

조선소 근로자의 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도 개발

김원호
울산과학대학 물리치료과

Abstract

The Development of a Checklist for Quantitative Assessment of Risk Factors of Musculoskeletal Complaints in Shipbuilding Workers

Won-ho Kim, Ph.D., P.T.
Dept. of Physical Therapy, Ulsan College

The purpose of this study was to develop a checklist of risk factors for quantitative assessment of musculoskeletal complaints in shipbuilding workers. A key point was to develop comprehensive a checklist including the worker's physical ability, as well as ergonomic and workload factors. In the first, through correlation analysis between musculoskeletal complaints and physical abilities in shipbuilding workers, risk factors related to physical abilities were selected. In the second, after the development of a checklist was composed of physical, ergonomic, and workload factors, factor analysis was used to test the validity of the developed checklist. Each factors selected finally showed that physical factors were hand grip strength, spinal curvature, and flexibility (sit to reach), ergonomic factors were posture, total exposed time, duration, and force of working, and workload factors were physical and psychological workload perceived by worker. The results showed that musculoskeletal complaints was associated with physical abilities ($p < .05$). The developed checklist had a reliability of .761 (Cronbach=.761) and a validity and explanation of 54.9%. The criterion of management was classified in 4 stages by relative weights of each factor. It is suggested that active intervention is needed to reduce musculoskeletal complaints in workers with more than a 14.31 score.

Key Words: Checklist; Musculoskeletal complaints; Risk factor; Shipbuilding workers.

I. 서론

최근 산업현장이 자동화로 설계되어 작동되고 있지만, 아직도 많은 작업들이 인간의 활동이나 노력을 요구하고 있으며, 자동화로 인해 단순 반복 작업은 오히려 증가하고 있다(Sanders와 McCormick, 1992). 작업 관련 근골격계 질환은 작업과 관련하여 목, 어깨, 허리 등 발생하는 통증, 감각마비, 경련 등을 말한다(Erdil과 Dickerson, 1997). "작업관련 근골격계질환이란 반복적인 동작, 부적절한 자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체접촉, 진동, 온도 등의 요인에 의해 목, 어

깨, 허리, 상·하지의 신경근육 및 그 주변 신체조직 등에 나타나는 질환을 말한다"라고 국내에서는 정의하고 있다(노동부, 2004).

선진국의 경우, 작업관련 근골격계질환은 직업병 중 상위를 차지하고 있으며 이로 인한 사회적 비용이 문제가 되고 있다. 미국의 경우, 전체 직업병 중 근골격계질환의 발생률은 1981년에 18%(22,666건)에서 점차 증가하여 1998년에 64%(253,300건)이르고 있다(OSHA, 2000). 국내의 경우, 근골격계질환은 1993년 .1%(2건)에서 2001년 28.7%(1,598건)로 뚜렷하게 증가하는 추세를 보이고 있다(김현욱, 2002). 2003년도 근골격계질환 판정을 받은

통신저자: 김원호 ptkwh21@daum.net

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-331-E00189).

작업자는 모두 4532명으로 전년도에 비해 148.1% 증가하였으며, 업종별로는 조선이나 자동차 제조 등 제조업이 80.3%를 차지하고 있다(노동부, 2004). 주목할 만 한 점은 전체 업종의 근골격계질환자수 증가율보다 조선업종의 증가율이 앞서고 있다는 것이다(김홍태, 2003).

근골격계질환을 예방하기 위해서 가장 먼저 수행되어야 하는 것이 작업위험 요인을 평가하는 것이다. 다수를 대상으로 위험요인을 평가하는 산업보건의 특성상 점검표를 개발하고 이를 작업장에 활용하는 연구들이 많이 진행되어 왔다(박희석 등, 1998; 오순영과 정병용, 2005; Hignett와 McAtamney, 2000; Karhu 등, 1977). 근골격계질환은 산업자동화에 따른 단순 반복 작업이 늘어가는 현실과 연관이 있다. 오순영과 정병용(2005)은 조선업 근로자의 통증 원인이 반복작업, 불편한 자세, 그리고 들기 및 밀기 시 과도한 힘 등이라고 지적하였다. Putz-Anderson(1998)은 과도한 힘, 반복정도, 구부러진 자세, 휴식 부족을 주요 원인으로 진동 및 한냉 등을 간접 원인으로 언급하였다. 박동현과 한상환(1998)은 작업빈도, 자세, 힘, 등을 위험 원인으로 지적하였다.

현재 국내에서 사용되고 있는 점검표들은 외국에서 사용하는 것을 그대로 적용하는 경우가 많다. 그러나 기존에 외국에서 개발된 점검표를 국내 사업장에 그대로 적용하는데 제한점이 있어, 이윤근 등(2001)은 자동차 조립작업을 중심으로 인간공학적인 관점에서 정량적 점검표를 개발한 바가 있다. 기존 점검표들의 특징은 대부분의 인간공학적인 측면에서 작업 유해요인을 검토하고 개선 대책을 제시한다는 것이다. Wilson은(2002) 심리적, 인간공학적, 개인적 요인을 고려하여 근골격계 문제를 이해하는 것이 필요하다고 하였다. 조선업종은 단순반복 작업이기보다 작업형태가 다양하기 때문에 인간공학적인 접근만으로 위험요인을 파악하는 것은 적절하지 않다. 김홍태(2003)는 조선업은 자동화가 힘들고 작업자의 육체노동을 요하는 수화물 취급이 많은 부분을 차지하고 있기 때문에, 작업자의 능력에 맞는 부하중량과 작업빈도를 설계하는 것이 필요하다고 하였다. 또한, 좁은 공간에서 불안정한 자세로 작업을 하기 때문에 통증, 근육 뻣뻣함, 감각이상 같은 근골격계 자각증상이 많다(손유식과 김유창, 2005). 제한된 공간에서 작업을 오래 동안 수행하면 신체적인 적응현상이 발생한다. 즉, 신체 근육들의 단축이나 근력약화가 동반되고 이로 인해 관절 기능이상이 발생한다. 이러한 신체변형은 근골격계 자각증상을 높이는 원인으로 작용한다(Wilson,

2002). 따라서 점검표를 사용하여 근골격계 자각증상 위험요소를 파악하는 경우, 인간공학적인 분석뿐만 아니라 개인적 신체능력을 포함하여 평가하는 것이 필요하다.

본 연구는 조선업에 종사하는 근로자들을 대상으로, 인간공학 및 신체적 요인을 포함한 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도를 개발하고 관리기준을 제시하여 근골격계 질환의 예방과 치료에 기여하기 위해 실시되었다.

II. 연구방법

1. 연구절차

조선업 종사자의 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도 개발에서는 다음과 같은 순서로 진행하였다. 첫째, 근골격계 자각증상과의 상관성 검증을 통해 신체적 작업능력 요인에 대한 평가 문항들을 개발하였다. 둘째, 기존의 근골격계 자각증상에 대한 평가 척도들이 포함하고 있는 인간공학 요인들을 고찰하여 인간공학 요인의 평가 문항들을 선별하였다. 셋째, 기존의 근골격계 자각증상에 대한 평가 척도를 참조하여, 신체적 작업능력 요인에 대한 평가 문항들을 개발하여 척도를 제작하였고, 문항의 신뢰도, 변별도, 그리고 타당도 검정을 실시하였다. 이후 문항의 신뢰도, 변별도, 타당도가 낮은 문항을 삭제하여 최종 근골격계 자각증상 위험평가 척도를 개발하고, 이 척도의 점수에 따른 관리기준을 제시하였다.

2. 신체적 작업능력 요인의 개발

근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도 개발을 위해, 먼저 근골격계 자각증상에 영향을 미치는 신체적 작업능력 요인을 알아보았다. 이를 위해, 이전의 연구(Gallagher, 1998; Gallagher, 2005)를 검토하고 전문가 회의를 거쳐 작업장에서 쉽게 측정할 수 있는 요인을 우선전적으로 선정하였다. 선정된 신체적 작업능력 요인에는 악력, 배근력, 그리고 체간굴곡이었다.

기존 연구를 참조하여 근골격계질환 유병률이 높은 용접, 취부, 도장, 그리고 배관부로 한정하여 실시하였다. 00중공업 조선부분에 현재 근무하고 있으며, 근무경력이 1년 이상인 근로자들을 대상으로 신체적 작업능력과 자각증상을 평가하였다. 신체적 작업능력을 평가하기 위해 근력과 유연성을 측정하였다. 근력검사는 배

근력과 악력을 측정하였다. 배근력은 케이블 장력측정기¹⁾를 사용하여 측정하였다. 대상자가 무릎을 펴고 허리를 30° 굽힌 자세에서 6초간 최대로 손잡이를 잡아당길 동안 힘을 발생하는 측정하였다. 악력은 악력기²⁾를 이용하여 측정하였다. 측정된 수치를 체중으로 나누어 표준화하였다. 유연성을 알아보기 위해서, 체간굴곡검사(sit-reach test)를 실시하였다. 대상자는 무릎을 펴고 발바닥을 상자에 밀착시킨 채 두 팔을 펴고 앉아 시작 자세를 취하였다. 이후 대상자는 최대한 체간을 앞으로 굴곡하였다. 시작자세와 최대 굴곡 시 중간손가락의 이동거리를 측정하였다.

근골격계 자각증상을 알아보기 위해서 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)의 기준을 적용하였다(Putz-Anderson, 1998). 증상에 따른 분류는 표 1과 같다.

3. 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도 개발

근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도의 내용타당도 검증은 위해, 전문가 10인을 대상으로 내용타당도 평가를 실시하였다. 내용타당도 검증 후, 조선소 근무 경력이 1년 이상인 근로자 136명을 대상으로 개발한 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가척도를 이용한 조사를 실시하였다.

근골격계 자각증상 위험척도를 개발하기 위해 조사항목으로 작업조건, 신체적 작업능력, 그리고 작업부하요인으로 구분하여 위험척도를 구성하였다. 작업조건은 인간공학적 위험요인으로서, 이전에 보고된 연구(박동현과 한상환, 1998; 박병찬, 2005; 오순영과 정병용, 2005)와 현장 작업을 분석한 후 위험 동작과 요소를 결정하였다. 작업조건은 작업자세, 총 노출시간(3점 척도), 지속시간(3점 척도), 그리고 힘(3점 척도)으로 구성되었다. 조선업의 특징을 고려하여 작업자세는 목을 15° 이

상 굽히거나, 5° 이상 젖히거나, 또는 비트는 작업자세, 팔을 어깨위로 들어올리는 작업자세, 팔꿈치를 반복적으로 굽히거나 펴는 작업자세, 손목을 비트는 작업자세, 허리를 20° 이상 굽히거나 비트는 작업자세, 그리고 쪼그려 앉은 작업자세를 위험자세로 설정하였다. 각 자세에 노출되는 시간, 지속시간, 그리고 힘을 조사하였다. 작업부담은 직무를 수행하는데 개인이 주관적으로 느끼는 부담정도를 5점 척도로 조사하였다.

신체적 작업능력 요인은 배근력, 악력, 체간굴곡 유연성 이외에 전문가 회의에서 선정된 상지거상과 척추만곡을 추가하여 총 5개 세부항목으로 구성하였다. 측정된 신체능력 자료를 점수화하기 위해서, 측정된 값을 백분율로 분류한 후 3점 척도로 점수화하였다. 배근력은 75% 이상 (2.07 이상), 74%에서 26%(2.06~1.66), 그리고 25% 이하(1.65 이하)로 구분하여 점수화하였다. 악력은 75% 이상 (.74 이상), 74%에서 26%(.73~.63), 그리고 25% 이하(.62 이하)로 구분하여 점수화하였다. 체간굴곡은 75% 이상 (12.8 이상), 74%에서 26%(12.7~7.7), 그리고 25% 이하(7.6 이하)로 구분하여 점수화하였다. 상지거상은 벽에 기대는 채 양팔을 최대로 들어올릴 때 벽에서부터 손목까지의 거리 정도에 따라 점수화하였다. 척추만곡(APTA, 1998)은 대상자가 벽에 기대고 목과 허리에 손을 집어넣을 때 들어가는 정도에 따라 점수화하였다. 작업부하요인은 작업 동안 개인이 느끼는 부담 정도를 알아보는 것으로 신체적 작업부담과 정신적 작업부담으로 구분하여 5점 척도로 조사하였다.

근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도의 개발은 신체적 작업능력 요인의 선정, 예비 척도의 구성, 예비 척도에 대한 내용타당도 검증, 조사를 통한 타당화의 순으로 진행하였다. 신체적 작업능력, 작업조건, 그리고 작업부담요인으로 구성된 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 예비 척도를 구성하고, 관련 전문가를 대상으로 내용타당도를 점검한 후, 근골격계 자각증상

표 1. NIOSH 기준에 따른 자각증상 양성자 기준

구분	자각증상 양성자 기준
기준 1	지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하거나, 1주일 이상 증상이 지속되는 경우
기준 2	기준 1을 만족하면서 작업 중 통증이 있으나, 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮아지는 경우
기준 3	기준 1을 만족하면서 작업 중 통증이 비교적 심하고, 귀가 후에도 통증이 계속되거나 통증으로 인해 작업 및 일상생활에 장애를 느끼는 정도

1) JAMAR Back, Leg, & Chest dynamometer, Therapeutic Equipment Co., NJ, U.S.A.
2) JAMAR Hand dynamometer, Sammons Preston Inc., IL, U.S.A.

에 대한 위험요인 평가 척도를 구성하고 조선소 근로자를 대상으로 조사를 실시하였다. 수집된 자료를 이용하여 위험척도의 타당성을 검증하였다.

4. 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도에 따른 관리수준

개발된 근골격계 자각증상 위험요인 평가척도의 측정된 각 항목간의 상대적 중요도를 반영하여 관리수준을 결정하기 위해서, 조선업에 근무하는 근로자를 대상으로 작업조건, 신체적 작업능력, 그리고 작업부하 사이 5점 척도로 AHP(analytic hierarchy process) 기법을 적용하여 쌍대비교를 하였다(Saaty, 1980). 근골격계 자각증상의 위험척도 점수에 따라 조치수준을 4단계로 설정하였다. 평가 문항 총합의 평균과 표준편차에 근거하여 적합(평균-1.5×표준편차 이하), 지속적 관찰(평균-1.5×표준편차에서 평균), 개선요망(평균에서 평균+1.5×표준편차), 즉시 개선(평균+1.5×표준편차 이상)으로 정하였다(권오채 등, 2007).

5. 분석방법

신체능력과 NIOSH 자각증상 사이 상관성 분석을 분석하기 위해 피어슨 상관분석을 실시하였다. 직무별 근골격계 자각증상의 차이를 알아보기 위해 χ^2 검정(2×4)을 실시하였다. 개발된 위험척도의 신뢰도는 내적일관성신뢰도인 Cronbach α 를 이용하여 신뢰성 여부를 판단하는 기준으로 삼았다. 내적구조에 기초한 타당도를 알아보는 방법 중 가장 일반적인 방법은 요인분석이다. 이 연구에서는 탐색적 요인분석, 확인적 요인분석, 그리고 상관성 검증을 통해 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도의 타당성을 검증하였

다. 모형 분석 결과 모형의 적합도를 알아보기 위해 Q 값, 비표준화지수, 표준적합지수, 비교적합지수, 그리고 근사오차평균제곱값을 적합도 지수로 사용하였다(Finch와 West, 1997). 자료처리는 AMOS version 4.0을 이용하였다.

III. 결과

1. 신체적 작업능력 요인의 평가 항목 개발

가. 연구대상자의 일반적 특성

조선업 근로자를 대상으로 의 근골격계 자각증상과 개인적 신체능력을 조사하였다. 00조선업에 종사 중인 근로자 1534명을 대상으로 일반적인 특성과 NIOSH 기준에 따라 근골격계 자각증상을 조사하였다. 음주, 운동, 흡연에 대한 항목은 5점 척도로 조사하였다. 평균 나이는 용접 46.3세, 취부 46.9세, 도장 46.0세, 배관 45.8세이었다(표 2).

나. NIOSH 기준에 따른 근골격계 자각증상 양성자

직무별로 NIOSH 기준에 의한 근골격계 자각증상 양성자를 판정한 결과, 목-자각증상은 용접 13.2%, 취부 9.0%, 도장 15.3%, 그리고 배관 12.4%가 양성으로 나타났다. 어깨-자각증상은 용접 25.7%, 취부 18.4%, 도장 40.4%, 그리고 배관 24.8%가 양성으로 나타났다. 어깨-자각증상을 제외한, 나머지 자각증상은 직무별 차이가 없었다($p>.05$)(표 3). 모든 직종에서 어깨부위 자각증상의 빈도가 가장 높았고 다음이 팔꿈치부위 자각증상이었다.

표 2. 조선소근로자의 일반적 특성

(N=1534)

	용접(n ₁ =650)	취부(n ₂ =423)	도장(n ₃ =203)	배관(n ₄ =258)
나이(세)	46.3±7.7 ^a	46.9±8.9	46.0±9.2	45.8±9.2
신장(cm)	167.2±5.7	167.7±5.5	171.3±6.4	169.5±5.8
체중(kg)	67.9±7.7	69.1±8.6	76.0±7.5	69.7±6.7
1일 근무시간	9.0±6	9.0±4	8.8±6	9.0±6
작업기간(개월)	239.9±106.6	244.1±121.0	223.7±106.2	235.7±117.8
음주(점)	3.5±1.2	3.3±1.2	3.4±1.2	3.6±1.2
흡연(점)	2.2±1.4	2.1±1.4	2.3±1.5	2.2±1.4
운동(점)	3.1±1.1	3.1±1.2	3.0±1.2	3.2±1.1

^a평균±표준편차.

표 3. NIOSH 기준에 따른 근골격계 자각증상 양성자

단위: 명(%)

부위	용접(n ₁ =651)	취부(n ₂ =424)	도장(n ₃ =203)	배관(n ₄ =258)	p*
목-자각증상	86(13.2)	38(9.0)	31(15.3)	32(12.4)	.591
어깨-자각증상	167(25.7)	78(18.4)	82(40.4)	64(24.8)	.038
팔꿈치-자각증상	100(15.4)	68(16.5)	52(25.6)	55(21.3)	.107
손-자각증상	106(16.3)	63(15)	44(21.7)	45(17.4)	.198
허리-자각증상	77(11.8)	42(9.9)	38(18.7)	35(13.6)	.373
다리-자각증상	73(11.2)	43(11.1)	37(18.2)	35(13.6)	.301

* χ^2 검정(2×4).

표 4. 근골격계 자각증상과 신체능력 사이 상관성

분류	배근력	악력	체간굴곡
목-자각증상	-.048	-.064	.157
어깨-자각증상	-.178*	-.279*	.126
팔꿈치-자각증상	-.192*	-.197*	.196*
손-자각증상	-.025	-.098	.138
허리-자각증상	-.006	-.016	.008
다리-자각증상	-.045	-.049	.167*
전체 자각증상	-.545*	-.750*	.633*

*p<.05.

다. 신체능력에 대한 조사

조선업에 근무하는 근로자 278명을 무작위로 선별하여 개인적 신체능력을 한 결과, 전체 평균 배근력은 1.90±.32 kg/체중이었고, 악력은 .68±.09 kg/체중, 그리고 체간굴곡 유연성은 12.51±5.99 cm이었다.

라. 근골격계 자각증상과 신체적 작업능력 사이 상관성

NIOSH 기준에 따른 근골격계 자각 증상과 신체적 작업능력 사이 상관성을 분석한 결과, 전신의 자각증상과 모든 항목이 유의한 상관성을 보였다(p<.05). 배근력과 악력은 역상관성을 보였고 유연성을 측정할 체간굴곡은 정상관성을 보였다. 부위별로 세분화하여 배근력, 악력, 체간굴곡의 상관성을 분석한 결과는 표 4와 같았다.

2. 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도 개발

가. 평가척도의 신뢰도와 문항변별도

개발된 평가척도의 신뢰도를 알아보기 위해 내적일관성신뢰도인 Cronbach α 를 알아본 결과 α =.727로 나타났다. 개발된 평가척도의 문항 변별도를 알아보기 위

해 전체 점수의 합과 각 문항 간의 상관을 알아본 결과, 신뢰도가 .10~.19 사이인 배근력과 상지거상의 항목은 변별도가 매우 낮다고 판단하기 때문에 평가척도에서 삭제하였다.

나. 평가척도의 타당도

1) 탐색적 요인분석

문항변별도가 낮은 문항을 삭제한 후, 개발된 척도의 내적구조에 기초한 타당도를 알아보기 위해 주성분 분석을 통해 요인을 추출한 결과는 표 5와 같았다. 주성분 분석을 통해 고유값 1 이상의 요인을 추출한 결과 요인 I에서 III까지 3개 요인이 추출되었으며, 근골격계 자각 증상 위험 척도의 54.9%를 설명하는 것으로 나타났다(표 5).

요인들이 상호 독립적이라는 제한을 주지 않는 회전 방법인 프로맥스(promax) 방법을 이용하는 것이 적절한 한지를 알아본 후 구조행렬을 알아본 결과, 요인 I에는 허리, 손, 어깨, 팔꿈치, 그리고 목의 작업조건 이 포함되었고, 요인 II에는 신체적 작업부담과 정신적 작업 부담이 포함되었고, 요인 III에는 척추만곡, 악력, 체간 굴곡이 포함되었다(표 6).

표 5. 근골격계 자각증상 위험요인 추출결과

요인	초기 고유값			추출 제곱합 적재값			회전제곱합 적재값
	전체	% 분산	% 누적	전체	% 분산	% 누적	전체
I	3.42	31.11	31.11	3.42	31.11	31.11	3.30
II	1.47	13.33	44.44	1.47	13.33	44.44	1.92
III	1.16	10.50	54.94	1.16	10.50	54.94	1.17

표 6. 근골격계 자각증상 위험요인의 구조행렬

문항	요인		
	I	II	III
허리점수	.778	.035	.113
손점수	.767	.239	-.034
어깨점수	.729	.355	-.052
다리점수	.693	.328	-.259
팔꿈치점수	.681	.048	.393
목점수	.563	.239	-.482
육체강도	.229	.880	-.045
정신강도	.260	.878	-.037
척추만곡	.403	-.071	.536
약력	.103	.119	.460
체간굴곡	.154	.032	-.450

표 7. 근골격계 자각 증상 위험 척도의 적합도 지수

적합도	Q값 ^a	CFI ^b	NFI ^c	TLI ^d	RMSEA ^e
값	<1.24	<.996	<.982	<.994	<.049
기준	<3.00	>.900	>.900	>.900	≤.050

^aQ값: χ^2/df .

^bCFI: Comparative Fit Index, 비교적합지수.

^cNFI: Normed Fit Index, 표준적합지수.

^dTLI: Tucker-Lewis Index, 비표준화적합지수.

^eRMSEA: Root Mean Square Error of Approximation, 근사치오차평균제곱근.

2) 확인적 요인분석

근골격계 자각 증상 위험 척도의 신뢰도 검증과 타당도 검증 결과를 바탕으로 근골격계 위험척도의 적합도 지수를 알아본 결과는 표 7과 같았다. 근골격계 자각증상의 위험척도는 적합도 평가 기준을 만족하는 것으로 나타났다(표 7). 근골격계 자각증상 위험척도의 확인된 경로모형을 그림으로 나타내면 그림 1과 같았다.

신뢰도와 타당도 검증을 통해 개발된 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도는 작업조건, 작업부담, 신체적 작업능력의 3개 요인으로 구성되었으며, 작업조건은 6개 문항, 작업부담은 2개 문항, 신체적 작업능

력은 3개 문항으로 구성되었다. 최종 척도의 신뢰도는 Cronbach $\alpha=.761$ 로 나타났다.

3. 근골격계 자각증상 위험척도 점수에 따른 관리조치

신뢰도와 타당성을 검증한 후 근골격계 위험요인 평가척도에서 각 항목간 가중치를 결정하기 위해, 조선업 근로자를 대상으로 심층면접을 통해 AHP 기법을 이용한 쌍대비교를 적용한 결과, 위험척도 점수=(.41×작업조건)+(3×작업부담)+(29×신체능력)이었고(표 8), 점수에 따른 조치수준은 표 9와 같았다.

표 8. 가중치 부여한 후 관리조치 기준

	평균±표준편차	범위
위험요인 평가척도 가중치 합	14.30±2.64	8.20~22.55
작업조건 가중치 합	11.95±2.39	6.15~18.45
신체능력 가중치 합	1.61±.43	.87~2.90
작업부담 가중치 합	.84±.35	0~1.80

표 9. 가중치 부여에 따른 관리기준 점수

	위험요인 합	작업조건	신체능력	작업부담
적합	7.15 이하	8.36 이하	.96 이하	.31 이하
지속적 관찰	7.16~14.30	8.37~11.95	.97~1.61	.32~.84
개선요망	14.31~21.45	11.96~15.54	1.62~2.26	.85~1.37
즉각적 개선요망	21.46 이상	15.55 이상	2.27 이상	1.38 이상

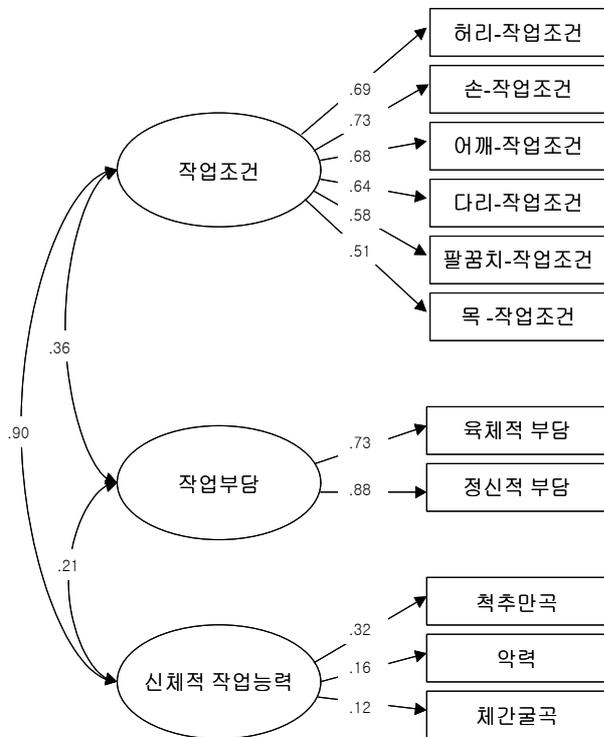


그림 1. 근골격계 자각증상 위험척도의 확인된 경로 모형(표준화계수).

IV. 고찰

이 연구는 조선업에 종사하는 근로자들을 대상으로, 인간공학 요소인 작업조건과 작업부담뿐만 아니라 개인적 요소인 신체 작업능력을 포함하는 근골격계 자각증

상에 대한 위험요인 평가척도를 개발하여 근골격계 질환의 예방에 기여하기 위해 실시되었다.

조선소 근로자들을 대상으로 NIOSH 기준을 적용하여 근골격계 자각증상 양성자를 조사한 결과, 어느 한 부위라도 양성을 보이는 경우는 41.5%이었다. 김선우 등(2005)은 59.5%라고 하였고, 김인아 등(2004)은 89.5%라고 보고하였다. 이전의 연구에 비해 근골격계 자각증상이 다소 낮게 나타났다. 이는 고용안정성, 동료 지지, 임금 같은 요인이 상대적으로 좋은 정규직만을 조사대상으로 하였기 때문으로 추정된다. 부위별로 살펴보면, 목 부위 12.1%, 어깨 부위 25.4%, 팔꿈치 부위 17.9%, 손 부위 16.7%, 허리 부위 12.5%, 그리고 다리 부위 12.2%로 어깨 부위의 자각증상이 가장 높았고, 다리 부위가 가장 낮았다. 일부 조선소의 근골격계 질환 집단 요양 신청에 따른 특별조사 보고서에 의하면, 목 부위 12.5%, 어깨 부위 21.0%, 팔꿈치 부위 10.7%, 손 부위 13.3%, 허리 부위 19.8%, 그리고 다리부위 18.4%의 자각증상이 있는 것으로 나타났다(노동부 목포지방 노동사무소, 2003). 박병찬(2005)도 같은 결과를 제시한 바 있다. 이처럼 조선업 종사하는 근로자는 어깨와 팔꿈치에서 근골격계 자각증상이 가장 많았다.

이전 연구들은 인간공학적 요인과 심리적인 요인이 집중하여 근골격계 위험요인을 찾으려 시도하여왔다. 하지만, 조선업은 인간공학적인 개선이 힘들고 개인적 신체능력이 근골격계에 미치는 영향을 고려할 때 (Wilson, 2002), 개인적 요인에 관한 문항을 포함하는 근골격계 자각증상에 대한 위험요인 평가 척도의 개발이 필요하다. 개인적 요인의 경우 생활양식과 개인적

특성에 관한 문항의 구성을 고려할 수 있다. 그러나 생활양식과 개인적 특성에 관한 요인들은 이전의 연구에서 제시한 바 있고, 부적절한 자세를 통해 유발되는 근골격계 자각증상을 평가하고, 이에 대한 조치 수준을 제시하는데 목적이 있었기 때문에, 개인적 요인 중 신체적 작업능력을 고려한 평가척도를 구성하고자 하였다.

평가척도에 포함될 신체적 작업능력 항목의 구성을 위해서는 근골격계 자각증상과 유의미한 상관을 보이는 항목을 결정하는 절차가 필요하였다. 이를 위해 조선업에 근무하는 근로자를 대상으로 근력과 유연성을 측정하였다. 평균 배근력은 130.17 ± 18.73 kg이었고 악력은 46.88 ± 4.85 kg이었다. 체중으로 표준화하면 평균 배근력은 1.90 ± 0.32 kg/체중이었고, 악력은 $.68 \pm 0.09$ kg/체중이었다. 이는 장길상(2004)이 분류한 보통 등급에 해당하였다. 하지만 체중으로 표준화한 배근력과 악력은 미흡 등급에 속하였다. 특히 악력은 어깨와 팔꿈치 자각증상과 유의한 상관성을 보이는 것으로 나타났다.

평균 체간굴곡은 12.51 ± 5.99 cm이었다. 이전 연구에서 40~49세의 남성 체간굴곡은 평균 8.4 ± 3.1 cm에서 6.6 ± 3.0 cm로 보고되었다(장길상, 2004). 또한, 태권도 선수 경력 2년인 10대들이 평균 14.37 cm(배기원 등, 2008)이었다. 이러한 자료와 비교해보면 조선업 근로자의 체간굴곡은 매우 유연한 것으로 나타났다.

근골격계 자각증상 사이 상관성 분석결과, 신체 각 부위별 자각증상과 상관성은 다르지만, 전신의 자각증상은 배근력($r = -.545$), 악력($r = -.750$), 그리고 체간굴곡($r = .633$)과 비교적 높은 상관성을 보였다. 특히 체간굴곡은 자각증상과 양적 상관성을 보였다. 과도한 유연성은 근육의 과다사용으로 인한 피로가 적절히 조절되지 못할 때 근육과 관절의 불안정성을 초래하고 주변의 근육에 과도한 부담을 준다(Wilson, 2002). 조선업 근로자들은 좁은 공간에서 불안정한 자세로 작업을 하기 때문에 신체적응 현상으로 특정 근육들의 단축 또는 과도한 신장, 그리고 근력약화가 발생할 가능성이 높고 비교적 무거운 작업도구를 다루기 때문에 근골격계 질환 유병률이 높은 것으로 생각된다.

사업장에서 근골격계 질환 위험요인을 평가하기 위해 점검표와 비디오촬영을 통한 분석을 병행하는 것이 현재의 추세이다(이윤근 등, 2001; Nordstrom 등, 1998). 점검표를 이용한 평가시 흔히 제기되는 것이 타당성문제이다. 이 연구에서는 근골격계 자각증상 위험요인 평가척도의 신뢰도와 타당도를 검증하기 위해 문

항 구성 후 전문가의 검토를 받았고, 내적일관성 신뢰도 검사(성태제와 시기자, 2006)와 문항 변별도 분석(성태제, 2004)을 실시하였다. 배근력과 상지거상 요인은 변별력이 떨어지는 것으로 나타나 최종에서는 삭제되었다. 이는 물체를 들고 나르는 작업이 적고 주로 작업도구를 손에 쥐고 특정 자세에서 작업을 하는 조선업종의 특성이 반영된 것이라 여겨진다.

위험요인 평가척도의 타당성을 검증하기 위해, 내적 구조에 기초한 근거를 제시하기 위해 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 실시하였다. 수집한 자료의 요인수를 탐색적 요인분석을 통해 분석한 결과, 근골격계 자각증상 위험요인 평가척도의 54.9%를 설명하는 3개 요인을 결정할 수 있었다. 확인적 요인분석은 특정 개념 측정에 대한 척도의 타당성을 검증하는데 유용한 것으로 평가되고 있다(Steenkamp와 van Trijp, 1991). 이 방법은 구조방정식의 모형 적합도를 통해 결과를 해석하는데, 이 연구결과의 적합도 지수들은 평가 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

개발된 평가척도의 점수범위에 작업조건, 신체적 작업능력, 그리고 작업부담요인 근골격계 자각증상에 미치는 상대적 중요도를 조사하여 반영하였다. 작업조건 요인 .41, 신체적 작업능력 .39, 그리고 작업부담 .29로 근로자들은 작업조건을 가장 중요한 요인으로 인식하고 있었다. 이를 반영하여 위험요인 평가척도 점수에 따라 조치수준을 4단계로 분류하였다. 14.31 이상 점수에서 21.45점인 경우는 작업개선의 조치가 필요한 수준으로, 21.46점 이상은 즉시 개선이 필요한 조치수준으로 결정하였다. 앞으로의 연구에서는 개발된 척도의 예측타당도를 알아보기 위해 척도범위에 의한 조치가 근골격계 자각증상을 감소시키는데 유의한 영향을 미치는지를 알아보는 것이 필요할 것이다.

V. 결론

이 연구는 자동화가 힘들어 작업자의 육체노동을 많이 요하고 제한된 공간에서 부자연스러운 작업자세로 근무하기 때문에 근골격계 자각증상이 많은 조선소 근로자를 대상으로 위험요인을 평가할 수 있는 척도를 개발하기 위해 시행되었다. 근로자의 신체적 작업능력을 중심으로 기존의 인간공학적 요인과 작업부담 요인을 포함하는 평가척도를 개발하였다. 신체적 작업능력의

세부항목은 근골격계 자각증상과 유의한 상관성이 있었다. 하지만 상지거상과 배근력은 변별도가 낮아 삭제되었다. 최종 평가항목에는 작업조건(작업자세, 노출시간, 지속시간, 힘), 작업부하(신체적 및 육체적 작업부담), 그리고 신체적 작업능력(악력, 체간굴곡, 척추만곡)이 포함되었다. 개발된 척도의 신뢰도와 타당도는 높았고 세부항목의 설명력은 54.9%이었다. 개발된 평가척도를 적용한 점수를 상대적 중요도에 따라 가중치부여한 후 평가척도 점수에 따른 조치수준을 4단계로 분류하였다. 14.31점 이상인 경우 근골격계 손상의 위험이 높은 상황으로 적극적인 개입이 필요할 것으로 생각된다.

인용문헌

권오채, 이상기, 조영석 등. 천장 크레인 운전 작업부하 평가모델 개발. 대한인간공학학회지. 2007;26(2):45-59.

김선우, 손애리, 이종삼. 조선업 근로자의 직무스트레스가 근골격계 질환에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(3):1-10.

김인아, 고상백, 김정수 등. 일부 조선업 노동자의 근골격계 증상과 스트레스 및 노동강도의 관련성. 대한산업의학학회지. 2004;16(4):401-412.

김현욱. 우리나라에서 근골격계 질환의 발생현황 및 증가요인. 한국의산업의학. 2002;41(4):155-163.

김홍태. 조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안. 대한조선학회지. 2003;40(3):36-46.

노동부. 목포지방노동사무소. 근골격계질환 관련 특별조사 보고서. 2003.

노동부. 2004. 2003년 산업재해 현황 분석.

박동현, 한상환. 범용 위험도 평가서를 이용한 조선업체 작업에서 누적외상성질환에 대한 인간공학적 분석. 한국산업위생학회지. 1998;8(1):24-35.

박병찬. 조선소 남성 근로자에서 구조방정식모형을 이용한 작업관련성 상지 근골격계질환의 위험요인 분석. 동국대학교 대학원, 박사학위 논문, 2005.

박희석, 이윤근, 임상혁. 제조업에서 발생하는 누적외상성질환 관련 문제점 분석 및 위험요인 점검표 개발. 대한산업공학학회지. 1998;24(4):503-517.

배기원, 이원재, 주성범. 태권도 선수경력에 따른 유연성, 평형성, 하지길이 및 골반변위 지표의 비교 분석. 한국체육과학학회지. 2008;17(1):727-734.

성태제, 시기자. 연구방법론. 서울, 학지사, 2006.

성태제. 문항제작 및 분석의 이론과 실제. 서울, 학지사, 2004.

손유식, 김유창. Simulation을 이용한 조선 작업의 인간 공학적 분석. 대한조선학회지 추계학술논문집. 2005:230-244.

오순영, 정병용. 조선업종의 유해요인조사 및 인간공학 적 개선. 대한인간공학학회지. 2005;24(1):27-35.

이윤근, 김현욱, 임상혁 등. 누적외상성질환 위험 요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발: 자동차 조립 작업을 중심으로. 한국산업위생학회지. 2001;11(1):56-69.

장길상. 체력측정방법 및 평가기준치 총람. 서울, 대경북스, 2004:194-245.

APTA. The Secrete of Good Posture: A physical therapist's perspective. Virginia, APTA press, 1998.

Erdil M, Dickerson OB. Cumulative Trauma Disorders: Preventive, evaluation, and treatment. New York, van Nostrand Reinhold, 1997:88-89.

Finch JF, West SG. The investigation of personality structure: Statistical model. J Res Pers. 1997;31(4):439-485.

Gallagher S. Physical Strength Assessment in Ergonomics. Virginia, AIHA press, 1998:11-20.

Gallagher S. Physical limitation and musculoskeletal complaints associated with work in unusual or restricted postures: A literature review. J Safety Res. 2005;36(1):51-61.

Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). Appl Ergon. 2000;31(2):201-205.

Karhu O, Knasi P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl Ergon. 1977;8(4):199-201.

Nordstrom DL, Vierkant RA, Layde PM, et al. Comparison of self-reported and expert-observed physical activities at work in a general population. Am J Ind Med. 1998;34(1):29-35.

OSHA. Nonfatal occupational illness by category of illness, private industry. Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, 2000.

Putz-Anderson V. Cumulative Trauma Disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper

limbs. London, Taylor & Francis Ltd, 1998:119-127.
Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. New York, McGraw-Hill Inc., 1980.
Sanders MS, McCormick EJ. Human Factors in Engineering and Design. 7th ed. New York, McGraw-Hill Inc., 1992.
Steenkamp J-BEM, van Trijp HCM. The use of LISREL in validating marketing constructs. Int J Res Marketing. 1991;8(4):283-299.

Wilson A. Effective Management of Musculoskeletal Injury: A clinical ergonomics approach to prevention, treatment and rehabilitation. New York, Churchill Livingstone, 2002:26-29.

논문접수일	2008년 10월 1일
논문게재승인일	2009년 1월 22일