Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 5 pp.811-818, October 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.5.811

건설업에서 발생하는 근골격계질환 위험요인의 작업자 자가 평가용 체크리스트 개발

이윤근[1] · 박희석[2] · 박정근[3]

[1]노동환경건강연구소 / [2]홍익대학교 산업공학과 / [3]산업안전보건연구원

Development of a Self-Administered Checklist for Evaluation of the Musculoskeletal Disorders Risk Factors in Construction Industry

Yun Keun Lee[1], Hee Sok Park[2], Jung Keun Park[3]

[1]Institute for Occupational and Environmental Health, Seoul, 131-831
[2]Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791
[3]Occupational Safety and Health Research Institute, Inchon 403-711

ABSTRACT

In this study, a self-administered checklist for evaluation of the musculoskeletal disorders risk factors in construction industry was developed, and its reliability and validity were studied. 10 items of the checklist were determined based on the literature review, and total 2,793 construction workers participated in the analysis of the checklist's applicability. The results from the reliability analysis showed high Cohen's kappa coefficient (0.50~0.77), and high validity was also obtained in terms of relative risk (RR 1.73~9.14). Positive predictability was relatively low (13.0~32.5%), while negative predictability was high (80.1~96.8%). It can be concluded that the checklist would be suitable as a quick filtering tool of the ergonomic risk factors.

Keywords: Musculoskeletal disorders, Construction industry, Self-administered checklist, Reliability, Validity

1. 서 론

우리나라는 2003년 7월부터 근골격계질환에 대한 유해요인 조사와 작업개선, 의학적 조치, 유해성의 주지, 중량물에 대한 조치, 그리고 질환자 발생 규모에 따라 예방관리프로그램을 시행할 것을 사업주의 의무 사항으로 법제화하였다(노동부, 2004). 이에 따라 많은 사업장들이 매 3년마다 인간공학적 평가와 증상조사를 포함한 근골격계 유해요인 조사를 실시해왔다. 그러나 이러한 예방 활동은 대부분 제조업 중심으로 이루어졌으며, 건설업과 같이 비정형화된 작업에 대해서는 극히 제한적인 예방 활동만 이루어져 왔다. 최근 연구에 의하면, 안전보건관리자가 있는 건설사업장의 경우 2003년 이래 근골격계 부담작업 유해요인 조사를 한 번이라도 실시한 경우는 15.3%에 불과하였다(이윤근 등, 2009). 유해요인 조사를 실시하지 않은 이유는 건설업 작

*본 연구는 2009년도 산업안전보건연구원 연구비 지원에 의하여 수행되었음.
교신저자: 박희석
주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

업 특성상 현실적으로 불가능하다는 비율이 76%로 조사되었기 때문이다. 그러나 이 연구는 안전보건관리자가 있는 사업장을 대상으로 하였으며, 안전보건관리자를 선임할 법적 의무가 없는 영세 사업장의 경우는 문제가 더 심각할 것으로 추정할 수 있다.

건설업에서 유해요인 조사를 어렵게 하는 가장 주요한 특징은 작업장이 고정되어 있지 않고 유동적이며, 표준화되어 있지 않은 비정형화된 작업내용을 들 수 있다. 건설업에서는 작업 대부분이 공사 기간에 따라, 또는 작업 단계마다 다르게 불연속적으로 이루어진다. 따라서 표준화된 작업주기로 이루어지는 제조업과는 달리 건설업의 위험요인 평가는 많은 한계점을 가지고 있다. 즉, 작업 단계별로 혹은 작업 위치별로 노출되는 위험요인의 특성과 비중이 다르기 때문에 특정 평가방법을 이용하여 특정 작업을 대상으로 위험도를 평가하면 과소평가/과대평가의 가능성이 높다. 따라서 특정 시점에서의 단면적인 작업내용을 대상으로 위험요인을 평가하는 방법에는 많은 한계점이 있을 수 밖에 없다. 그러나 정확한 평가를 위해서는 장기간의 반복적인 평가를 해야 하는데, 공사진척에 따라 매일매일 달라지는 작업 특성으로 인하여 이는 현실적으로 불가능한 일이다.

그 동안 근골격계질환의 위험요인을 평가하기 위한 많은 체크리스트들이 개발되어 왔다. 특히 국내외적으로 많이 사용되고 있는 OWAS(Ovako Working Posture Analysis System, Karhu et al., 1977), RULA(Rapid Upper Limb Assessment, McAtamney and Corlett, 1993), Strain Index(Moore & Garg, 1995), OSHA(Occupational Safety and Health Adminstration) Part A(OSHA, 1995), REBA (Rapid Entire Body Assessment, Hignett & McAtamney, 2000) 등의 평가방법 대부분이 정형화된 작업 즉, 일정한 작업주기가 있는 단순 반복작업을 대상으로 한 평가방법들이다. 따라서 이러한 평가 기법을 이용하여 건설업과 같은 비정형적인 작업을 평가한다면 평가 당시의 특정 작업만을 대상으로 한 제한된 평가를 할 수밖에 없다.

이와 같은 한계점을 극복하기 위한 비정형작업 대상의 평가방법은 극히 소수에 불과하다. 특히 건설업 작업자를 대상으로 위험요인 노출 평가를 위해 개발된 PATH(Posture, Activity, Tools and Handling) 방법(Buchholz et al., 1996)이 있으며, 김대성 등(2009)은 이 방법을 이용하여 국내 숙박업과 청소작업의 작업자세를 연구한 적이 있다. 그러나 PATH 평가방법 역시 대표작업을 대상으로 한 직접관찰법이라는 한계가 있다. 이윤근(2005)은 대형 선박 건조 작업자들이 자가 평가할 수 있는 평가방법을 개발하였으나 평가 결과가 전문가 평가 결과에 비해 다소 과대 평가되는 한계점을 지적한 바 있다. 이에, 우리나라 건설업의 현장사정에 적합하며, 적용이 쉬운 체크리스트의 개발 필요성이 제기되어 왔다.

고정된 작업주기가 없거나 작업주기가 긴 작업의 경우, 평소 작업 중 가장 힘든 작업을 기준으로 설문지와 같은 자가 평가방법을 사용하는 것이 현실적으로 타당한 방법으로 제안되고 있다(Wells et al., 1997). 즉, 건설업과 같이 작업 특성의 변화가 많은 비표준화 작업에 대해서는 작업자 스스로가 평소에 느끼는 위험요인을 자가 평가할 수 있는 방법을 적용하는 것이 위험작업을 신속하게 선별하는 의미가 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 건설업 위험요인 평가의 한계를 극복할 수 있는 자가 평가용 체크리스트를 개발하고, 실제 작업의 작업자 평가를 통해 신뢰도와 타당도를 분석하여 현장 적용 가능성을 검토하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 문헌고찰

기존 체크리스트에서 제시하고 있는 고위험 노출 기준을 참고하여 건설업의 근골격계질환 위험요인의 수준에 대한 기준을 설정하였다. 이를 위하여 미국 산업안전보건청(OSHA, 1999)에서 제안하고 있는 7가지 평가 기법과 현재 국내외에서 보편적으로 사용되고 있는 3가지 평가 기법을 추가하여 분석하였다. 그 외 관련된 문헌들을 참고로 하였으며, 그 결과는 표 1에 제시되어 있다. 평가 기준을 고위험 수준으로 한 이유는 비정형작업에서는 작업 중 가장 힘든 부분을 평가하는 것이 타당한 방법이라는 연구 결과(Wells et al., 1997)를 따른 것이다.

2.2 신뢰도와 타당도 평가

개발된 체크리스트의 신뢰도를 알아보기 위하여 조사-재조사(test-retest)법을 이용하였다. 조사 대상은 형틀목공 작업자 44명을 대상으로 첫 조사 후 2~3주 후에 재조사를 실시하였고, 조사와 재조사간의 백분율 일치도(Percent Agreement, PA), 상관계수, 그리고 우연에 의한 일치 정도를 보정하기 위하여 코헨의 kappa 계수를 분석하였다.

타당도는 각각의 신체부위별로 제안된 위험성 기준이 근골격계질환자 선별에 어느 정도의 타당성을 가지고 있는지를 평가하였다. 이를 위하여 근골격계질환에 대한 양성예측도(조사에서 질환이 있는 것으로 나타난 사람이 실제로 해당 질환을 가지고 있을 확률: Positive Predictability, PP)와 음성예측도(조사에서 질환이 있지 않는 것으로 나타난 사람이 실제로 해당 질환을 가지고 있지 않을 확률: Negative Predictability, NP)를 분석하였다.

표 1. 신체부위별 고위험 작업 기준과 관련 참고문헌

신체부위	평가 항목 (코드번호)	고위험 작업 기준	참고문헌
어깨	SI	상완굴곡 ≥ 90°	Chaffin(1973), Keyserling(1986), McAtamney & Corlett(1993), OSHA(1995), ANSI(1996), Hignett & McAtamney(2000), WSDLI(2000), 노동부(2004)
목	NI	굴곡 ≥ 45°, 신전 ≥ 10°	ANSI(1996), UAW-GM(1998), WSDLI(2000)
허리	B1	굴곡 ≥ 45°	Keyserling(1986), Drury(1987), OSHA(1995), ANSI(1996), UAW-GM(1998), WSDLI(2000)
	B2	20kg 이상 수십회 이상 들기, 혹은 과도한 밀기/당기기	WSDLI(2000), Lötters et al.(2003), 노동부(2004)
	B3	전신진동	Lötters et al.(2003), EU(2006)
무릎	K1	쪼그리기, 무릎 꿇기	OSHA(1995), ANSI(1996), UAW-GM(1998), WSDLI(2000)
	K2	무릎충격/계단오르내리기	OSHA(1995), UAW-GM(1998), WSDLI(2000), 노동부(2004)
손목	H1	굴곡(≥ 30°), 신전(≥ 45°), 편향(≥ 30°),	Drury(1987), OSHA(1995), ANSI(1996), WSDLI(2000)
	H2	국소진동	ACGIH(2005)
아래팔/팔꿈치	E1	아래팔 비틀기/팔꿈치 반복	OSHA(1995), ANSI(1996)

이 때 근골격계질환자의 판정 기준은 지난 1년간 병원 혹은 한의원에서 1일 이상 치료를 받은 자를 대상으로 하였고, 과거에 근골격계 유사질환(류마티스 관절염, 루프스병, 통풍, 알콜중독, 악성종양 등)이나 사고 경력자(교통사고 및 기타 사고성 재해자)는 모두 제외하였다. 전국 7개 지역(대구, 안산, 대전, 광양, 여수, 서울, 청주)의 건설현장을 대상으로 총 8,251부의 설문지를 배포하여 2,892부가 수거되었다(수거율 35.1%). 무응답 항목이 많은 설문지를 제외하고 최종적으로 2,793부를 분석에 이용하였다. 조사 대상자의 평균 연령은 46.6세, 평균 건설작업 경력은 15.6년이었고 96.2%가 남자였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 체크리스트 개발 결과

작업자들이 위험요인을 스스로 평가하기 위해서는 평가의 기준이나 항목들이 단순해야 한다. 그러나 평가 항목이 단순하면 평가 결과의 타당도가 떨어지고, 항목이 많아지면 타당도는 높아지는 반면 신뢰도가 떨어지는 경향이 있다(이윤근 등, 2001). 따라서 체크리스트의 평가 항목을 적절하게 선정하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 선행 연구들이 제안하고 있는 공통적인 위험요소를 1차적으로 선정하고, 이러한 요인들이 건설업 작업 특성을 반영하는지 현장 적용을 거쳐 최종 완성하는 방법을 이용하였다.

표 2. 위험요인 노출 비중 기준

위험요인 노출 비중		참고문헌
거의 없음	거의 없거나 간헐적인 작업	
조금 있음	평소 작업의 25% 미만, 혹은 1일 2시간 미만	
자주 있음	평소 작업의 25~50%, 혹은 1일 2~4시간 미만	OSHA(1995), WSDLI(2000), 노동부(2004)
항상 있음	평소 작업의 50% 이상, 혹은 1일 4시간 이상	WSDLI(2000)

작업자세와 힘에 대한 평가 기준은 문헌고찰 결과를 바탕으로 표 1과 같이 기준을 설정하였다. 그 외에 건설업의 작업 특성을 반영하여 계단 오르내리기 및 높은 곳에서 뛰어내리기(무릎충격)와 진동(국소진동 및 전신진동)을 평가 항목으로 추가하였다. 기타 반복성에 대한 기준은 건설업의 작업 특성을 고려하여 평가 항목에서 제외하였다.

위험요인에 노출되는 작업시간에 대한 기준은 1일 2시간 이상과 4시간 이상으로 나누어 평가하도록 하였다(OSHA, 1995; WSDLI, 2000; 노동부, 2004). 이 기준을 바탕으로 1일 2시간 미만은 '조금 있음', 2~4시간은 '자주 있음', 4시간 이상은 '항상 있음'으로 구분하여 체크하도록 하였다(표 2).

이와 같이 기존 연구에서 제시하고 있는 공통적인 고위험

기준을 선정한 후, 그 내용을 작업자들이 쉽게 이해할 수 있도록 건설기능인들의 검토 과정을 통해 쉬운 용어로 수정하였다. 1차로 완성된 체크리스트 초안을 작업자 28명을 대상으로 예비 평가를 실시하였다. 예비 평가를 통해 2가지로(25kg 이상, 10kg 이상) 세분화했던 중량물 들기작업 기준을 20kg 이상으로 단순화하였다. 최종적으로 그림을 삽입하여 위험요인을 작업자들이 이해하는데 도움이 되도록 하였다. 최종 개발된 평가표는 부록에 첨부하였다.

3.2 신뢰도 평가 결과

자가 평가표의 신뢰도 평가를 위해 조사-재조사 간의 일치율, 상관계수 및 kappa 계수를 분석하였다(표 3).

일치율은 전신진동(90.4%), 쪼그리기 등의 무릎자세(86.4%) 항목이 가장 높게 나타났다. 그 외 모든 항목이 70% 이상의 높은 일치율을 보였으며, 무릎충격(70.4%), 목 자세(70.5%), 손목자세(72.7%) 항목에서 상대적으로 낮은 일치율을 보였다. 조사-재조사간의 항목 별 상관관계는 모든 항목에 0.6 이상을 보여 상관성이 있는 것으로 평가되었다(p<0.001). 특히 어깨, 목, 허리, 아래팔 부위와 전신진동 및 국소진동관련 항목은 상관계수가 0.8 이상을 보여 높은 상관성을 보여주었다. 반면 무릎충격(r=0.68)은 상대적으로 낮은 상관성을 보였다.

우연에 의해 나타날 수 있는 일치 정도를 알아보기 위하여 kappa 계수를 분석하였다. 그 결과 무릎충격 및 손목의 자세(각각 k=0.50), 목의 자세(k=0.58), 중량물작업(k=0.57)을 평가하는 항목에서 상대적으로 낮았으나, 일치도는 중간 정도의 신뢰도로 판단하는 기준(Landis & Koch, 1977)인 0.40을 모두 초과하였다. 나머지 항목에서는 상당한 정도의 신뢰도 수준인 0.6을 초과하였고, 특히 무릎자세(k=0.77), 전신진동(k=0.71), 어깨자세(k=0.70)의 일치도가 상대적으로 높게 나타났다.

위의 결과를 종합해보면 조사-재조사의 일치율과 상관관계는 모두 높게 나타났으나 kappa 계수는 일부 항목에서 다소 낮은 경향을 보였다. 이는 샘플 수가 44명으로 비교적 적은 것이 원인으로 짐작되며, 더 많은 작업자를 대상으로 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

일반적으로 자가 평가에 의한 위험요인 평가에서 손/손목과 같이 미세 동작으로 이루어지는 작업자세의 신뢰도는 상대적으로 낮은 것으로 보고하고 있다. 이윤근 등(2001)의 연구에 의하면 자가 평가 결과에 의한 조사-재조사의 상관관계 분석에서 손/손목 부위는 상관계수가 0.71로 자가 평가 결과의 신뢰도가 상대적으로 가장 낮았다고 보고하였다. 본 연구 결과도 유사한 추세를 보여, 손목(k=0.50)과 목(k=0.58)부위의 신뢰계수가 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 신체부위의 작업자세는 대부분 미세 동작이어서 평가하는 데 다소 한계가 있는 것으로 판단된다(Viikari-Juntura et al., 1996; David & Nordstrom, 1998; 곽현석, 1999).

표 3. 조사-재조사법을 이용한 신뢰도 평가 결과

평가 항목* (코드번호)	일치율(%)	상관계수	Kappa계수
어깨자세(S1)	79.6	0.87**	0.70**
목자세(N1)	70.5	0.80**	0.58**
허리자세(B1)	79.5	0.89**	0.65**
중량물작업(B2)	75.0	0.77**	0.57**
전신진동(B3)	90.4	0.88**	0.71**
무릎자세(K1)	86.4	0.77**	0.77**
무릎충격(K2)	70.4	0.68**	0.50**
손목자세(H1)	72.7	0.77**	0.50**
국소진동(H2)	75.0	0.87**	0.64**
아래팔자세(E1)	77.3	0.87**	0.65**

*: 평가 항목의 기준과 코드는 표 1 및 부록 참고
**: p값<0.001

3.3 상대위험도 및 타당도 평가 결과

위험성이 높은 작업에서 근골격계질환자가 어느 정도 발생하는 지를 알아보기 위하여 위험요인 노출 비중이 '거의 없음'으로 체크한 작업군에 대한 상대위험비(RR)를 분석하였다(표 4). 그 결과, 평소 작업 중 위험요인 노출 비중이 많을수록 근골격계질환 위험비가 높은 것으로 나타났다. 위험요인 노출 비중이 거의 없는 작업군에 비해 노출 비중이 평소 작업의 25% 이상(혹은 1일 2시간 이상)인 경우의 위험비는 1.94배(전신진동)에서 7.11배(허리자세) 높은 것으로 나타났다. 또한 위험요인 노출 비중이 50% 이상(혹은 1일 4시간 이상)인 작업군의 위험비는 1.73배(전신진동)에서 9.14배(허리자세) 높게 나타났다. 특히 허리의 자세(RR 7.11~9.14), 목 자세(RR 6.32~7.54), 무릎자세(RR 5.67~6.30), 중량물작업(RR 4.10~5.38)에서 위험비가 높게 나타났고, 전신진동(RR 1.94~1.73), 국소진동(RR 2.12~2.76), 무릎충격(RR 2.38~2.96), 아래팔 자세(RR 2.66~3.40) 등에서 위험비가 비교적 낮게 나타났다. 전반적으로 보면 위험요인의 노출 비중이 50% 이상인 경우가 25% 이상일 경우에 비해 근골격계질환 위험비가 약간씩 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않았다.

본 체크리스트의 평가 결과를 다른 평가방법과 비교했을 때 이윤근 등(2001)이 국내에서 보고한 OSHA 체크리스트(Odds Ratio: OR=4.51, 95% 신뢰구간 2.38~8.54) 및

표 4. 위험요인 노출 비중에 따른 상대위험비*
(괄호 안은 95% 신뢰구간)

평가 항목** (코드번호)	1일 노출 비중	
	25% 이상†	50% 이상‡
어깨자세(S1)	3.90 (2.50~6.08)	4.75 (2.95~7.64)
목자세(N1)	6.32 (3.58~11.14)	7.54 (4.14~13.74)
허리자세(B1)	7.11 (3.45~14.65)	9.14 (4.39~19.02)
중량물작업(B2)	4.10 (2.69~6.25)	5.38 (3.47~8.36)
전신진동(B3)	1.94 (1.29~2.91)	1.73 (1.02~2.94)
무릎자세(K1)	5.67 (2.75~11.69)	6.30 (3.02~13.16)
무릎충격(K2)	2.38 (1.56~3.64)	2.96 (1.89~4.64)
손목자세(H1)	3.69 (2.13~6.41)	4.27 (2.41~7.55)
국소진동(H2)	2.12 (1.42~3.18)	2.76 (1.75~4.35)
아래팔자세(E1)	2.66 (1.63~4.33)	3.40 (2.05~5.64)

* 상대위험비: 위험요인 노출 비중이 '거의 없음'으로 체크한 작업군에 대한 상대위험비를 나타냄
**: 평가 항목의 기준과 코드는 표 1 및 부록 참고
† 25% 이상: 위험요인에 노출되는 비중이 본인 작업의 25% 이상, 혹은 1일 2시간 이상인 경우
‡ 50% 이상: 위험요인에 노출되는 비중이 본인 작업의 50% 이상, 혹은 1일 4시간 이상인 경우

ANSI Z-365 체크리스트(OR=1.93, 1.21~3.07)의 평가 결과, 그리고 자동차 조립 라인을 대상으로 한 Punnett (1998)의 연구 결과(OR=2.4, 1.6~3.8)보다 위험비가 높게 나타났다. 특히 선박 건조 작업자를 대상으로 자가 평가에 의한 상대위험비(RR 2.5~2.9)와 비교해서도 높은 타당도를 보여주고 있다(이윤근, 2005).

결과적으로 본 체크리스트는 위험 작업에 대한 선별 기능이 높은 것으로 나타났으며, 부적절한 자세의 높은 위험 수준을 평가하는 기능으로 인한 것으로 보인다. 한편, 요통의 중요한 위험요인으로 알려져 있는 전신진동(Lötters et al., 2003; EU, 2006)에 노출된 경우, 요통 발생의 상대위험비(RR 1.73~1.94)가 가장 낮게 나타났다. 30년 동안(1975~2005) 연구된 운전자의 요통에 대한 연구 결과를 종합해 보면(Griffin, 2006), 운전업무가 요통에 유의한 영향을 주는 것으로 결론짓고 있으며, 운전업무를 하지 않는 대조군에 비해 적게는 2.2배에서 많게는 4.6배의 요통 발생의 위험비를 보여 주고 있다. 이러한 결과와 비교해 보더라도 본 연구 결과로 나타난 전신진동에 의한 요통 발생의 위험비는 상대적으로 낮은 결과를 보여주고 있다. 이는 본 연구 대상에서 전신진동에 노출될 가능성이 높은 크레인 운전이나 기타 건설기계 장비를 운전하는 작업자가 소수(조사 대상자의 6.6%)에 불과하여 나타난 결과로 해석할 수 있다. 추후 전신진동 노출 작업자를 대상으로 한 추가적인 연구가 필요하겠다.

근골격계질환 위험요인에 노출되는 경우 근골격계질환으로 판정될 가능성이 어느 정도 되는지를 알아보기 위하여 질환예측도(Predictability)를 분석하였다(표 5). 이 때 위험요인 노출 유무에 대한 판정 기준은 기존 연구들(OSHA, 1995; WSDLI, 2000; 노동부, 2004)을 참고하여 평소 작업 중 위험요인 노출 비중이 25% 이상인 경우를 위험요인 노출자로 판정하였다.

평가 결과, 평소 작업 중 위험요인에 25% 이상 노출되는 경우 근골격계질환을 가지고 있을 확률을 의미하는 양성예측도는 비교적 낮게 나타났다. 특히 손목자세, 국소진동, 아래팔 자세 등에서 13.0~13.5%로 가장 낮게 나타났고, 목자세(17.3%), 무릎자세(19.1%), 무릎충격(19.8%), 어깨자세(22.7%)는 중간 정도의 양성예측도를 보였다. 반면, 허리부위의 위험요인을 평가하는 항목인 전신진동(32.5%), 중량물작업(29.6%), 허리자세(28.2%)의 양성예측도가 가장 높게 나타났다. 이는 건설업의 요통 유병율이 높은 것과 연관된 결과로 보인다. 독일에서 연구된 결과를 보면 건설작업자의 45%가 요통을 가지고 있다고 하였고(Molen et al., 2005), 또한 국내 건설 작업자의 요통 증상호소율(44.3%) 또한 매우 높은 것으로 보고하고 있다(이윤근 등, 2009). 일반적으로 유병율이 높을수록 양성예측도는 높아지게 된다(최삼섭 등, 1995). 따라서 건설업에서의 요통은 유병율이 가장 높은 근골격계질환이기 때문에 양성자로 판정될 가능성이 높다고 할 수 있다.

위험요인 자가 평가 결과 노출 비중이 거의 없는 사람이 근골격계질환을 가지고 있지 않을 확률을 의미하는 음성예측도를 분석하였다. 즉, 음성예측도가 높다는 것은 체크리스트에서 제시하고 있는 위험요인 노출 기준을 초과하지 않는다면 근골격계질환이 아닐 확률이 높다는 것을 의미한다. 평가 결과 전신진동(80.1%)을 제외하고 모든 항목의 음성예측도가 90% 이상으로 높게 나타났다. 특히 전신진동의 경우 양성예측도는 가장 높게 나타난 반면 음성예측도는 가장 낮게 나타난 것은 전자에서 설명한 바와 같이 요통의 높은 유병과 관련되어 있을 것으로 사료된다. 단, 요통의 발생 원인이 전신진동 뿐만 아니라 작업자세와 중량물작업 등 복합적 요인이 관여되어 있어 전신진동이라는 독립된 요인만을 가지고 요통을 예측하는 데는 한계가 있을 것으로 보인다.

일반적으로 어떤 기준에 의해 질병으로 판정할 수 있는

표 5. 위험요인 노출 비중이 25% 이상인 경우의 근골격계질환 예측도

평가 항목* (코드번호)	양성예측도(%)	음성예측도(%)
어깨자세(S1)	22.7	93.0
목자세(N1)	17.3	96.8
허리자세(B1)	28.2	94.8
중량물작업(B2)	29.6	90.7
전신진동(B3)	32.5	80.1
무릎자세(K1)	19.1	96.0
무릎충격(K2)	19.8	90.6
손목자세(H1)	13.0	96.1
국소진동(H2)	13.5	93.1
아래팔자세(E1)	13.0	94.7

*: 평가 항목의 기준과 코드는 표 1 및 부록 참고

양성예측도가 높다는 것은 그 기준을 초과할 때 질환자일 가능성이 높다는 것을 의미한다. 따라서 판정 기준이 엄격해 질수록 양성예측도는 높아지게 되고, 반대로 음성예측도는 낮아지게 된다. 작업장 내에서 직업병 예방을 목적으로 설정된 관리 기준(혹은 노출 기준)의 양성예측도는 낮고, 반대로 음성예측도는 매우 높게 나타나는 것이 일반적이다. 왜냐하면 위험요인에 대한 관리 기준은 대부분이 직업병을 예방하기 위한 관리 대상을 사전 선별하는 기능을 목적으로 하기 때문이다. 이러한 측면을 고려한다면 본 체크리스트의 위험도 노출 기준에 의한 양성예측도(13.0~32.5%)와 음성예측도(80.1~96.8%)는 위험 작업을 사전에 선별하여 근골격계질환을 예방하는 기준으로써 타당한 도구로 사용될 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구는 건설업 작업과 같이 비정형적인 작업에서 작업자 스스로가 근골격계질환 위험요인을 자가 평가할 수 있는 체크리스트를 개발하고, 현장 적용을 통해 신뢰도와 타당도를 검증하는 것이 주 목적이다.

기존 연구 결과를 바탕으로 건설업에서의 근골격계질환 위험요인 평가 항목을 10가지로 구성한 자가 평가표를 구성하였고, 다양한 건설현장에서 일하고 있는 16개 직종, 2,793명을 대상으로 그 신뢰도와 타당도를 평가하였다.

평가 결과 본 연구를 통해 개발된 자가 평가표는 상당한 정도의 신뢰도를 보여주었으며(kappa 계수 0.50~0.77), 위험요인 노출 기준을 초과하는 작업의 근골격계질환 위험비(RR 1.73~9.14) 또한 높은 것으로 나타났다. 한편 평가 결과에 의해 근골격계질환을 예측할 수 있는 양성예측도는 비교적 낮게 나타났으나(13.0~32.5%), 음성예측도(801.~96.8%)는 높게 나타났다. 평가 결과가 근골격계질환 판정 유무를 결정하는 기준이 아니고 예방을 위한 사전적 선별 기능임을 고려할 때, 본 체크리스트의 양성예측도와 음성예측도는 근골격계질환을 예방하는 기준으로써 타당한 도구로 사용될 수 있을 것이다.

단, 본 체크리스트에서 어깨의 경우는 '눈 높이 이상', 목은 '45도 이상', 허리는 '45도 이상'과 같이 수준 구분이 가능한 항목이 있는 반면, 무릎 꿇기나 계단 이동 등의 항목에서는 그 존재 유무를 구분하므로 체크리스트의 형식에 통일성이 낮다는 지적이 있을 수 있다. 이는 본 체크리스트에서 사용된 고위험 기준은 기존 문헌에서 사용된 공통된 기준(표 1)을 재구성하여 사용하였으므로 발생한 결과이며, 존재 유무를 구분하는 항목을 여러 수준으로 세분하는 별도의 연구로 보완되어야 할 것으로 사료된다.

본 체크리스트를 통해 개발된 자가 평가표는 대표적인 비정형작업 특성을 갖는 건설 작업에서의 근골격계질환 위험요인에 대한 사전적 선별 기능으로 사용할 수 있을 것으로 보인다. 추후 많은 적용과정을 통해 본 체크리스트의 현장 적용성이 보완되어야 할 것이다. 또한, 자가 평가한 결과가 다소 과대평가할 가능성이 있는 점을 고려하여 의학적인 검진 결과의 상관성 분석 등 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

곽현석, 자동차 조립라인에서의 인간공학적 위험요인 평가에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 학위논문, 1-30, 1999.

김대성, 박정근, 한영선. PATH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 근골격계질환 유해요인 노출 평가에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 28(4), 83-89, 2009.

노동부, 근골격계질환 예방의무 해설(제2판). 노동부 산업보건환경과, 2004.

이윤근, 김현욱, 임상혁, 박희석, 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발-자동차 조립작업을 중심으로, *한국산업위생학회지*, 11(1), 56-69, 2001.

이윤근, 근골격계질환 위험요인에 대한 조선업 근로자 자가 평가와 전문가 관찰 방법 비교, *한국산업위생학회지*, 15(2), 83-89, 2005.

이윤근, 박희석, 임상혁, 윤간우, 박종국, 건설 근로자의 근골격계질환 증상 및 위험요인 노출 특성, 한국산업안전보건공단, 2009.

최삼섭, 김돈균, 김일순, 한달선 등, *예방의학과 공중보건*, 계축문화사, 442-443, 1995.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold limit values for physical agents work environment, ACGIH, Cincinnati, Ohio, 2005.

American National Standards Institute. Control of work-related cumulative trauma disorders, Part 1, Upper extremities(working draft), National Safety Council, p. 4.1-A.17, 1996.

Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. and Moir, S., PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, 27(3), 177-187, 1996.

Chaffin, D. B., Localized muscle fatigue - definition and measurement. *Journal of Occupational Medicine*, 15(4), 346-354, 1973.

David, L., Nordstrom. Comparison of self-reported and expert-observed physical activities at work in a general population, *American Journal of Industrial Medicine*, 34, 29-35, 1998.

Drury, C. G., A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Seminars in Occupational Medicine*, 2(1), 41-49, 1987.

European Union, Guide to good practice on Whole-Body Vibration, EU, 2006.

Lötters, F., Burdorf, A., Kuiper, J. and Miedema, H., Model for the work-relatedness of low-back pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 29(6), 431-440, 2003.

Griffin, M. J., Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union, a review, EU, 2006.

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid entire body assessment(REBA), *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.

Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: a practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.

Keyserling, W. M., Postural analysis of the truck and shoulders in simulated real time, *Ergonomics*, 29(4), 569-583, 1986.

Landis, J. R. and Koch, G. G., The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometrics*, 33, 159-174, 1977.

McAtamney, L. and Corlett, E. N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.

Molen, H. F., Sluiter, J. K., Hulshof, C. T. J., Vink, P., van Duivenbooden, C., Holman, R. and Frings-Dresen, M. H. W., Implementation of participatory ergonomics intervention in construction companies, *Scandinavian Journal of Work*, *Environment and Health*, 31(3), 191-204, 2005.

Moore, J. S. and Garg, A., The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5), 443-458, 1995.

Occupational Safety and Health Administration, Draft Ergonomic Standard, OSHA, 1995.

Occupational Safety and Health Administration, Ergonomics Program, Federal register, 64(225), OSHA, 1999.

Punnett, L., Ergonomic stressors and upper extremity disorders in vehicle manufacturing: cross sectional exposure trends, *Occupational Environmental Medicine*, 55, 414-420, 1998.

UAW-GM Center for Human Resources, UAW-GM Ergonomics risk factor checklist RFC2, UAW-GM Center for Human Resources, Health and Safety Center, 1998.

Viikari-Juntura, E., Rauas, S., Martikainen, R., Kuosma, E., Riihimaki, H., Takala, E. P. and Saarenmaa, K., Validity of self-reported physical work load in epidemiologic studies on musculoskeletal disorders, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 22, 251 -259, 1996.

Wells, R., Norman, R., Neumann, P., Aandrews, D., Frank, J., Shannon, H. and Kerr, M., Assessment of physical work load in epidemiologic studies: common measurement metrics for exposure assessment, *Ergonomics*, 40(1), 51-61, 1997.

Washington Department of Labor and Industries, Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach, 2000.

부록. 자가평가용 체크리스트

건설작업 근골격계질환 고위험요인 평가표

작 업 자 세	작업사례	평소 작업에서 차지하는 비중은 어느 정도입니까?	
S1. 위보기 작업처럼 팔을 든 상태에서 이루어지는 작업(일하는 손이 눈 높이 이상에 위치하는 경우)		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	□1 거의 없음 □2 조금 있음 : 본인 작업의 25% 미만, 혹은 1일 2시간 미만 □3 자주 있음 : 본인 작업의 25 -50%, 혹은 1일 2시간-4시간 정도 □4 항상 있음 : 본인 작업의 50% 이상, 혹은 1일 4시간 이상
N1. 목을 많이 숙이거나(45도 이상) 혹은 뒤로 젖히거나 혹은 옆으로 비튼 상태에서 이루어지는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
B1. 허리를 많이 숙이거나(45도 이상) 혹은 뒤로 젖히거나 혹은 옆으로 비튼 상태에서 이루어지는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
B2. 무거운 물체(20kg 이상)를 1일 수 십회 이상 들거나 혹은 과도한 힘을 주어 밀거나 잡아당기는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
B3. 포크레인, 덤프, 지게차 등과 같이 중장비를 운전하면서 전신진동에 노출되는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
K1. 쪼그리거나 무릎 꿇은 상태에서 이루어지는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
K2. 계단을 자주 오르내리거나 혹은 높은 데서 자주 뛰어내리는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
H1. 망치, 톱, 칼 등 공구를 사용하면서 손목에 힘이 들어가고 손목이 많이 숙여지거나 뒤로 젖혀지는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
H2. 그라인더, 전기톱, 드릴 등과 같이 손떨림이 심한 진동공구를 사용하는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	
E1. 나사를 조이는 작업과 같이 팔을 반복적으로 비틀거나 망치작업과 같이 팔꿈치를 굽혔다 폈다를 반복하는 작업		□1 거의 없음 □2 조금 있음 □3 자주 있음 □4 항상 있음	

저자 소개

이 윤 근 lyk4140@hanmail.net
가톨릭대학교 보건학 박사
현 재: 노동환경건강연구소 책임연구원
관심분야: 산업보건, 산업인간공학

박 희 석 hspark@hongik.ac.kr
미시간대학교 산업공학과 박사
현 재: 홍익대학교 산업공학과 교수
관심분야: 산업인간공학, HCI

박 정 근 umlpark@naver.com
University of Massachusetts(Lowell),
Dept. of Work Environment 박사
현 재: 산업안전보건연구원 책임연구원
관심분야: 인간공학적 노출 평가, 생체역학,
Musculoskeletal epidemiology

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 17일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 05월 04일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 05월 12일