

누적외상성질환 위험 요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발 -자동차 조립 작업을 중심으로-

이운근[‡] · 김현욱¹⁾ · 임상혁 · 박희석²⁾

노동환경건강연구소, 가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾, 홍익대학교 정보산업공학과²⁾

The Development of a Checklist for Quantitative Assessment of Risk Factors and Management of Cumulative Trauma Disorders : Application to Automobile Assembly Lines

Yun-Keun Lee[‡] · Hyun-Wook Kim¹⁾ · Shang-Hyuk Yim · Hee-Sok Park²⁾

Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health, Dept. of Preventive Medicine, Catholic University¹⁾
Dept. of Industrial & Information Engineering, Hongik University²⁾

Objectives : This study was designed to develop and standardize a checklist for ergonomic risk factors, and to provide ergonomic guidelines for managing cumulative trauma disorders (CTDs) in automobile assembly lines.

Methods : The Checklist for Ergonomic Risk Factors (CERF-1) was developed based on the results of previous studies, and then modified after performing pilot study. Information on the symptoms possibly related with CTDs was obtained using a self-reported questionnaire from 465 automobile assembly workers. Their job conditions were examined to assess risk factors through both direct observation and video analysis.

Results : Rate of detecting risky job through CERF-1 was 85.6%, and was similar to that (88.8%) by Occupational Safety and Health Administration(OSHA) checklist but higher than that (63.7%) by American National Standards Institute (ANSI) Z-365. Relationship of the exposure scores derived from CERF-1 with levels of symptom was greater ($r=0.49$)

than OSHA ($r=0.28$) and ANSI Z-365 ($r=0.22$). Considering the relationship, jobs scoring higher than 16 could be classified as the Risk Job, and lower than 16 as the Low Risk Job. Sensitivity and specificity of the Risk Job were 92.5 % and 31.5 %, respectively. Odds ratio (OR) after age adjustment was 5.69 (95 % confidence interval 3.15-10.29) for the Risk Job, and these ORs were significantly different from those of the Low Risk Job. The exposure scores were quite valid, in that the scores at the main survey were significantly correlated with those at the follow-up survey, as suggested by test-retest($r=0.88$) and inter-rater reliability($r=0.80$).

Conclusions : The CERF-1, developed in this study, will be an efficient tool for evaluation of risk jobs for CTDs in automobile assembly lines, and can be used easily by health care providers.

Key Words : Cumulative trauma disorders, Risk factors, Checklist, Job analysis, Management criteria

I. 서 론

누적외상성질환(Cumulative Trauma Disorders : CTDs, 이하 CTDs로 설명)은 특정

한 신체 부위의 반복 작업과 불편하고 부자연스러운 작업 자세, 강한 노동 강도, 과도한 힘, 불충분한 휴식, 추운 작업 환경, 진동 등이 원인이 되어 주로 관절 부

위를 중심으로 근육과 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 생겨 결국 통증과 감각 이상을 호소하는 근육골격계의 만성적인 건강 장애로 알려져 있다(Erdil & Dickerson, 1997).

선진국에서는 이러한 CTDs가 이미 직업병의 상위를 차지하고 있다 (Occupational Safety and Health Administration

접수일 : 2001년 2월 15일, 채택일 : 2001년 4월 27일

‡ 교신저자 : 이운근(경기도 구리시 인창동 527-44 노동환경건강연구소

Tel : 031-550-1066, E-mail : rootlee@greenhospital.co.kr)

(OSHA, 2000). 미국의 경우 CTDs가 1998년 253,300건(전체 직업병의 64.2%)이나 발생하여 이로 인한 작업 손실일이 연간 626,000일, 그리고 전체 경제적인 손실비용이 450-540억불 정도인 것으로 알려져 있다(OSHA, 1999). 따라서 미국에서는 이에 대한 관심을 갖고 구체적인 작업관리 지침(American National Standards Institute (ANSI)/HFS 100, 1988 ; ANSI Z-365, 1996 ; OSHA Ergonomics Program, 1999)을 마련하여 예방관리에 힘쓰고 있다.

반면 국내에서는 아직 CTDs에 대한 정확한 실태가 파악되지 않고 있으나 최근 들어 이에 대한 관심이 증가하면서 작업자의 건강 장애 조사와 위험 요인 평가에 대한 연구들(이윤근과 임상혁, 1995, 1998 ; 이윤근 등, 1998 ; 김재영 등, 1999)이 보고되고 있다. 또한 정부에서도 '단순반복 작업 근로자 작업관리지침'(노동부, 1998)을 노동부고시로 제정하여 점차 관리의 틀을 마련해가고 있다.

CTDs를 예방하기 위한 이른바 인간공학적인 작업 관리(ergonomic program)는 작업장 분석 단계, 작업 관리 단계, 의료 관리 단계, 그리고 교육 훈련 단계 등 크게 4가지의 구성 요소를 가지고 있다(OSHA, 1995 ; ANSI, 1996). 결국 CTDs를 예방하기 위해서는 위 4가지 구성 요소 중 첫 번째 단계인 위험 요인 평가를 위한 작업장 분석이 첫 시발점이라고 할 수 있다. 따라서 그 동안 이와 같은 위험 요인 평가를 위한 많은 연구(Karhu *et al.*, 1977 ; Lifshitz & Armstrong, 1986 ; McAtamney & Corleat, 1993 ; Humantech Inc., 1995 ; OSHA, 1995 ; ANSI, 1996)들이 진행되어 왔는데 대부분이 작업장 내에서 손쉽게 평가할 수 있는 점검표(checklist) 개발에 초점이 맞추어져 있다. 특히, 다수를 대상으로 위험 요인을 평가해야 하는 산업보건 특성상 체크리스트 이상의 현실적인 수단이 존재하기 어렵기 때문에 많은 선진국에서도 여러 형태의 점검표들이 개발되어 작업장 평가에 활용되고 있다(박희석 등, 1998). 그러나 기존에 외국에서 개발된 점검표들을 국내 사업장에 그대로 적용하는 데 있어 제한적인 평가자와 적

용 대상 사업장의 한계, 그리고 평가 결과에 의한 관리 기준 설정문제 등 많은 한계점들이 있을 수밖에 없다(이윤근 등, 1998 ; 박현석, 1999 ; 김재영 등, 1999). 결국 CTDs를 예방하기 위해서는 그 첫 번째 단계로써 국내 산업보건 현실에 맞는 검증된 체크리스트가 개발되어 현장에서 활용될 수 있어야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 CTDs에 대해 보건관리자들도 활용할 수 있는 정량적 평가가 가능한 검증된 위험 요인 체크리스트를 개발하고, 자동차 조립라인에서의 적용 평가를 통해 위험 요인의 정량적인 노출 수준에 따른 인간공학적인 관리 기준을 제안하여 실제 산업보건 관리에 활용되도록 하는 데 있다.

II. 연구방법

1. 체크리스트 개발

먼저 선행 개발된 체크리스트에 대한 문

제점 분석을 통해 개발하고자 하는 체크리스트의 방향을 설정하였고, 문헌 고찰을 통해 위험 요인의 구성 요소와 평가 기준을 선정하여 최종적으로 체크리스트를 완성한 후 자동차 조립 라인을 대상으로 타당도와 신뢰도 검증을 통해 체크리스트를 완성하였다.

1) 선행 연구의 문제점 분석

분석 대상은 현재 작업 현장에서 비교적 많이 사용되고 있는 표 1의 4가지 체크리스트와 OWAS(Ovaco Working Posture Analysing System, Karhu *et al.*, 1977), Michigan checklist(Lifshitz & Armstrong, 1986), Strain Index(Moore & Garg, 1995) 등 총 7 종류의 체크리스트를 대상으로 하였으며, 주요 문제점들을 요약하면 다음과 같다.

① 점검표의 구성 내용들, 특히 작업 자세나 힘, 반복성에 대한 기준들이 난해하여 인간공학 전문가가 아니고는 접근하는데 많은 한계점들이 있다(Karhu *et al.*, 1977 ; McAtamney & Corleat, 1993).

Table 1. Awkward work postures defined in existing checklists related to cumulative trauma disorders

Body part	RULA ¹⁾	OSHA ²⁾	BRIEF ³⁾	ANSI ⁴⁾
Hands/ wrists	r/u dev* fx/ex<0-15, ≥45°	pinch grip power grip fx [†] ≥20° ex [‡] ≥30°	pinch grip finger press r/u dev fx/ex≥45°	pinch grip power grip key strokes trigger action r/u dev fx/ex≥45°
Elbows/ forearm	fx<60-100, ≥100,<60°	forearm rot [¶]	forearm rot full ex	forearm rot
Shoulders	fx/ex<20,20-45, 45-90, ≥90°	elevation	raised≥45° arm behind body	fx≥45,90° abd≥45,90°
Neck	fx<10,10-20, ≥20° extension	bent≥20° twisted≥20° backwards≥5°	bent≥20° sideways dev backwards dev twisted	fx≥20,45° ex≥20,45° rotation≥45°
Low back	fx<20,20-60, ≥60°	fx≥20/45° twisted	bent≥20° sideways dev twisted	fx≥20,45° rotation≥45°
Legs	stability	squat kneel	squat kneel stand on one leg	squat kneel

1) Rapid Upper Limb Assessment, RULA(McAtamney & Corleat, 1993).

2) Occupational Safety and Health Administration(OSHA, 1995).

3) Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors, BRIEF(Humantech Inc., 1995).

4) American National Standards Institute Z-365(ANSI, 1996).

*r/u dev : radial/ulnar deviation, [†]fx: flexion, [‡]ex: extension, [¶]forearm rot : forearm rotation

② 위험 요인의 평가 대상이 특정 신체 부위 혹은 제한된 위험 요인에 국한되어 있다(Lifshitz & Armstrong, 1986 ; OSHA, 1995 ; Moore & Garg, 1995).

③ 위험 요인을 평가한 결과와 증상과의 정량적인 노출-반응 관계(exposure - response relationship)가 입증되고 있지 않아 적절한 관리 기준을 설정하는 데 한계가 있다 (Lifshitz & Armstrong, 1986 ; Humantech Inc., 1995).

④ 개발된 점검표의 타당도 및 신뢰도가 검증되지 않았다 (Lifshitz & Arms- trong, 1986 ; Humantech Inc., 1995 ; OSHA, 1995 ; ANSI, 1996).

이와 같은 체크리스트들의 문제점 분석을 통해 본 연구에서 개발하고자 하는 체크리스트의 조건을 다음과 같이 설정하였다.

① 평가 도구는 난이도가 낮아 분석이 간단하고 쉬워서 인간공학 비전문가들, 특히 보건관리자들이 활용 가능해야 한다.

② 위험 요인 평가 결과를 바탕으로 위

험성의 정량적 평가가 가능하고 그 기준을 바탕으로 인간공학적 관리 기준을 제시할 수 있어야 한다.

③ 이러한 결과의 적용은 특정 신체 부위와 제한된 위험 요인, 그리고 제한된 작업이 아닌 다양한 조립 라인 현장에서 활용 가능해야 한다.

④ 현장에서의 적용 결과 평가 도구로써의 타당도와 신뢰도가 입증되어야 한다.

⑤ 시간과 비용이 적게 들어야 한다.

2) 위험 요인(Risk Factors) 평가 요소 선정
위험 요인의 구성 요소는 OSHA(1995), ANSI(1996), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 1997) 등의 연구 결과에서 공통적으로 설정하고 있는 작업 자세, 반복성, 힘, 정적인 동작, 노출 시간, 기타(진동, 신체 압박, 저온 작업, 기계 의존적인 작업 속도, 일상적인 잔업)로 구성하였다.

건강 장애의 평가 대상(신체 부위)은 과거에는 주로 상지만을 대상으로 한 연구

(Armstrong et al., 1982 ; Moore & Garg, 1995)에서 최근에는 허리와 하지 부위 등 모든 관절 부위로 평가 대상을 확대하는 연구 경향을 참고하여(McAtemney & Corleat, 1993 ; Humantech Inc., 1995, OSHA, 1995 ; ANSI, 1996) 손가락/손/손목, 팔꿈치/전완, 어깨, 목, 허리, 다리 등 6가지 신체 부위를 대상으로 하였다.

각각의 위험 요인에 대한 기준과 정의는 6가지 신체 부위를 모두 평가 대상으로 하고 있는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment, McAtemney & Corleat, 1993) 및 BRIEF(Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors, Humantech Inc., 1995)와 OSHA(1995) 및 ANSI(1996)에서 정한 부적절한 작업 자세의 종류와 평가 기준(표 1)을 근거로 설정하였다.

위험 요인에 대한 과학적 근거는 NIOSH(1997)에서 각 신체 부위별 위험 요인의 역학적 근거(epidemiologic evidence)로 제시하고 있는 연구 결과와 기타 개별적인 연구(Pamela et al., 1977 ;

Table 2. Criteria of risk factors adopted in this study

Body part	Work posture (≥1 hour total exposure duration)	Force	Repetition (no./min)	Static duration(sec)	Total exposure duration(hr)	Others
Fingers/ Hand/ Wrists	① Pinch/Finger press/Power grip/ Wrist deviation/Wrist flexion or extension(20-44°) ② Extreme wrist flexion or extension(≥45°)	① ≥4.5kg (wrist) ≥1kg(fingers) ③ Extreme force	① ≥200 (Fingers)/ 2-9(wrist) ② ≥10(wrist)	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	① Contact stress ① H-A vibration
Elbow/ Forearm	① Forearm rotation / Extreme elbow extension	① ≥4.5kg ③ Extreme force	① 2-9 ② ≥10	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	① Contact stress
Shoulders	① Flexion/Abduction(≥45-89°) ② Extreme flexion or abduction (≥90°)	① ≥4.5kg ③ Extreme force	① 2- <3 ② ≥3	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	
Neck	① Flexion or twisted sideways (≥20-44°) / Extension(≥10-19°) ② Extreme flexion or twisted side ways(≥45°) / Extreme extension (≥20°)	① Weight (head gear)	① 2- <3 ② ≥3	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	
Low back	① Flexion or twisted sideways (≥20-44°) / Extension(≥10-19°) ② Extreme flexion or twisted side ways(≥45°) / Extreme extension(≥20°)	① Lift/push or pull/ carry(≥9kg) ③ ≥22.5 kg	① 2- <3 ② ≥3	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	① Whole body vibration
Legs	① Squat/Kneel/Foot pedal/ Stand on one leg	① ≥4.5kg ③ Extreme force	① 2- <3 ② ≥3	① ≥10- <29 ② ≥30	① 2- <4 ② ≥4	
Others	① Low temperature(≤7℃)	① Machine paced task			① Routine overtime	

* H-A vibration : Hand-Arm vibration ; ①, ②, ③ = score 1, 2, 3

Armstrong *et al.*, 1982 ; Feldman *et al.*, 1983 ; Keyserling, 1986 ; Kilbom *et al.*, 1986 ; Eastman Kodak, 1986 ; Silverstein *et al.*, 1987, 1996 ; Armstrong, 1986 ; Chaffin & Andersson, 1988 ; Leonard & Keyserling, 1989 ; Rempel *et al.*, 1997 ; Occhipinti, 1997)들을 참고하였다. 각각의 위험 요인에서 부여하고 있는 가중치는 ANSI(1996) 조사 방법(proactive job survey methods)에서 제시하고 있는 기준(위험 기준 초과 작업은 1점, 고위험 초과 작업은 2점)을 적용하였다. 다만 ANSI 평가 방법이 힘에 대해 낮게 평가되는 되는 것을 고려하여(이윤근 등, 1998 ; 광현석, 1999) 극단적인 힘을 필요로 하는 작업 자세에 대해서는 3점을 부여하였다(Moore & Garg, 1995). 이러한 과정을 거쳐 최종적인 위험 요인 평가 요소를 다음과 같이 총 37개 항목으로 구성하였다(표 2).

① 작업 자세(Awkward posture) : 6개 항목
작업 자세는 각각의 연구들(Armstrong *et al.*, 1982 ; Feldman *et al.*, 1983 ; McAtamney & Corleet, 1993 ; Humantech Inc., 1995 ; OSHA, 1995 ; ANSI, 1996)에서 제시하고 있는 부적절한 작업 자세의 공통된 기준(손목:20-44°, 어깨:45-90°, 목/허리:20-44°, 기타 팔꿈치/전완 및 다리는 작업 자세의 관찰 유무로 판정)를 초과할 때는 1점, 그리고 극단적인 작업 자세로 고 위험작업으로 제시하고 있는 기준(손목/목/허리 $\geq 45^\circ$, 어깨 $\geq 90^\circ$)을 초과할 때는 2점을 부여하였다(McAtamney & Corleet, 1993 ; ANSI, 1996). 작업 자세를 포함한 모든 위험 요인은 1일 작업 중 노출 시간이 1시간 이상(ANSI, 1996)인 경우에만 관찰 대상으로 하였다.

② 힘(Force) : 6개 항목
힘에 대한 위험성 기준은 손목, 팔꿈치, 어깨 부위는 10 lbs(4.5 kg)를 기준으로 이 기준을 초과할 때는 1점을 부여하였다(Feldman *et al.*, 1983 ; Humantech Inc., 1995 ; OSHA, 1995). 특히 전신을 이용하여 힘을 가하는 작업(극단적인 힘)의 경우 힘이 많이 드는 관계로 위험 요인 노출 시간(작업 시간)이 적을 수밖에 없어(이윤근 등, 1998 ; 광현석, 1999) 상대적으로 위험

성이 저 평가되는 것을 감안하여 Strain Index(Moore & Garg, 1995) 평가 방법에서 부여하고 있는 3점의 가중치를 주어 비중을 더 크게 하였다. 허리 부위에서의 들기, 밀기, 당기기, 3 m 이상 이동하는 작업은 20-49 lbs(9-22.4 kg)일 때는 1점(Humantech Inc., 1995 ; OSHA, 1995), 그리고 50 lbs(22.5 kg)이상 혹은 온몸을 이용하여 허리에 힘이 가해지는 극단적인 작업은 3점(OSHA, 1995)을 부여하였다. 그러나 작업에 소요되는 힘, 특히 손/손목, 팔, 어깨 등에 가해지는 힘을 평가한다는 것은 사실상 어렵기 때문에 주로 공구를 이용하여(2.5 kg 이상) 손가락 혹은 손목으로 밀거나 당기거나 공구를 지속적으로 들고서 작업을 하는 경우, 그리고 힘을 주어 손목을 비트는 경우에 힘이 필요한 것으로 간주하여 힘의 소요 여부를 평가하였다(Goldstein *et al.*, 1987).

③ 반복성(Repetition) : 6개 항목
반복성에 대한 기준은 작업 주기(cycle time)가 30초 미만이고 한 작업 단위의 50% 이상을 차지할 때 위험성이 있는 것으로 판단하여(Silverstein *et al.*, 1987) 1분에 2회 이상 3회 미만(손가락은 200회 이상, 손목과 전완은 2-9회) 반복하는 작업은 1점, 그리고 3회 이상 반복하는 작업(손목과 전완은 10회 이상)은 2점을 부여하였다(McAtamney & Corleet, 1993 ; Kilbom, 1994 ; Humantech Inc., 1995 ; ANSI, 1996).

④ 정적인 자세(Static work posture) : 6개 항목
정적인 자세에 대한 기준은 10초 이상한 자세를 계속 유지할 때는 1점, 30초 이상 유지할 때는 2점을 부여하였다(Humantech Inc., 1995).

⑤ 노출 시간(Exposure duration) : 6개 항목
각 작업 자세에 대한 노출 시간은 OSHA(1995)에서 'signal risk factor'의 노출 시간으로 정하고 있는 2시간 이상을 기준으로 하여 총 노출 시간이 2-4시간 미만일 때는 1점, 4시간 이상일 때는 2점을 부여하였다(OSHA, 1995 ; ANSI, 1996).

⑥ 기타 : 7개 항목
기타 손바닥 및 손목, 전완 부위가 날카로운 면에 접촉될 때(OSHA, 1995 ; ANSI,

1996 ; NIOSH, 1999), 국소 진동(손가락/손목 부위) 및 전신 진동(허리 부위)에 노출될 때(OSHA, 1995 ; ANSI, 1996 ; NIOSH, 1997), 그리고 저온(7°C 미만)작업, 기계 의존적인 작업 속도 및 일상적인 작업이 있을 때는 각각 1점을 부여하였다(OSHA, 1995 ; ANSI, 1996).

이러한 평가 기준을 바탕으로 구성된 체크리스트는 이후의 후속 연구를 통해 계속해서 수정 보완할 목적으로 이름을 CERF-1(Checklist for Ergonomic Risk Factors)이라고 명명하였다.

2. 현장 적용 평가

1) 연구 대상

본 연구는 승용차를 조립 생산하는 00 자동차 공장의 조립라인을 대상으로 2000년 5월부터 8월까지 진행되었다. 연구 대상은 전체 약 880여개의 단위 작업 중 OSHA(1995)의 작업 분석 기준인 대상자의 10% 이상을 무작위로 선정하여 총 465개 작업(전체 작업의 52.8%)과 해당 작업자 전원에 대하여 작업 분석(job analysis)과 자각 증상 조사를 실시하였다.

조사-재조사법에 의한 체크리스트의 신뢰도 조사는 102개 개별 작업을 무작위로 선정하여 1차 조사 후 2-3주 경과 후에 실시하였고, 조사자간의 일치도 조사는 이중 3개 작업을 무작위로 선정하여 보건관리자로 가정된 조사자 10인이 동시에 분석하였다.

2) 위험요인 평가

완성된 CERF-1을 이용하여 현장에서 사용할 때의 문제점을 보완할 목적으로 총 15개 작업을 대상으로 예비 조사를 실시하여 문제점을 보완(평가 항목의 순서 조정 및 작업자세에 대한 그림 예시 추가)한 후 본 조사를 하였다.

위험 요인에 대한 본 조사는 개발된 CERF-1과 기존의 연구에서 제시된 체크리스트와의 비교 평가를 위해 OSHA(OSHA, 1995)와 ANSI Z-365(ANSI, 1996) 체크리스트를 동시에 이용하여 분석하였다. 모든 작업 내용은 8 mm 디지털 캠코

더를 이용하여 작업 당 2-3 cycle을 촬영하고 3가지 체크리스트를 이용하여 반복 관찰 후 평가하였고, 기타 줄자와 체중계를 이용하여 작업 공간 길이, 취급 물체 및 공구의 무게 등을 측정하였다.

3) 자각 증상 조사

CTDs에 대한 자각 증상은 개인별 특성(작업 조건 및 과거 병력, 관련 질환의 치료 경력 등)과 자각 증상(통증의 강도, 빈도, 기간)을 5점 척도로 표시하도록 구성된 설문지를 이용하였으며, 설문지는 현장 조사시 직접 배포하여 작업자가 기입하도록 한 후 수거하였다.

본 조사에 이용된 설문지는 NIOSH (1990)에서 정한 CTDs의 증상 기준(symptom criteria, 증상이 1주일 이상 지속되거나 혹은 지난 1년간 한 달에 1번 이상 증상이 반복되는 경우)과 ANSI(1996)에서 만든 증상 조사표를 근거로 송동빈 등(1997)이 통증의 강도를 보강하여 국내 실정에 맞게 개발된 것을 이용하였다.

이러한 과정을 거쳐 충분한 직업력이 입증되고(최소한 1년 이상), CTDs와 관련된 과거 병력 및 사고력이 없고, 관련 증상들이 현재의 작업 이후에 발생한 경우에 한해서 손가락/손/손목, 팔꿈치/전완, 어깨, 목, 허리, 다리 등 6가지 신체 부위

중 어느 한 부위에서라도 NIOSH(1990) 기준에 해당되는 자를 '양성자 기준 1'로 하였다. 그러나 기존의 연구(Ohlsson *et al.*, 1994 ; Silverstein *et al.*, 1997 ; 송동빈 등, 1997)에서 NIOSH 기준에 의한 증상 조사 결과와 이학적 검진을 통한 양성자 기준에 차이를 보이는 등 증상 호소율이 다소 과대 평가되고 있는 것으로 보고되고 있어 좀 더 엄격한 기준(양성자 기준 2)을 추가하여 2가지의 양성자 기준을 적용하여 분석하였다. '양성자 기준 2'는 국내에서의 CTDs 의심자를 선별하기 위한 목적으로 사용한 것으로 비교적 양성예측율(80.3%)이 높은 것으로 보고되고 있다(이윤근과 임상혁, 1998). 이 기준은 NIOSH 기준을 모두 만족하고 통증의 강도는 '중간 통증(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮은 경우)' 이상에 해당되는 경우를 CTDs 양성자로 판정하는 기준이다.

Table 3. Management categories based on risk factor scores

Category	Activities	Cut-off point
Normal job	No action required	When CTDs symptoms are negative
Low risk job	Actions like education and follow up on task or symptoms should be taken in the future	When CTDs symptoms are between positive 1 and positive 2 criteria*
Risk job	Actions including education, stretching exercise, screening physical examination, and detailed exposure assessment should be taken as soon as possible	When CTDs symptoms exceed positive 2 criteria†

* positive 1 criteria : those who experienced symptoms either once per month or for longer than a week over the last year.

† positive 2 criteria : those who experienced moderate, severe, or very severe pain, with symptoms occurred once per month, and for longer than a week over the last year.

Table 4. Prevalence of CTDs based on self-reported symptoms

(n=465)

Characteristics	CTDs Positive, n(%)
Body parts	
Shoulders	227 (48.3)
Wrist and hands	206 (44.3)
Low back	196 (42.2)
Legs	166 (35.7)
Elbow and forearm	148 (31.8)
Neck	146 (31.4)
Any part of the body parts	332 (71.4)
Age(yr)†	
20 - 29	69 (64.5)**
30 - 39	109 (72.7)
40 - 49	93 (86.1)
50 - 60	35 (79.5)
Tasks†	
Automobile fittings assembly	178 (74.8)
Stamping	30 (73.2)
Frame assembly	99 (69.7)
Painting	25 (56.8)

** $p < 0.01$ by χ^2 -test, † prevalence of any part of the body parts.

4) 인간공학적인 관리 기준 설정

개발된 체크리스트가 산업보건 관리에 활용되기 위해서는 위험 요인 평가를 통해 정량적인 관리 기준을 제시할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서도 OWAS (Karhu *et al.*, 1977) 및 RULA(McAtemney & Corleat, 1993) 방법에서 제시하고 있는 관리 기준과 내용을 참고하여 3가지 기준을 설정하고(표 3) 해당되는 관리 기준의 분기점(cut-off point)을 분석하였다.

각각의 관리 기준에 해당되는 분기점은 위험 요인 점수를 가장 낮은 점수에서 높은 점수 순서로 배열하고 각 점수에 해당되는 증상 유병율을 참고하여 유병율이 0%에 가까운 점수(즉, 체크리스트의 민감도가 100%에 가까운 기준)를 분석하였다(Moore & Garg, 1995).

5) 자료 분석

CERF-1에 대한 타당도 검증은 체크리스트를 통해 평가된 위험 요인 점수와 작업자들이 호소하는 증상 점수와의 관계를 알아보기 위하여 상관계수를 산출하였으며, 기타 OSHA 및 ANSI Z-365 체크리스트의 평가 결과도 함께 비교하였다.

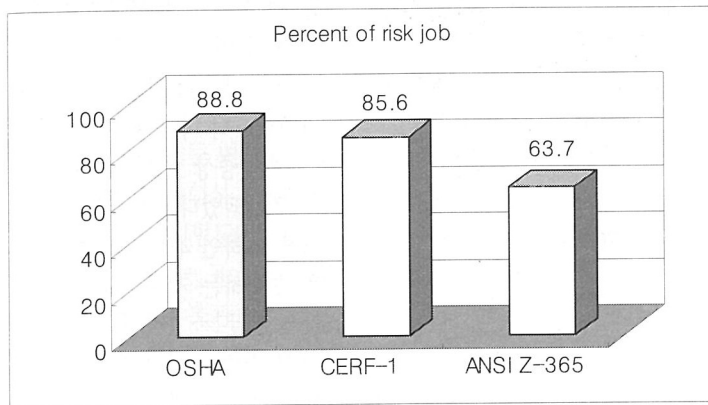


Figure 1. Percent of risk job as risk factor scores using OSHA, CERF-1, and ANSI Z-365 checklists. Threshold score of risk job were OSHA score ≥ 6 , ANSI score ≥ 10 , and CERF-1 score ≥ 16

또한 위험 요인 점수를 기준으로 제안된 인간공학적 관리 기준이 CTDs 증상자 선별에 어느 정도의 타당성을 가지고 있는지를 평가하기 위하여 각 기준에 대한 민감도와 특이도, 그리고 연령을 보정한 후 비교 위험도 추정치(adjusted odds ratio)를 분석하였다.

체크리스트에 대한 신뢰도 검증은 조사-재조사 결과와의 상관계수와 조사자 10인간의 일치도(inter-rater reliability)를 분석하였다. 조사자간의 일치도는 인간공학에 대한 사전 지식이 없는 보건학 전공자(대학원생) 10인을 보건관리자로 가정하여 2시간 정도의 사전 교육과 5개 작업에 대해 연습한 후 동시에 분석하였다. 개별

작업의 위험 요인에 대한 기준값은 인간공학 전문가 2인이 동일 작업을 분석한 후 서로 일치된 판정 결과를 기준으로 하였고(일치하지 않은 작업 자세는 각도 등을 실측하여 판정), 기준값에 대한 조사자들의 일치율을 분석하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성 및 자각증상

조사 대상자는 총 465명이었으며(평균

연령 36.6세) 모두 남자였다. 현 직장에 대한 평균 작업 경력은 9.4년이었고 모두 1일 평균 10시간씩(2조 2교대)의 동일한 근무 형태를 가지고 있었다. 조사 대상 작업은 각종 자동차 부품을 조립하는 의장 조립이 238명(51.2 %)으로 가장 많았고 차체에 대한 용접, 연마, 조립 등을 수행하는 차체 조립이 142명(30.5 %), 도장 작업이 44명(9.5 %), 프레스 작업이 41명(8.8 %)이었다.

CTDs에 대한 자각 증상 조사 결과는 표 4와 같다. NIOSH의 증상기준에 해당되는 사람을 기준으로 할 때 어깨(48.3 %), 손/손목(44.3 %), 허리(42.2 %) 부위에서의 증상 호소율이 비교적 높게 나타났다.

6가지 신체 부위 중 어느 한 부위 이상에서 나타나는 증상을 기준으로 할 때 연령별로 보면 40대가 86.1 %로 가장 높았고, 전체적으로 볼 때 연령이 증가함에 따라 증상 호소율도 증가하는 경향을 보였다($p=0.003$). 작업 내용별로는 부품 조립 작업이 74.8 %로 가장 높았으며, 작업 내용에 따른 증상 호소율의 통계적인 유의한 차이는 없었다($p=0.183$).

2. 위험 요인 평가

각각의 체크리스트를 이용한 개별 작업의 위험 요인 평가 결과는 그림 1과 표 5와 같다.

각각의 체크리스트에서 제안하고 있는 위험성 노출 기준을 초과한 작업은 OSHA(6점 이상)가 88.8 %로 가장 높게 나타났고, CERF-1(16점 이상)은 85.6 %로 나타나 두 평가 방법이 비슷한 결과를 보였다. 그러나 ANSI Z-365(10점 이상)는 63.7 %로 나타나 상대적으로 위험성 초과 비율이 낮은 것으로 평가되었다.

CERF-1에 의한 위험 요인 평가 결과를 신체 부위와 위험 요인 특성별로 나누어 각각에서 노출 가능한 최대 점수를 기준으로 한 노출율(%)을 분석한 결과는 표 5와 같다.

신체 부위별로 보면 손/손목 부위의 노출율이 49.5 %, 어깨 46.0 %로 2가지 신체 부위가 가장 높게 나타나 표 4의 신체 부

Table 5. Exposure rates of risk factor scores by body part and risk factor characteristics using the CERF-1 checklist (n=465)

Risk factors	Exposure rate (%) [*]
Risk factors by body part	
Hand and wrists	49.5
Shoulders	46.0
Low back	32.0
Neck	28.9
Elbow and forearm	24.3
Legs	20.8
Characteristics of risk factor	
Awkward posture	58.1
Total exposure duration	38.1
Static posture duration	37.3
Repetition	22.7
Force	14.8

^{*}Exposure rate (%) : risk factor scores/full number of point.

Table 6. Risk factor scores according to positive or negative CTDs by self-reported symptoms (mean±SD)

	Numbers(%)	OSHA	ANSI Z-365	CERF-1
CTDs (-) [†]	133(28.6)	7.9±3.5*	10.1±2.9	19.1±7.3**
CTDs (+) [‡]	332(71.4)	8.5±2.1	10.4±2.3	24.3±5.7

* $p<0.05$; ** $p<0.01$ by t-test CTDs(-) to CTDs(+)[†]CTDs (-): negative of cumulative trauma disorders by self-reported symptoms.[‡]CTDs (+): positive of cumulative trauma disorders by self-reported symptoms.

위험 증상 호소율과 비슷한 경향을 보였다. 위험 요인 노출율을 위험 요인 특성별로 보면 작업 자세 비율이 58.1 %로 가장 높게 나타났고, 기타 노출 시간 및 정적인 자세가 각각 38.1 %와 37.3 %로 중간 정도, 그리고 반복성 및 힘의 노출 비율이 각각 22.7 %와 14.8 %로 가장 낮게 나타났다.

3. 위험 요인 점수와 자각 증상과의 관계

자각 증상 결과를 기준으로 CTDs 유무(NIOSH 기준)에 따른 각 체크리스트별 위험 요인 점수의 차이를 분석한 결과는 표 6과 같다.

OSHA 및 CERF-1 체크리스트에 의한 평가 결과 CTDs 양성자와 음성자의 위험

요인 평균 점수간에 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으나(각각 $p=0.001$, $p=0.019$), ANSI Z-365 에 의한 평가 결과는 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.274$).

CERF-1에 의한 위험 요인 평가 결과를 근거로 인간공학적인 관리 기준을 설정하기 위하여 465개 개별 작업의 위험 요인 점수별 CTDs 양성자 비율 분포를 나타낸 결과는 그림 2와 같다.

‘양성자 기준 1’에 의해 CTDs 증상 호소자가 나타나기 시작한 점수는 10점부터 시작하여 위험 요인 점수가 높아질수록 증상 호소율도 점차 증가하였다. 특히 16 점 이상일 때는 증상 호소율이 60 % 이상이었으며, 계속 호소율이 높아지다가 33 점 이상일 때는 모두 100 %의 증상 호소율을 보였다. 따라서 ‘양성자 기준 1’에 의한 CTDs 양성자가 나타나기 시작하는 기

준 점수를 10점 이상으로 하였다.

좀 더 엄격한 기준인 ‘양성자 기준 2’에 의한 증상 호소자는 위험 요인 점수가 16 점에서부터 나타나기 시작하여 29점 이상 일 때는 증상 호소율이 50 % 이상인 것으로 분석되었다. 그러나 위험 요인 점수가 16점 이하인 4명의 작업자에게서도 증상을 호소하는 것으로 나타났는데 이들 작업자 모두는 고정된 위치에서 특정한 신체 부위(손목 및 어깨)만을 반복하여 사용하는 프레스 제품을 쌓는 작업이었다. 따라서 이들 작업은 대부분이 동적인 작업 특성이 있는 자동차 조립 작업에서의 예외적인 작업임을 고려하여 ‘양성자 기준 2’에 의한 CTDs 양성자가 나타나기 시작하는 기준 점수를 16점 이상으로 하였다.

이러한 결과를 바탕으로 표 3에서 제시한 CTDs 위험성 기준을 3가지(normal job, low risk job, and risk job)로 나누어 각각의 관리 기준별 증상 호소율과 위험 요인 점수를 분석한 결과는 그림 3과 같다.

즉, 위험성이 매우 낮은 ‘정상 작업’으로 분류할 수 있는 기준 점수를 10점 미만, 계속적인 추적관찰을 필요로 하는 ‘저위험성 초과 작업’은 10-15점, 그리고 적극적인 관리를 필요로 하는 ‘위험성 초과 작업’은 16점 이상으로 분류하여 각각의 관리 기준별 증상 호소율을 분석하였다.

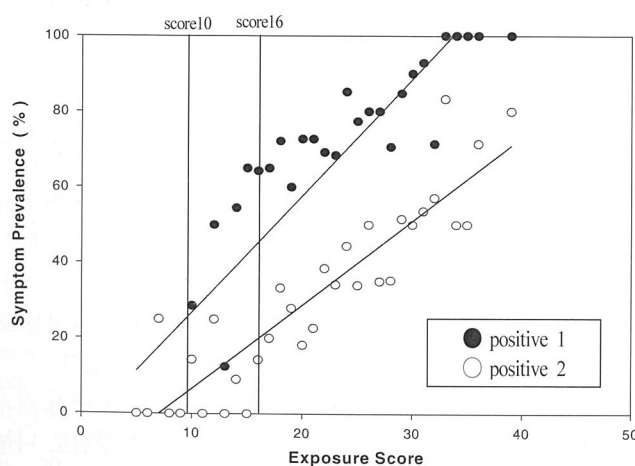


Figure 2. Distribution of risk factor scores by the CERF-1 checklist and symptom prevalence (positive 1 : those who experienced symptoms either once per month or for longer than a week over the last year, positive 2 : those who experienced moderate, severe, or very severe pain, with symptoms occurred once per month, and for longer than a week over the last year)

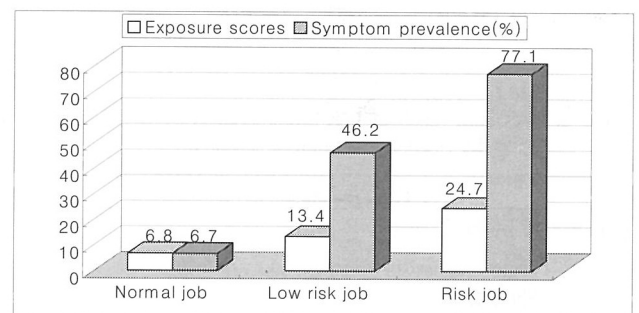


Figure 3. Exposure scores and symptom prevalence according to hazard classification based on risk factor scores by the CERF-1 checklist (n=465, normal job : score \leq 9, low risk job : $10 \leq$ score $<$ 15, risk job : score \geq 16)

그 결과 위험성이 매우 낮은 ‘정상 작업’ (10점 미만)의 증상 호소율은 6.7 %, 계속적인 추적관찰을 필요로 하는 ‘저위험성 초과 작업’ (10-15점)은 46.2 %, 그리고 적극적인 관리를 필요로 하는 ‘위험성

초과 작업(16점 이상)은 77.1 %로 위험성이 증가할수록 증상 호소율이 높게 나타났다.

연령과 작업 내용이 증상 호소율에 영향을 미치는 문제를 고려하여 이들 변수를 보정한 후에 체크리스트별로 위험성 초과 작업에 대한 상대적인 비교 위험도(adjusted odds ratio)를 분석한 결과는 표 7과 같다.

CERF-1에 의해 위험성 초과 작업으로 분류한 작업군(16점 이상)의 odds ratio는 5.69 (95 % CI 3.15- 10.29), OSHA 체크리스트에 의한 위험 작업군(6점 이상)은 4.51 (95 % CI 2.38-8.54)로 두 평가 방법이 비슷한 결과를 보였다. 그러나 ANSI Z-365에 의한 저위험 초과 작업군(10점 이상)은 1.93 (95 % CI 1.21- 3.07)으로 분석되어 다른 2가지 평가 방법보다 상대적으로 낮게 평가되었다.

4. 체크리스트의 타당도 및 신뢰도

3가지의 체크리스트를 이용한 위험 요인 점수와 자각 증상 점수와의 상관관계, 그리고 조사-재조사 및 조사자간의 상관관계를 분석한 결과는 표 8과 같다.

연령을 보정한 후 위험 요인 점수와 자각 증상 점수와의 상관관계를 분석한 결과 CERF-1은 상관계수가 0.49로 상관성이 있는 것으로 분석되었고, OSHA 및 ANSI Z-365 체크리스트는 각각 0.28, 0.22로 낮은 상관을 보여 두 평가 방법에 비해 CERF-1이 상대적으로 상관계수가 높은 것으로 평가되었다.

조사-재조사에 의한 신뢰도를 평가한 결과(표 8) OSHA와 ANSI Z-365 체크리스트의 상관계수는 모두 0.94로 나타났고, CERF-1은 이 2가지 평가 방법보다는 약간 낮은 0.88로 나타났으나 3가지 평가 도구에 대한 조사-재조사간의 상관관계는 매우 높은 상관성이 있는 것으로 분석되었다. CERF-1의 조사-재조사에 의한 신뢰도를 신체 부위별로, 그리고 위험요인 특성별로 나누어 분석한 결과(표 9) 손/손목 부위의 위험 요인($r=0.71$)과 힘에 대한 위험요인($r=0.65$) 항목에서 상대적으로 낮은 상관성을 보였다.

Table 7. Odds ratios from multiple logistic regression analysis of CTDs on exposure scores using CERF-1, OSHA, and ANSI Z-365 checklists (n=465)

Checklist	Numbers(%)	CTDs(+)*, n(%)	OR(95% CI)*
CERF-1			
Normal or low risk job	67 (14.4)	25 (37.3)	1.00
Risk job	398 (85.6)	307 (77.1)	5.69 (3.15-10.29)
OSHA			
Low risk job	52 (11.2)	21 (40.4)	1.00
Risk job	413 (88.8)	311 (75.3)	4.51 (2.38-8.54)
ANSI Z-365			
Low risk job	169 (36.3)	110 (65.1)	1.00
Risk job	296 (63.7)	222 (75.0)	1.93 (1.21-3.07)

*CTDs (+) : positive of cumulative trauma disorders by self-reported symptoms.

*OR (95 % CI) : odds ratio (95 % confidence interval) adjusted by age and task.

Table 8. Correlation coefficients as exposure-response relationship, test and retest, and inter-rater reliability using CERF-1, OSHA, and ANSI Z-365 checklists

	CERF-1	OSHA	ANSI Z-365
Exposure-response relationship [†]	0.49**	0.28**	0.22**
Test and retest [‡]	0.88**	0.94**	0.94**
Inter-rater reliability [§]	0.80**	0.89**	0.67**

[†]Partial correlation coefficients between CTDs symptom scores and risk factor scores (n=465).

[‡]Pearson's correlation coefficients between test and retest of exposure scores (n=102).

[§]Spearman's correlation coefficients of exposure scores between health care providers and ergonomist(n=30).

**p<0.01

보건관리자와 인간공학 전문가간의 일치도를 분석한 결과(표 8) 위험 요인 점수간의 상관계수가 OSHA 및 CERF-1평가 방법은 0.89와 0.80으로 매우 높은 상관성을 보였고, ANSI 평가 방법은 0.67로 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

CERF-1을 이용하여 위험 요인 점수를 평가하고 그 결과를 바탕으로 저위험성 초과 작업과 위험성 초과 작업으로 나누어 CTDs 증상 호소자 선별에 대한 각각의 민감도와 특이도를 분석한 결과는 표 10과 같다.

CTDs 증상자를 선별하는 데 있어 저위험성 초과 작업(위험 요인 점수가 10점 이상)을 기준으로 위험 요인 노출 유무를 평가했을 때는 민감도가 99.7 %로 가장 높게 나온 반면 특이도

는 10.5 %로 낮게 나타났다. 좀 더 엄격한 기준을 적용하여 위험 요인 점수가 16점 이상(위험성 초과 기준)일 때를 기준으로 위험 요인 노출 유무를 평가할 때는 민감도가 92.5 %, 특이도는 31.6 %로 나타나 민감도는 약간 낮아진 반면 특이도는 다소 높아졌다.

Table 9. Correlation coefficients between test and re-test of the CERF-1 checklist (n=102)

Risk factors	Pearson's correlation coefficient
Risk factors by body part	
Neck	0.93**
Legs	0.91**
Low back	0.90**
Shoulders	0.84**
Elbow and forearm	0.80**
Hand and wrists	0.71**
Characteristics of risk factor	
Exposure duration	0.92**
Static posture duration	0.91**
Awkward posture	0.89**
Repetition	0.81**
Force	0.65**

**p<0.01

Table 10. Validity of the CERF-1 checklist by management category as exposure scores

Management category	Exposure	CTDs(+)*	CTDs(-)**	Total	Validity(%)
Exceeding	scores ≥ 10	331	119	450	sensitivity=99.7 specificity=10.5
low risk job	scores < 10	1	14	15	
(scores ≥ 10)	total	332	133	465	
Exceeding	scores ≥ 16	307	91	398	sensitivity=92.5 specificity=31.6
risk job	scores < 16	25	42	67	
(scores ≥ 16)	total	332	133	465	

*CTDs(+): positive of cumulative trauma disorders by self-reported symptoms.

**CTDs(-): negative of cumulative trauma disorders by self-reported symptoms.

IV. 고 찰

CTDs의 위험 요인 평가는 전문가의 관찰, 작업자에 의한 자가 평가, 비디오 분석, 측정 기구를 이용한 직접 측정, 그리고 실험적 평가와 같은 다양한 방법을 이용하여 이루어지고 있다. 그러나 전문가 관찰이나 자가 평가 방법은 타당성이 떨어지고, 기구를 이용한 직접 측정과 실험적 평가는 현장 적용의 제한적인 문제점으로 인해 체크리스트를 이용하면서 비디오 분석을 병행하는 것이 세계적인 추세다(David & Nordstrom, 1998).

이와 같은 필요성에 의해 그 동안 많은 체크리스트들이 개발되어 왔는데 주로 위험 요인을 정량화 하는 문제와 위험 요인과 증상과의 노출-반응관계에 대한 타당성, 그리고 평가 도구로서의 신뢰도 문제에 초점이 맞추어져 있다(David & Nordstrom, 1998).

따라서 본 연구에서는 국내 산업 보건 현장에서 보건관리자들이 활용 가능한 체크리스트를 개발하기 위하여 선행 연구에서 제안하고 있는 공통된 위험 요인 특성을 분석하고 이를 근거로 총 37개 항목에 대한 점검표를 완성하여 자동차 조립 작업자를 대상으로 타당성과 신뢰도를 평가하였다. 그러나 CERF-1에서 구성하고 있는 각 위험 요인의 CTDs에 대한 영향력은 동일하다는 것을 전제로 하였기 때문에 한 두 가지의 특정한 위험 요인(예를 들어 반복성, 힘 등)만이 반복적으로 노출될 때는 이 평가 방법이 부적절할 수도 있다. 즉, 부적합한 작업 자세나 반복성, 힘, 정적인 자세, 혹은 노출 시간 등과 같은

위험 요인 중에서 어떤 요인이 CTDs에 더 많은 영향을 미치고 어떤 요인이 덜 영향을 미치는 지에 대해 고려(위험 요인 특성별로 가중치를 주는 문제)하지 않은 문제점이 있다. 이는 본 연구에서 만든 체크리스트뿐만 아니라 기존의 모든 체크리스트가 갖고 있는 동일한 한계점으로 향후 많은 연구와 실험을 통해 보완되어야 할 것으로 생각된다.

조사 대상자의 일반적 특성을 보면 465명 전원이 남성으로 모두가 2교대 근무를 하고 있었다. 따라서 CTDs의 성차(gender difference)에 관한 많은 연구들이(OSHA, 1995; Zetterberg *et al.*, 1997) 지적하고 있듯이 여성의 유병율이 남성에 비해 높다는 점을 감안하면 본 연구 결과를 남성 작업자에 국한해서 해석할 수밖에 없는 한계점을 가지고 있다. 또한 조사 대상자 전원이 거의 모든 신체 부위와 관련된 동작 요소가 매우 동적인 상태로 작업이 이루어지는 자동차 조립 작업이라는 특징을 가지고 있다. 따라서 어느 특징적인 신체 부위만이 문제되는 작업 특성(예를 들어 정적인 상태로 의자에 앉아 미세 부품을 조립하는 작업 등)이나 동적이지만 비표준화된 작업 특성(조선 및 건설업 등)이 있는 다른 작업에 본 연구 결과를 그대로 적용하는 데는 한계가 있을 수밖에 없다. 이 부분 역시 후속 연구를 통해 보완되어야 할 것이다.

CTDs에 대한 자각 증상 조사 결과(표 4)를 보면 NIOSH의 증상 기준에 해당되는 사람은 신체 부위별로 어깨, 손/손목, 허리 부위가 기타 다른 신체 부위에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 이는 CERF-1

을 이용하여 조사 대상자의 위험 요인 특성을 분석한 결과(표 5), 손/손목과 어깨 부위가 다른 신체 부위에 비해 위험성 노출 비율이 상대적으로 높게 나온 결과를 반영하고 있는 것으로 해석된다.

체크리스트를 이용하여 개별 작업의 CTDs 위험성 초과 여부를 평가한 결과(그림 1), OSHA와 CERF-1에 의한 평가 결과는 위험성 초과 작업 비율이 비슷하게 나온 반면 ANSI Z-365는 상대적으로 위험성이 낮게 평가되었다. 특히 ANSI 평가 방법이 상대적으로 위험성이 낮게 평가된 것은 이윤근 등(1998)의 연구 결과와 동일한 경향을 보였고, 그 이유는 주로 힘에 대한 평가 항목의 누락과 4시간 이하로 노출되는 위험 요인이 상대적으로 낮게 평가되는 것으로 보고되고 있다(곽현석, 1999).

위험 요인 점수와 자각 증상 결과와의 관계를 분석한 결과(표 6), OSHA와 CERF-1은 CTDs 양성자와 음성자간의 위험 요인 평균 점수에 통계적인 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), ANSI Z-365에 의한 평가 결과는 음성자와 양성자간의 유의한 점수 차이를 보이지 않았다. 이는 앞서서도 설명했듯이 ANSI의 평가 방법은 위험 요인이 낮게 평가되는 한계성으로 인해 저위험 작업과 위험 작업간의 차이를 잘 분별해내지 못하는 문제점을 가지고 있는 결과로 해석된다.

CERF-1에 의한 위험 요인의 정량적인 평가 결과를 근거로 인간공학적인 관리 기준을 제안하기 위하여 각 점수별 CTDs의 양성자 비율 분포를 분석하였다(그림 2). 그 결과 표 3에서 설정한 위험성이 전혀 없는 정상작업군의 점수를 10점 미만으로 할 때 민감도가 100%에 가까워져(99.7%) 안전한 작업을 선별하는 기준으로서 충분한 타당성이 있는 것으로 분석되었다. 또한 CTDs로 의심할 수 있는 위험 작업군의 점수를 16점 이상으로 할 때 민감도(92.5%)와 특이도(31.6%)가 가장 높아져 이 기준을 위험 작업에 해당되는 관리 기준으로 설정하는 것이 타당할 것으로 보인다. 이러한 결과를 바탕으로 연령을 보정한 후에 각각의 기준에 따른 상

대적인 비교 위험도 추정치를 분석한 결과(표 7), 저위험 작업군에 비해 위험 작업군($OR=5.69$, 95 % CI 3.15-10.29)의 CTDs 위험성이 매우 높게 나타났다. 다른 평가 방법과 비교했을 때 OSHA ($OR=4.51$, 95 % CI 2.38-8.54) 및 ANSI Z-365 ($OR=1.93$, 95 % CI 1.21-3.07), 그리고, 자동차 조립 라인을 대상으로 한 Punnett(1998)의 연구($OR=2.4$, 95 % CI 1.6-3.8) 결과에 비해 CERF-1에 의한 위험 작업군에서의 비교 위험도가 더 높은 것으로 평가되었다. 결국 이러한 분석 결과를 근거로 했을 때 CERF-1에 의한 인간공학적 관리 기준을 설정할 때 위험 요인 평가 점수가 16점 이상일 때는 위험 작업군(위험성 초과 작업)으로 분류하는 기준값으로 참고할 수 있으며, 이러한 관리 기준은 위험 작업을 선별하는 데 있어 다른 OSHA나 ANSI 평가 방법보다 타당성이 더 큰 것으로 분석되었다.

그러나 본 연구를 통해 제안한 위험 작업의 선별 기준인 16점은 6가지 신체 부위 전체를 기준으로 한 결과이기 때문에 특정 신체 부위만이 위험 요인에 노출되는 작업 특성에서는 이 기준을 적용할 수는 없을 것이다. 예를 들어 의자에 앉아 적절한 높이의 작업대 위에서 보드에 크립을 끼우는 작업을 하는 경우 이 작업자의 주된 위험 요인은 손가락 혹은 손목 부위에 국한될 수밖에 없다. 결국 CERF-1을 가지고 위험 요인을 평가했을 때 점수가 16점 미만으로 체크되어 결과적으로 저위험 작업 혹은 정상작업으로 평가되게 된다. 이와 같은 문제는 CERF-1이 전체 신체 부위를 사용하는 동적인 작업 특성을 대상으로 개발된 것이기 때문에 생긴 결과이다. 따라서 만약 특정 신체 부위만이 문제되는 작업이라면 별도의 관리 기준이 설정되어야 하고 이에 대한 후속 연구가 진행되어야 한다. 다만 기존의 연구들(OSHA, 1995 ; NIOSH, 1999)에서 힘과 반복성 혹은 작업 자세와 같이 2가지 이상의 위험 요인에 복합적으로 노출될 때, 그리고 OSHA에서 'signal risk factors'의 노출 시간이 2시간 이상일 때(OSHA, 1995) 위험성이 있는 것으로 판단하는 것을 근거

로 하면 각 신체 부위에서의 위험성 초과에 대한 관리 기준을 3점 이상으로 제한할 수는 있을 것이다.

위험 요인 점수와 자각 증상 점수와 상관관계를 분석한 결과(표 8), CERF-1($r=0.49$)이 OSHA($r=0.28$) 및 ANSI Z-365($r=0.22$) 보다 상대적으로 상관관계수가 높은 것으로 평가되었다. 이와 같이 다른 평가 방법에 비해 CERF-1의 상관관계가 높게 나온 것은 OSHA나 ANSI 체크리스트는 평가하고자 하는 위험 요인이 모두 17개 항목으로 단순화되어 있어 작업별 위험 요인에 대한 세세한 차이를 반영하는데 한계가 있는 것으로 보인다. 반면 CERF-1은 위험 요인 평가 항목이 총 37개 항목으로 구성되어 있어 작업별 위험 요인에 대한 차이를 잘 반영하고 있는 결과로 해석된다.

조사-재조사 방법에 의한 위험 요인 점수의 상관관계를 보면(표 8), 3가지 평가 방법 모두에서 매우 높은 상관성이 있는 것으로 나타났으나 CERF-1($r=0.88$)은 OSHA 및 ANSI ($r=0.94$) 평가 방법보다는 약간 낮은 것으로 평가되었다. 이처럼 다른 평가 방법에 비해 CERF-1의 상관성이 약간 낮게 나온 것은 편리성을 목적으로 개발된 OSHA나 ANSI 체크리스트에 비해 평가 항목이 세분화되어 있는 특성과 관련되어 있을 것으로 판단된다.

CERF-1의 조사-재조사에 의한 상관관계를 신체 부위 및 위험요인 특성별로 나누어 분석한 결과(표 9) 전체적으로 보면 신체 부위에서는 손/손목 부위($r=0.71$)의 위험 요인에서, 그리고 위험 요인 특성에서는 힘($r=0.65$)과 관련된 위험 요인에서 상대적으로 상관관계가 낮게 나타났다. 이는 손/손목 부위의 경우 대부분의 작업 자세가 미세한 동작을 중심으로 구성되어 있어 일치된 평가 결과를 얻는 데 한계점으로 작용한 것으로 생각된다. 또한 힘에 대한 위험 요인의 경우 작업 과정에서 힘을 직접 평가한다는 것이 사실상 어렵기 때문에 역시 관찰자의 판단에 의해 평가하는 한계점이 반영된 결과로 해석된다. 이와 같은 문제점들은 다른 연구 결과(곽현석, 1999 ; Viikari-Juntura *et al.*, 1996)와

비슷한 경향으로 나타나 미세한 동작으로 이루어지는 작업 자세(특히, 손/손목, 전완을 비트는 자세 등)를 평가할 때는 좀 더 객관화된 평가 방법에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

보건관리자로 가정된 조사자(10명)간의 일치율을 분석한 결과(표 8), 조사자와 인간공학 전문가간의 상관관계수가 OSHA($r=0.89$) 및 CERF-1($r=0.80$)은 매우 높은 상관성을 보였고, ANSI 평가 방법($r=0.67$)은 2가지 평가 방법에 비해 상관성이 상대적으로 낮게 평가되었다. 특히 ANSI 평가 방법이 상대적으로 낮게 평가된 것은 작업 자세에 대한 구체적인 평가 기준이 제시되고 있지 않아 부적절한 작업 자세에 대한 인간공학적인 사전 지식이 부족한 평가자들의 일치율에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 국내에서 보건관리자들이 활용 가능한 CTDs 위험 요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 체크리스트(CERF-1)를 개발하고, 465명의 자동차 조립 작업자를 대상으로 타당도와 신뢰도를 평가하였다.

평가 결과 CERF-1은 위험 요인 점수와 자각 증상간의 노출-반응관계가 확인되었고, 평가 결과 위험 요인 점수가 16점 이상일 때는 위험성을 초과하는 위험 작업군으로 분류하는 기준값을 제안할 수 있었다. 이러한 결과들은 기존에 개발된 다른 체크리스트에 비해 타당성이 높았으며, 또한 조사-재조사 및 조사자간의 신뢰도가 높은 것으로 볼 때 동적인 작업 자세 특성을 갖는 조립 라인에서의 CTDs 위험 요인의 정량적 평가 도구로서 활용될 수 있을 것으로 보인다.

그러나 본 연구는 동적인 작업 특성을 갖는 자동차 조립 라인만을 대상으로 평가하였기 때문에 정적인 작업 특성이 있는 작업장에서는 위험 작업 선별을 위한 정량적 관리 기준을 그대로 적용할 수 없으며, 여성 작업자에 대한 평가가 이루어지지 않은 한계점이 있다. 또한 CTDs의

유무를 작업자가 직접 기록한 자각 증상을 근거로 했기 때문에 의학적인 검진을 통한 객관적인 연구 등 앞으로 후속 연구가 더 진행되어야 할 것으로 보인다.

REFERENCES

- 곽현석. 자동차 조립라인에서의 인간공학 적 위험요인 평가에 관한 연구[석사 학위논문]. 서울대학교 보건대학원; 1999.
- 김재영, 최재욱, 김해준. 자동차 조립 작업자들에서 상지 근골격계의 인간공학 적 작업평가(RULA) 결과와 자각 증상과의 연관성. 예방의학회지 1999 ;32(1):48-59.
- 노동부. 단순반복작업 근로자 작업관리 지침(노동부고시 제98-15). 노동부; 1998.
- 박희석, 이윤근, 임상혁. 제조업에서 발생하는 누적외상성질환 관련 문제점 분석 및 위험요인 점검표의 개발. 대한 산업공학회지 1998;24(4):503-517.
- 송동빈, 김대성, 문종국, 박동현, 박종태 등. 누적외상성질환의 발생실태와 발생특성 파악 및 의학적 평가방법 개발. 직업병 예방을 위한 연구용역 보고서. 한국산업안전공단; 1997.(44-100쪽).
- 이윤근, 임상혁. 한국통신공사 전화교환원들의 경견완장에 실태에 관한 조사 연구 보고서. 구로의원 산업보건연구 실; 1995.(1-42쪽).
- 이윤근, 임상혁. 의료보험 심사업무의 작업자세 특성과 누적외상성질환 발생에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(1):36-49.
- 이윤근, 곽현석, 김현옥, 윤명환, 이인석. 자동차 조립작업에서의 누적외상성 질환에 대한 인간공학 적 평가. 한국 산업위생학회 추계학술대회 발표집; 1998.
- American National Standards Institute/ Human Factors Society. American national standard for human factors engineering of visual display terminal workstations(ANSI/HFS 100-1988). Santa Morica, CA.: Human Factors Society; 1988.
- American National Standards Institute. Control of work-related cumulative trauma disorders, Part 1, Upper extremities(working draft): National Safety Council; 1996. p.4.1-A.17.
- Armstrong TJ, Foulke JA, Joseph BS, Goldstein SA. Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. Am Ind Hyg Assoc J 1982;43:103-115.
- Armstrong TJ. Ergonomics and cumulative trauma disorders. Hand Clinics 1986;3 (3):553-565.
- Chaffin DB, Andersson GBJ. Occupational biomechanics. New York: Wiley; 1988. p.264-301.
- David L, Nordstrom. Comparison of self-reported and expert-observed physical activities at work in a general population. Am J Ind Med 1998;34: 29-35.
- Eastman Kodak Company. Ergonomic design for people at work Vol. 2. New York: Van Nostrand Reinhold; 1986.
- Erdil M, Dickerson OB. Cumulative trauma disorders, preventive, evaluation and treatment: Van Nostrand Reinhold; 1997. p.88-89.
- Feldman RG. Peripheral nerve entrapment syndrome and ergonomic factors. Am J Ind Med 1983;4:661-681.
- Goldstein SA, Armstrong TJ, Chaffin DB, Matthews. Analysis of cumulative strain in tendons and tendon sheaths. J Bio mech 1987;20:1-6.
- Humantech, Inc. Applied ergonomics training manual, 2nd edition: Humantech Inc.; 1995. p.66-80.
- Karhu O, Knasi P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry, a practical method for analysis. Appl Ergo 1997;8:199-201.
- Keyserling WM. A computer-aided system to evaluate postural stress in the workplace. Am Ind Hyg Assoc J 1986;47:641-649.
- Kilbom A, Persson J, Jonsson BG. Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. Int J Ind Ergo 1986;1:37-47.
- Kilbom A. Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders-What information can be obtained from systematic observation? Scand J Work Envir Hlth 1994;20:30-45.
- Leonard J, Keyserling WM. Advances in industrial ergonomics and safety. London: Taylor & Francis; 1989.
- Lifshitz Y, Armstrong TJ. A design checklist for control and prediction of cumulative trauma disorders in hand intensive manual jobs. Proceedings of the 30th Annual Meeting of Human Factors Society; 1986. p.837-841.
- McAtamney L, Corlett EN. RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Appl Ergo 1993;24(2):91-99.
- Moore JS, Garg A. The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. Am Ind Hyg Assoc J 1995;56(5) :443-458.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Hazard evaluation and technical assistance report(HETA 89-250-2046). Cincinnati, OH: Newsday Inc.; 1990.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Musculoskeletal disorders and workplace factors -A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. 2nd edition: Center for Disease Control and Prevention; 1997. p.2.1-7.16.

- Occhipinti E, Colombini D. Proposal of a concise index for exposure assessment of repetitive movements of upper limbs. *Proceedings of the 13th IEA*; 1997. p.90-92.
- Occupational Safety and Health Administration. Draft Ergonomic Standard: OSHA; 1995.
- Occupational Safety and Health Administration. Federal register Vol 64, No. 225, Ergonomics Program: OSHA; 1999. p.65875-65896.
- Occupational Safety and Health Administration. Nonfatal occupational illnesses by category of illness, private industry: U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics; 2000.
- Ohlsson K, Attewell RG, Johnsson B, Ahim A, Skerfving S. An assessment of neck and upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. *Ergonomics* 1994;37(5):891-897.
- Pamela DH. A fuzzy linguistic model for the prediction of carpal tunnel syndrome risks in an occupational environment. *Ergonomics* 1997;40(8):790-79.
- Punnett L. Ergonomic stressors and upper extremity disorders in vehicle manufacturing: cross sectional exposure trends. *Occup Environ Med* 1998;55: 414-420.
- Rempel D, Armstrong TJ, Marras B, Martin B, Silverstein B.A methods for evaluating hand and forearm loads. *Proceedings of the 13th IEA*; 1997. p.213-215.
- Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Ind. Med* 1987;11: 343-358.
- Silverstein BA, Richard E. Upper extremity musculoskeletal disorders at a pulp and paper mill. *Appl Ergo* 1996;27(3): 189-194.
- Silverstein BA, Steston DS, Keyserling WM, Fine LJ. Work-related musculoskeletal disorders: comparison of data sources for surveillance. *Am J Ind Med* 1997;31:600-608.
- Viikari-Juntura E, Rauas S, Martikainen R, Kuosma E, Riihimaki H, Takala E-P, Saarenmaa K. Validity of self-reported physical work load in epidemiologic studies on musculoskeletal disorders. *Scand J Work Envir Health* 1996; 22:251-259.
- Zetterberg C, Forsberg A, Hansson E, Johansson H, Nielsen P et al. Neck and upper extremity problems in car assembly workers. A comparison of subjective complaints, work satisfaction, physical examination and gender. *Int J Ind Ergo* 1997;19: 277-289.

부 록

체크리스트 작성 기준 및 주의사항

1. 작업에 큰 방해가 되지 않고 안전상 위험하지 않는 경우에는 가급적 직접 작업을 수행해보거나 가상적인 동작 및 자세를 취해본 후 내용을 체크한다.
2. 모든 위험 요인은 간헐적으로 노출될 때는 체크하지 않으며, 최소한 매 작업주기(cycle)마다 반복되면서 총 노출시간이 1시간 이상인 경우에만 체크한다.
3. [정적인 동작]이란 ‘고개를 숙여 제품을 검사하는 작업’과 같이 10초 이상 동작 및 자세가 고정된 상태를 말한다.
4. 손목에 대한 힘은 2.5kg 이상의 공구를 가지고 손목에 힘을 주어 작업을 할 때, 그리고 손가락 혹은 손바닥에 힘을 주어 누를 때, 팔꿈치에 대한 힘은 나사 돌리기 작업과 같이 힘을 주어 전원이 비틀어지는 작업이 있을 때, 어깨에 대한 힘은 2.5kg 이상의 공구 혹은 물건을 90도 이상 들어올릴 때, 혹은 어깨를 이용하여 고정된 물체를 밀거나 당길 때 4.5kg 이상 힘에 체크한다. 목에 대한 힘은 헤드기어와 같이 무게가 있는 보호구를 착용하고서 목을 숙이거나 젖히는 동작이 있을 때 체크한다. 기타 전신을 이용할 정도의 힘이 필요할 때는 극단적인 힘에 체크한다.
5. 반복성의 회수와 정적인 노출 시간을 체크할 때 작업자세 중 가장 반복 회수가 많고, 그리고 정적인 노출 시간이 가장 긴 자세를 기준으로 평가한다.
6. 각종 작업 자세를 평가할 때는 아래 그림을 참고하여 평가하고 각도에 대한 평가는 대표적인 자세에 대해 각도를 실측한 후 10°, 20°, 45°, 90° 에 대한 기준을 사전에 인지한 후 평가한다. 특히, 팔꿈치 펴기 동작은 팔꿈치를 완전히 180° 쪽 편 상태에서 작업이 이루어질 때만 체크한다.

손가락/손/손목의 작업자세						
						
1) 손가락집기	2) 손가락누르기	3) 감싸기	4) 손목숙이기	5) 손목젖히기	6) 손목틀기	
팔꿈치 자세		어깨 작업자세		목 작업자세		
						
7) 팔꿈치펴기	8) 전완비틀기	9) 상완들기		10) 목숙이기	11) 비틀기	12) 뒤로젖히기
허리 작업자세			다리 작업자세			
						
13) 허리숙이기			15) 찌구리기	16) 무릎꿇기	17) 한발서기	

신체 부위별 위험요인 점검표(CERF-1)

조사자 :

조사일자 : 년 월 일

작업 부서				작업 자명	
작업 내용				작업 시간	
작업 주기		1 일 작업량		휴식 시간	

구분	작업자세 (1일 작업 중 1시간 이상 노출)	힘	반복성 (분당)	정적인 동작의 지속시간	노출시간	기타	계
손가락/ 손/손목	① 손가락 집기1)/누르기2)/감싸기3) /틀기 6)/ 손목 숙이기4)/젖히기5)(20-44°) ② 극단적인 자세(≥45°)	① ≥4.5kg(손목)/ ≥1kg(손가락) ③ 극단적인 힘	① 2-9회(손목) ≥200회(손가락) ② ≥10회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간	① 신체압박 ① 국소진동	
팔/ 팔꿈치	① 팔꿈치 펴기7) / 전완 비틀기8)	① ≥4.5kg ③ 극단적인 힘	① 2-9회 ② ≥10회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간	① 신체압박	
어깨	① 상완 들기9)(≥45-89°) ② 극단적인 자세(≥90°)	① ≥4.5kg ③ 극단적인 힘	① 2- <3회 ② ≥3회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간		
목	① 숙이기10)/비틀기11)(≥20-44°)/ 뒤로 젖히기(≥10-19°)12) ② 극단적인 자세(≥45° , ≥20°)	① 안전모+보호구	① 2- <3회 ② ≥3회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간		
허리	① 숙이기10)/비틀기11)(≥20-44°)/ 뒤로 젖히기(≥10-19°)12) ② 극단적인 자세(≥45° , ≥20°)	① 들기/밀기/당기기 (≥9kg) ③ 극단적인 힘	① 2- <3회 ② ≥3회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간	① 전신진동	
무릎/ 발목	① 쭈그리기15)/무릎꿇기16)/ 한발서기17)/계단 오르기/페달 밟기	① ≥4.5kg ③ 극단적인 힘	① 2- <3회 ② ≥3회	① ≥10- <29초 ② ≥30초	① 2- <4시간 ② ≥4시간		
기타	① 저온작업 (≤7℃) ① 기계 의존적인 작업속도 ① 일상적인 잔업						
계							