

VM: Vertical multiplier(수직거리요인)

DM: Distance multiplier(수직이동거리요인)

FM: Frequencymultiplier(빈도요인)

FAHA: Front arm horizontal angle(하완수평변위각도)

FAVA: Front arm vertical angle(하완수직변위각도)

UAHA: Upper arm horizontal angle(상완수평변위각도)

UAVA: Upper arm vertical angle(상완수직변위각도)

ULVA: Upper leg vertical angle(대퇴부수직변위각도)

LLVA: Lower leg vertical angle(하퇴부수직변위각도)

TF: Trunk flexion(몸통굴절각도)

4. 결론 및 논의

본 연구에서는 근골격계질환의 호소율이 높다고 알려져 있는 자동차 조립작업에 있어서의 직업성 요통과 관련하여 실제 작업부하를 평가하기 위하여 NIOSH Guidelines와 인체역학적 방법을 적용하여 분석하였다. 대상은 총 246명이었으며 그들이 하는 작업에 대하여 직업성요통에 대한 인간공학적 위험도를 평가하고, PWI를 이용하여 그들의 사회심리적 스트레스의 수준을 평가하였으며, 이 스트레스 수준의 직업성요통관련 증상여부, 진단결과, 인간공학적 위험도와의 관계를 살펴보았다. 이들 작업에 대한 평가결과를 정리하면 다음과 같다.

먼저 인체역학적 모델을 사용하여 각 작업에 대한 L5/S1에서의 압축력을 구한 결과 10개 정도의 작업이 문제가 있는 것으로 나

타났다. 특히 부서 1의 타이어교환작업에서의 압축력이 448.2kg으로 제일 높았는데, 압축력의 위험수준인 650kg에는 못 미치는 것으로 나타났다. 따라서 조사된 작업들을 1회 lifting 시 L5/S1에서 발생하는 압축력의 측면에서 보았을 때, 전반적으로 그리 위험한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 본 연구에서 조사한 작업장의 작업환경을 고려할 때 압축력이 높은 작업들은 해당 작업시, 다루는 하중물의 무게와 위치에 크게 영향을 받으므로, lifting 시 사용할 수 있는 보조기구등의 사용으로 압축력을 줄일수 있다고 사료된다. 예를 들어 무거운 타이어를 바닥으로부터 들어올리는 타이어 교환 작업(그림 4)의 경우, lifting device의 사용과 lifting 시 타이어의 수직위치를 조정하면 압축력을 상당부분 줄일 수 있다.

두 번째로 인체 역학 모델을 이용하여 요추부에 연결되어 있는 두 신체 부위(trunk, hip)에 요구되는 강도를 살펴보았다. 대부분의 작업의 경우, 몸통 및 둔부(trunk & hip) 강도 측면에서 보면 남자작업자의 70~80%가 별 무리없이 작업수행 할 수 있는 작업이었으나, 각 부서에서 한 두 작업들은 남자 작업자의 30~40% 만이 견딜수 있는 작업강도를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이들 작업에 대하여는 나이, 성별, 체력등을 고려한 작업자 선정이 필요하다고 판단된다.

순수 lifting 작업 60개에 대하여 1981년 NIOSH lifting guidelines를 적용하였다. 그 결과, AL 수준을 넘는 하중물을 다루는 작업은 거리 요인 측면에서 문제가 있었으며 특히 리어머플러, 휨올림, 머플러 취부, 프런트쉬트취부, 글라스범버, 타이어교환, 콘트롤암 가조립, 휠로딩, 자재보급, 글라스장착, 리어범퍼, 휠바란스 작업 등에서 문제가 있는 것으로 나타났다. 그에 반하여 MPL 수준을 넘는 15개 작업은 수평거리요인 뿐만 아니라 빈도요인도 매우 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 1회의 lifting시 발생하는 압축력만을 고려하였던 인체역학모델의 결과와는 달리, 빈도등 기타요인을 함께 고려한 NIOSH기준으로는 조사된 작업장도 비교적 많은 위험작업들을 가지고 있은 것으로 나타났다. 특히 MPL 수준을 넘는 작업들은 어느 부서를 막론하고 자재보급에 관련되는 것이 가장 많았고, 특히 휠올림작업에서는 MPL과 다루는 하중물 무게가 약 20kg 이상 차이가 났다. 이와 같은 작업들에 대해서는 수평거리와 빈도의 축소 뿐만 아니라 lifting 작업자체를 자동화 또는 반 자동화시키는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구에서는 조사된 사업장의 직업성 요통에 대한 물리적인 요인뿐만 아니라 다른 근골격계 질환에 많은 영향을 미치는 것으로 알려진 사회심리적 스트레스의 직업성 요통과의 관계를 알아보았다. 먼저 사회인구학적 집단별로 평균 PWI점수의 차이를 살펴보면 나이와 결혼여부에 있어서는 집단별로 유의한 차이가 있었는데 30대와 기혼자의 사회적 스트레스가 낮은 것으로 나타났다. 반면에 교육정도에 있어서는 집단별로 유의한 차이는 없었으나 학력이 높아질수록 사회적 스트레스가 높은 것으로 나타났다. 이와같은 PWI점수 결과를 기존의 연구결과들에 비추어 살펴보면 연구직에 종사하는 정신근로자들의 경우에서

는 30~40대에 스트레스정도가 최대이고 그 전, 후에는 비교적 낮은 스트레스를 보이는 경향(차봉석 등, 1998)과는 조금 차이가 있지만 본 연구의 대상과 같이 직접 현장에서 일하는 육체작업자에 대해서 PWI를 적용하였던 연구들(김성아 등, 1997; 김석환, 1998)에서처럼 본 연구의 결과에서도 연령대 별로 PWI 점수의 유의한 차이는 있지만 증가되거나 감소되는 등 일정한 경향은 보이지 않았다. 교육수준에 있어서는 김석환 등(1998)의 연구에서처럼 집단간의 유의한 차이는 없었다. 또한 결혼상태에 관해서는 김석환 등(1998)의 연구에서처럼 유의한 차이가 있었고 기혼자의 스트레스 정도가 낮은 것으로 나타났다.

건강습관에 의한 집단과 PWI점수를 살펴보면 먼저 수면시간은 집단별로 유의한 차이가 있었으며 수면시간이 긴 사람일수록 PWI 점수가 높은 것으로 나타났다. 이는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 수면시간이 길수록 PWI점수가 높았던 연구결과(김석환 등, 1998)와 일치한다. 흡연과 음주에 관해서는 각 집단간에 유의한 차이는 없었지만 두 경우 모두 다 그전에 담배를 피웠다가 그리고 술을 마셨다가 현재는 끊은 사람들의 PWI점수가 제일 높았다. 이것은 Hemoglobin 수치의 유용성 평가를 수행한 연구(김성아 등, 1997)의 결과와 일치한다. 따라서 본 연구의 조사대상은 건강관련주제와 PWI점수와의 관련성을 보여준 기존의 연구결과들(김성아 등, 1997; 차봉석 등, 1998; 김석환 등, 1998)과 비교하여 개인적 특성 및 건강습관에 의한 사회심리적 스트레스의 양상이 비슷하였다고 볼 수 있다.

PWI점수를 저스트레스군과 고스트레스군으로 나누어서 요통증상 경험여부와 진단결과와의 관계를 살펴보았는데, 두 경우 모두 집단간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 다만 증상을 가진 사람들이 그리고 직업성요통의 진단을 받은 사람들이 고스트레스군에 속하는 확률이라고 할 수 있는 민감도는 각각 91.3%와 92.6%로서 매우 높았다. 고스트레스집단에 속한 226명에 대하여 증상경험여부에 있어서는 증상을 경험한 사람이 189명으로 그 비율이 83%였는데 반하여, 실제 진단결과에 있어서는 유병자가 25명으로 그 비율이 약 11%로 매우 낮았다. 이것은 사회심리적 스트레스의 수준이 요통의 증상호소에는 영향을 미치지만 실제 발병에 대하여는 커다란 영향을 미치지 못한다는 것을 의미한다. 이러한 사실에 대한 설명으로는 직업성요통은 다른 근골격계질환과 달리 여러가지 요인의 누적적인 영향으로만 발병하는 것이 아닐 뿐 아니라, 실제 발병은 느껴지는 증상과 관련시키기에는 매우 복잡하고(Ingelgard 등, 1996), 또한 통증은 그 특성상 다양한 측면이 있으며, 환경과 타인의 강한 영향을 받기 때문에, 요통의 경우 환자의 약 70%가 통증과 연관시킬 수 있는 신체적 병리를 가지고 있지 않다는 사실(Prokop 등, 1991)과 관련지어서 설명될 수 있다고 판단된다.

마지막으로 조사된 작업장에서의 작업강도와 사회심리적 스트레스정도와의 관계를 살펴보았다. 종합적인 작업강도의 의미를 지니는 압축력의 경우, PWI점수와의 관계에 있어서 별 의미를 가지고 있지 않았으나, NIOSH Guidelines와 인체역학 모델을 구성하는 몇

몇 작업강도 요인들은 PWI점수에 상대적으로 높은 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로 NIOSH Guidelines를 구성하는 요인들 중에서는 하중물의 수직위치가 바닥에서부터 75cm 지점(standard lifting location)에서 멀수록, 하중물의 수직이동거리가 클수록, 그리고 작업빈도가 높을수록, 상대적으로 작업자가 받는 사회심리적 스트레스의 정도가 높았다. 인체역학 모델의 경우에는 개별적인 작업강도 요인중 하완의 수직변위각도, 상완의 수평변위각도 그리고 대퇴부의 수직변위각도가 큰 작업을 하는 작업자일수록 스트레스 정도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 즉 직업성 요통을 제외한 근골격계질환 즉 CTDs (Cumulative Trauma Disorders)에 대한 사회심리적 요인의 영향력을 주장한 여러 연구들(Linton, 1989; Zetterberg, 1997; Bernard, 1992)에서처럼 본 연구의 결과가 사회심리적 요인의 영향을 한눈에 보여줄 수는 없었다. 그러나 이와같은 사실은 요통이 CTDs와는 달리 요인들의 누적적인 영향의 결과라는 성격이 약하고, 따라서 사회심리적 요인의 영향을 규명하기가 쉽지 않다는 것을 의미한다. 다만 본 연구의 결과는 직업성요통과 관련되는 다른 물리적인 요인보다도 자세요인이 작업에서 받는 스트레스에 가장 큰 영향을 미친다는 연구결과(Duquett, 1997)를 부분적으로 지지한다고 볼 수 있다.

이제까지의 결과들을 종합하면 결론적으로 조사된 조립작업들의 물리적인 작업요인은 대체적으로 직업성 요통의 발생 위험도가 그리 높지 않은 것으로 보인다. 이것은 전반적으로 자동차 조립작업의 특성상 직업성 요통보다는 손과 손목에서 주로 발생하는 근골격계질환의 유병율이 더 높다는 연구 결과(Zetterberg 등, 1997)와 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. 다만 몇몇 자재보급 작업들은 일선 라인의 작업들에서 보다 인간공학적인 배려가 부족하여, 다루는 하중물의 무게, 작업위치등에 대한 보조기구 사용 및 작업대 재설계등이 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 보였다는데에서 본 연구에 있어서 PWI의 적용에 대한 타당도는 어느 정도 만족하였다고 보인다. 그러나 PWI 점수와 증상 경험여부, 진단결과등의 관계를 직접 연결시키기에는 직업성요통의 특성이 누적적인 영향에 의해서 발생하는 다른 근골격계질환에 비하면 상대적으로 조금 다른 측면이 있는 것으로 보인다. 다만 인간공학적인 측면에서의 몇몇 개별 위험요인(작업자세관련)은 PWI점수에 의하여 정의되는 사회적인 스트레스와 비교적 높은 정적인 관계를 보였다. 이것은 자동차 조립작업에 있어서 작업자세는 작업자의 사회심리적 스트레스의 형성에 적지않은 영향을 준다는 것을 의미한다고 사료된다.

참 고 문 헌

김석환, 윤계수, "연구직 근로자의 스트레스와 피로에 관한 조사." 대한산업의학회지, 10(1), 105-115, 1988.

김성아, 감신, 김건엽, 최광서, 정경동, 김혜숙,"스트레스측정도구로서의 Hemoglobin A1c 유용성 평가." 대한산업의학회지, 9(3), 452-458, 1997.

박동현, "운반작업에 대한 인간공학적 고찰." 안전보건, 8(8), 22-28, 1996.

송동빈, 김대성, 문종국, 박동현, 박종태, 백남종, 이명학, 장기언, 한상환, 누적외상성질환의 발생실태와 발생특성 파악 및 의학적 평가기법 개발, 1997년도 한국산업안전공단 직업병 예방을 위한 연구 용역 최종보고서, 1997.

이채용, 이종영, "Psychosocial Well-being Index의 신뢰도 및 타당도." 예방의학회지, 29(2), 255-264, 1996.

장세진, "건강통계자료수집 및 측정의 표준화 연구." 대한예방의학회, 121-159, 1993.

차봉석, 고상백, 왕승준, 장세진, "국가경제침체가 근로자의 사회심리적 스트레스에 미치는 영향." 대한산업의학회지, 10(4), 484-492, 1998.

차철환, 산업보건관리의사의 활동과 지침, 정신보건관리의 실제, 고려대학교 환경의학연구소, 156-171, 1993.

Bernard, B., Sauter, S.L., Fine, L.J., Petersen, M.R., and Hales, T.R., "Psychosocial and work organization risk factors for cumulative trauma disorders in the hands and wrists of newspaper employees." Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 18, 119-120, 1992.

Duquette, J., Lortie, M., and Rossignol, M., "Perception of difficulties for the back related to assembly work: general findings and impact of back health." Applied Ergonomics, 28(5), 389-396, 1997.

Engstrom, T., Hanse, J.J., and Kadefors, R., "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, 1999.

Evans, J., "Women, men, VDU work and health: a questionnaire survey of British VDU operators." Work Stress, 1(3), 271-283, 1987.

Gao, C., Lu, D., and She, Q., "The effects of VDT data entry work on operators." Ergonomics, 33(7), 917-924, 1990.

Goldberg, D.P., Manual of the General Health Questionnaire., Windsor, England, NFER Publishing, 1978.

Ingelgard, A., Karlsson, H., Nonas, K., and Ortengren, R., "Psychosocial and physical work environment factors at

three work places dealing with material handling." International Journal of Industrial Ergonomics, 17, 209-220, 1996.

Kalimo, R., El-Batawi, M.A., and Cooper, C.L, Psychosocial Factors at Work, World Health Organization, 1987.

Kudefors, R., Engstrom, T., and Sunstrom, P.J., "Ergonomics in parallelized car assembly: a case study with references also to productivity aspects." Applied Ergonomics, 27, 101-110, 1996.

Linton, S.J. and Kamwendo, K., "Risk factors in the psychosocial work environment for neck and shoulder pain in secretaries." Journal of Occupational Medicine, 31(7), 609-613, 1989.

MacKay, C.J., "Work with visual display terminals: Psychosocial aspects and health." Journal of Occupational Medicine, 31(12), 957-968, 1989.

Mital, A., Nicholson, A.S., and Ayoub, M.M., Manual Material Handling, 1997.

National Safety Council, Accident Facts, 1993.

NIOSH, Work Practice Guide for Manual Lifting. US department of health and human services, National Institute for Occupational Safety & Health, Cincinnati OH, NIOSH, technical report no. 81-122, 1981.

Prokop, C.K., Bradley, L.A., Burish, T.G., Anderson, K.O., and Fox, J.E., Health Psychology: Clinical methods and research, New York: Maxmillan, 1991.

University of Michigan Center for Ergonomics, 3D Static Strength Prediction Program. version 2.0 user's manual, 1993.

Wallace, M. and Buckle, P., "Ergonomic aspects of neck and upperlimb disorders." International Review in Ergonomics: current trends in human factors research and practice, 1, 173-200, 1987.

Zetterberg, C., Forsberg, A., Hansson, E., Johansson, H., Nielsen, P., Danielsson, B., Inge, G., and Olsson, B., "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, 277-289, 1997.

저자 소개

◈ 허국강

근무처 및 직위: 인하공업전문대학 항공경영학과 부교수

관심분야: 인간공학, 품질관리, 항공경영

학사: 인하대학교 섬유공학과(76년 2월)

석사: 연세대학교 산업대학원 공업경영학과(83년 2월)

현재 인하대학교 대학원 산업공학과 박사과정
(98년 3월 - 현재)

◈ 박동현
근무처 및 직위: 인하대학교 산업공학과 부교수
관심분야: 산업인간공학, CTDs, 산업안전, 산업심리
학사: 인하대학교 항공공학과(83년 2월)
석사: 미국 University of Alabama, 산업공학과(88년 5월)
박사: 미국 Pennsylvania State University, 산업공학과(93년 5월)

논문접수일 (Date Received): 2000/3/26
논문게재승인일(Date Accepted): 2000/6/20